

REVISTA **Processos Químicos**

Revista Científica da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange

Ano 10
n° 19
Jan/Jun
2016

www.rpqsenai.org.br

Alimentos Funcionais: A Revolução Silenciosa na Alimentação



INSTITUTO SENAI
DE TECNOLOGIA ALIMENTOS E BEBIDAS

ISSN 1981-8521

REVISTA **Processos**
Químicos

Revista Científica da Faculdade de
Tecnologia SENAI Roberto Mange



Goiânia, v.10, n.19, ano10, jan/jun 2016.

Pedro Alves de Oliveira

Presidente do Conselho Regional do SENAI

Paulo Vargas

Diretor Regional do SENAI

Ivone Maria Elias Moreyra

Diretora de Educação e Tecnologia

Jorge Quirino Pereira Sobrinho

Gerente de Educação Profissional

Aroldo dos Reis Nogueira

Diretor da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange

Wilson de Paula e Silva

Gerente de Educação e Tecnologia

Joana Darc Silva Borges

Coordenadora da Área de Química

Corpo Editorial

Ademir João Camargo

Anselmo Eucana de Oliveira

Carlito Lariucci

Eurípedes de Almeida Ribeiro Júnior

Gilberto Lúcio Benedito Aquino

Guilherme Roberto de Oliveira

Hamilton Barbosa Napolitano

Kleber Carlos Mundim

Maria Assima Bittar Gonçalves

Roberta Signini

Solemar Silva Oliveira

Valter Henrique Carvalho Silva

Revista Processos Químicos / SENAI.

Departamento Regional de Goiás - v.10,
n.19 (jan/jun 2016). Goiânia: SENAI/
DR. Gerência de Educação Profissional /
Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto
Mange, 2016.
v.: il.

Semestral
Núcleo de Material Didático da Gerência
de Educação Profissional do SENAI/DR/GO
Assistente Técnica: Raíza C. Fonseca
Capa e Diagramação: Juliano Rodrigues
Revisão Linguística: Fernanda Marques

ISSN 1981-8521

1. Educação Profissional - Periódicos. 2.
Processos Químicos.
I. SENAI. Departamento Regional de
Goiás

CDD - 540

Tiragem: 1.500 exemplares

Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange
Av. Engenheiro Roberto Mange, nº 239
Bairro Jundiá - CEP 75113-630 - Anápolis-GO
Fone: (62) 3902-6200 - Fax: (62) 3902-6226
e-mail: revistapq.senai@sistemapq.org.br

ARTIGOS CONVIDADOS

- 13 *Alimentos Funcionais: a Revolução Silenciosa na Alimentação*
Renata A. S. Sancho & Glaucia M. Pastore
- 25 *O Mercado de Bioaditivos para a Indústria de Alimentos*
Lorena O. Felipe & Juliano L. Bicas
- 39 *Efeito da Extrusão nas Propriedades Bioquímicas e Tecnológicas da Farinha Bandinha de Feijão*
Christiane A. Starling; Fernanda G. de Souza & Adriana A. de Carvalho

ARTIGOS GERAIS

- 51 *Metais Pesados e sua Presença em Leite Humano*
Renata M. Gonçalves & José R. Gonçalves
- 59 *Teor de Ferro em Feijão Carioca e Preto Cozidos Com e Sem Beterraba*
Nástia R. A. Coelho, Valéria L. Brandão, Andryelle T. Pereira, Polyana R. S. de Moraes & Evilázaro M. de Oliveira
- 65 *Características Físico-Químicas de Aguardente de Cana-de-Açúcar Submetida a Diferentes Condições de Envelhecimento*
Letícia F. Viana, Marcio Caliari & Manoel S. S. Junior
- 83 *Desenvolvimento e Análise de Salame Colonial com Queijo e Ervas Finas*
Sérgio A. Ullmann & Cassandra M. T. Ribeiro
- 89 *Peptídeos Bioativos de Soja Glycine Max (L.) Merrill: uma Breve Revisão*
Carolina S. B. Damasceno, Letícia F. de Oliveira, Marilis D. Miguel & Obdulio G. Miguel
- 99 *Teor de Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante do Extrato Seco da Semente de Jabuticaba*
Adriana A. de Carvalho, Henrique Páscoa, Frederico S. Martins, Daniela C. Orsi & Edemilson C. da Conceição

107

Elaboração e Análise Sensorial de Biscoito Tipo Cookie com Castanha-do-Brasil e Óleo de Pequi

Renata K. M. Caetano, Raíza C. Fonseca & Rosário M. A. Cobucci

115

Aplicando Conceitos de 5S em um Sistema de Gestão de Estoques numa Indústria Alimentícia e Impactos na Racionalização de Recursos

Paula V. P. Naves

Apresentação

Grandes são os desafios que permeiam a cadeia de alimentos no mundo, desde a disponibilidade para suprir cerca de 9 bilhões de pessoas passando pela produção primária, industrialização até a comercialização. Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos (ABIA) 2016, o Brasil é o segundo exportador mundial, em volume, de alimentos processados, volume comercializado, ocupando o primeiro lugar na exportação de carne de aves, suco de laranja e açúcar e segundo para café e soja. Destaca-se ainda a importância da indústria alimentícia brasileira para a balança comercial gerando 30,5 bilhões de dólares em alimentos processados e faturamento de R\$ 561,9 bilhões no último ano. Com um contingente de 34,8 mil empresas, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a indústria de alimentos é a maior empregadora de transformação com 1,6 milhões de empregos diretos.

Proporcionalmente à sua representatividade, estão as demandas que cercam as fábricas alimentícias: atendimentos a políticas públicas que norteiam os órgãos regulatórios, tais como, para redução de sal, açúcares e gordura nos produtos; consumidores exigentes em busca de produtos funcionais e diferenciados; a acelerada dinâmica de desenvolvimento de produtos. Conforme o *Brasil Food Trends 2020*, um dos importantes resultados desta pesquisa é a confirmação de que o país tem hoje uma forte aderência às tendências atitudinais de consumo de alimentos encontradas em outros países do mundo. Das quatro tendências encontradas no Brasil, três delas são similares às globais: Conveniência e Praticidade; Confiabilidade e Qualidade; Sensorialidade e Prazer. Além disso, essas três tendências possuem participação equilibrada, de acordo com o enquadramento realizado a partir da principal característica de cada consumidor de alimentos no Brasil. A quarta tendência identificada no país representa a fusão dessas três, representando o nível de exigência do consumidor atual.

Atento às necessidades e com a missão de atuar em transferência de tecnologia e inovação para aumentar a competitividade da indústria brasileira, o SENAI pretende ser reconhecido como a maior rede privada de prestação de serviços em tecnologia e inovação no Brasil, agregando valor aos processos e produtos das indústrias, das micro e pequenas empresas e dos microempreendedores individuais.

Os Institutos SENAI de Tecnologia são unidades com infraestrutura física e pessoas qualificadas para a prestação de serviços técnicos especializados, de metrologia e consultoria, com o objetivo de aumentar a competitividade de indústrias de todos os portes. Os Institutos desenvolvem soluções com base nas tecnologias existentes para criar novos processos e novos produtos.

A indústria em Goiás responde por 2,7% da indústria nacional e 23,2% da economia do estado. O PIB industrial goiano é de R\$ 25,8 bilhões, o maior da região Centro-Oeste, impulsionado pelo setor de alimentos com 52,8%; veículos automotores com 7,3% ; química com 7%. Esses setores juntos representam 67,2% da indústria goiana. Com 19.200 empresas industriais em 2013, Goiás é responsável por 23,7% das exportações efetuadas pelo Estado, com vendas de US\$ 1.7 bilhão. O setor mais importante para as exportações industriais é o de fabricação de produtos alimentícios, que responde por 60,8% do total. Ainda o estado de Goiás é o terceiro com tarifa efetiva mais baixa para o Simples Nacional que propicia e estimula a implantação de novas indústrias advindas de outros estados brasileiros. Contudo, o setor considerado crucial para o crescimento da economia goiana, a indústria alimentícia, recuou 2% ano passado, segundo dados do IBGE, em comparação ao acumulado de 2014.

A inovação e a produtividade, pilares centrais do crescimento das indústrias, necessitam de um ambiente favorável e de políticas que alavanquem os investimentos empresariais em pesquisa e novas tecnologias. O Instituto SENAI de Tecnologia de Alimentos e Bebidas (IST) pretende apoiar as indústrias goianas no atendimento a esses desafios da área de alimentos, atuando em inovação e em tecnologia, além de atuar fortalecendo a economia do estado por meio da elevação da competitividade industrial. Com um investimento em infraestrutura da ordem de 16 milhões, equipamentos de ponta e com uma equipe de 55 colaboradores o IST está preparado para atender às demandas industriais.

O portfólio prevê serviços de consultoria customizadas nas áreas de: segurança de alimentos; manufatura enxuta; melhoria de processos, atendimentos a normas e regulamentos técnicos dos órgãos regulamentadores.

Auditoria para avaliação e implantação de normas; Assessoria para registro de produtos; Consultoria em processo produtivo; Consultoria para elaboração de projeto arquitetônico; Consultoria em segurança de alimentos - APPCC; Consultoria em segurança de alimentos - BPF; Desenvolvimento de produtos e processos; Implantação de Normas de Segurança de Alimentos (ISO 22000, BRC Food, FSSC 22000, Global G.A.P., IFS, SQF, NBR 15635, entre outras); Rotulagem de alimentos e bebidas; Soluções em adequações de layout; Avaliação de emissão atmosférica de fontes estacionárias; Avaliação da qualidade do ar externo; Avaliação de ruído ambiental; Caracterização e valoração de resíduos sólidos; Consultoria e implantação de programa de produção responsável; Consultoria em implantação de Boas Práticas de Fabricação para produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos (RDC 48/2013); Diagnóstico ambiental; Desenvolvimento de sistemas de tratamento de resíduos, efluentes e emissões; Elaboração do plano de emergência; Estudo de impacto ambiental - EIA/

RIMA; Inventário de gases de efeito estufa- IGEE; Implantação de programa de Produção Mais Limpa; Licenciamento ambiental; Orientações para implantação da Norma Regulamentadora 20 (Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis); Orientações para implantação da Norma Regulamentadora 35 (Trabalho em Altura); Orientações para implantação da Norma Regulamentadora 13 (Caldeiras e Vaso de Pressão); Plano de gerenciamento de resíduos sólidos; Orientações para implantação da Norma Regulamentadora 12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos); Determinação de índice limiar de gosto primário; Determinação de vida de prateleira; Estudos com consumidores: Grupo de Foco; Estudos com consumidores: Mapa de Preferência; Estudos dos consumidores: Associação de palavras; Perfil Sensorial: Análise Descritiva Quantitativa; Perfil Sensorial: Perfil Descritivo Otimizado; Perfil Sensorial: Perfil Sabor; Teste de Aceitação: Escala de Atitude (FACT); Teste de Aceitação: Escala do Ideal (*Just Right Scales*); Teste de Aceitação: Escala Hedônica; Teste de Diferença: método A não A; Teste de Diferença: método de Comparação Múltipla; Teste de Diferença: método de Comparação Pareada; Teste de Diferença: Método de Ordenação; Teste de Diferença: método Duas em Cinco; Teste de Diferença: método Duo-Trio; Teste de Diferença: Método Triangular; Teste de identificação de gostos primários; Teste de reconhecimento de odores; Contagem de *Bacillus cereus* -MAPA; Contagem de Bolores e Leveduras em placas - MAPA; Contagem de *Clostridium sulfito* redutores e de *Clostridium perfringens* - MAPA; Contagem de Coliformes em alimentos - MAPA; Contagem de mesófilos em placas - MAPA; Contagem de mesófilos em UHT em placas - MAPA; Contagem de *S. aureus* - MAPA; Contagem total de Enterobactérias - MAPA; Número Mais Provável de Coliformes Totais e Coliformes; Termotolerantes em água e gelo - MAPA; Número Mais Provável de coliformes totais e coliformes termotolerantes em alimentos - MAPA; Número Mais Provável de Mesófilos em produtos lácteos UHT e esterilizados, pastosos e viscosos - MAPA; Número Mais Provável de *Pseudomonas aeruginosa* em água - MAPA; Número Mais Provável de *Staphylococcus aureus* - MAPA; Número Mais Provável de *Vibrio parahaemolyticus* - MAPA; Pesquisa de *Listeria* -MAPA; APesquisa de *Salmonella* - MAPA; Determinação de Proteína; Determinação de Fibra; Determinação de Lipídios; Perfil de ácido graxos; Determinação de Glicídios; Vitaminas e Minerais; Determinação de resíduos e contaminantes; e Capacidade antioxidante total.

Sejam bem-vindos!

Christiane Almeida Starling
Gerente do IST

Alimentos Funcionais: a Revolução Silenciosa na Alimentação

Renata A. S. Sancho & Glaucia M. Pastore

Os alimentos funcionais representam um domínio intensamente pesquisado e podem fornecer benefícios que vão além da nutrição básica, uma vez que são capazes de promover e melhorar a saúde humana, além de reduzir o risco de diferentes doenças crônico-degenerativas, a maioria delas relacionadas com o processo de envelhecimento. Parte do seu impacto positivo é atribuída à bioatividade, responsável pela atividade antioxidante, ação anti-inflamatória e efeito imunomodulatório. A indústria de alimentos e os pesquisadores podem se beneficiar de uma colaboração próxima neste campo, devido ao grande potencial que esta nova classe de alimentos pode proporcionar.

Palavras-chave: *compostos bioativos; probióticos/prebióticos; polifenóis.*

Functional foods currently compound one of the most intensively researched domains and can provide benefits that go well beyond basic nutrition, as they are capable to promote and improve human health and reduce the risk of different chronic degenerative diseases, most of them related to the aging process. Part of their positive impact is attributed to the bioactivity, responsible for the antioxidant activity, anti-inflammatory action and immunomodulatory effect. Food industry and researchers may take advantage of a close collaboration in this field due to the great potential this new class of foods can provide.

Keywords: *bioactive compounds; probiotics/prebiotics; polyphenols.*

Introdução

Os conceitos relacionados à alimentação e aos alimentos em geral passaram por grandes transformações nas últimas décadas. Os consumidores modernos desenvolveram particular interesse nos temas da saúde e bem-estar. Como consequência, a função básica dos alimentos que, desde tempos imemoriais, foi satisfazer à fome e fornecer os nutrientes necessários para o crescimento e manutenção do corpo, tornou-se incompleta. Para uma grande parte das pessoas, os alimentos, além de seguros e atrativos, passaram a ser identificados com a prevenção de doenças crônicas, o tratamento da obesidade, além de contribuir para o bem-estar físico e mental^{1,2}.

Estas mudanças surgiram em resposta a profundas transformações da sociedade, com especial destaque para:

- a transição demográfica (com o aumento da expectativa de vida e envelhecimento acentuado);
- transição epidemiológica (com a epidemia de condições degenerativas como as doenças cardiovasculares, diabetes e câncer);
- os novos padrões de consumo e estilos de vida, resultantes de estratégias mercadológicas indutoras de hábitos de vida pouco saudáveis;
- a elevação nos custos com cuidados da saúde, derivados da alta prevalência de fatores de risco, como o tabagismo, inatividade física, obesidade, uso excessivo de bebidas alcoólicas e drogas, além de alimentação inadequada^{2,3}.

Dentro deste contexto, surgiu o conceito de alimento funcional, com a finalidade de proporcionar benefícios que vão além da nutrição, ao oferecer uma nova abordagem terapêutica para prevenção das doenças e à manutenção da saúde e bem-estar.

Os alimentos funcionais formam um grupo heterogêneo, composto de iogurtes, leites fermentados, margarinas, frutas, alimentos integrais e bebidas, entre outros³. Diversos estudos indicam que são inúmeros os benefícios atribuídos ao seu consumo, destacando-se o equilíbrio do aparelho digestório, a melhora da saúde cardiovascular e do sistema imune, além de prevenção do diabetes e obesidade^{4,5,6}. A maioria dos efeitos positivos se deve à presença, em sua composição, de substâncias bioativas com propriedades antioxidante, anti-inflamatória e imunomodulatória.

O marco legal que regulamenta os alimentos funcionais ainda não está estabelecido em definitivo, como pode ser observado pelas diferentes legislações presentes em países da União Europeia, Reino Unido, Japão, Estados Unidos e Canadá^{7,8,9,10}. Na América Latina, o Brasil é o único país que possui uma legislação dedicada ao tema cujo foco é a segurança e eficácia desses alimentos¹¹.

Adotando-se uma perspectiva global, os alimentos funcionais representam uma grande oportunidade econômica. O número de empresas voltadas às tendências de consumo relacionadas à saúde e ao bem-estar é crescente, o que tem estimulado o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias nesta área^{12,13}. Este artigo de revisão procura atualizar os conhecimentos sobre os alimentos funcionais e explorar as potencialidades, efeitos e resultados de seu consumo.

Para o Brasil, o potencial é imenso, em razão de sua biodiversidade e recursos naturais. As possibilidades de elaboração de novos produtos voltados à saúde e bem-estar tanto para o mercado interno, que apresenta gostos e preferências peculiares, quanto para o mercado externo, que vincula nossa região ao exotismo e à relação sadia com a natureza, são amplas e merecem ser mais bem exploradas, tendo como base os conhecimentos já consolidados sobre essa classe de alimentos.

Histórico e Regulamentação dos Alimentos Funcionais

O conceito de alimento funcional surgiu no Japão no início dos anos 80, em consequência do aumento importante da expectativa de vida da população. O governo, antevendo a elevação de casos de diabetes, doenças cardiovasculares, hipertensão, câncer e osteoporose, promoveu maciços investimentos em projetos de pesquisa e desenvolvimento de alimentos que prevenissem o avanço de doenças ligadas ao envelhecimento⁹. Em 1991, o Ministério da Saúde e Bem-Estar japonês criou a categoria FOSHU (*Food for Specified Health Uses*) - Alimentos para Uso Específico de Saúde. Por meio deste sistema regulatório, os alimentos/produtos recebem um selo de aprovação por conter ingredientes funcionais que, comprovadamente, (i) apresentem efeitos positivos nas funções fisiológicas, (ii) mantenham e promovam a saúde, (iii) melhorem

condições relacionadas à saúde (Yamada, 2008). Em 2002, o selo de aprovação já havia sido concedido a aproximadamente 300 produtos¹⁴.

Swinbanks e O'Brien utilizaram, pela primeira vez, em 1993, na revista Nature, o termo "alimento funcional" com a publicação "O Japão explora a fronteira entre os alimentos e os medicamentos"¹⁵. Desde então, inúmeros conceitos de alimentos funcionais, variando dos simples aos mais complexos, foram apresentados pela academia científica, indústria e órgãos governamentais (Tabela 1). Todavia, mesmo após quase vinte cinco anos desses trabalhos pioneiros, ainda não existe consenso sobre uma definição abrangente e definitiva.

Tabela 1. Definições de alimentos funcionais^{16,17}.

Organização	Definição
<i>Health Canada</i>	Alimento com a aparência similar ao alimento convencional, consumido como parte da dieta habitual, com benefícios fisiológicos demonstrados e/ou para reduzir o risco de doenças crônicas além das funções nutricionais básicas.
<i>International Life Sciences Institute of North America</i>	Alimentos que, em virtude dos componentes fisiologicamente ativos que apresentam, fornecem benefícios para a saúde além da nutrição básica.
<i>European Commission</i>	Alimento que afeta de modo benéfico uma ou mais funções alvo no organismo, além dos efeitos nutricionais adequados, de forma que seja relevante para melhora do estado de saúde e bem estar e/ou redução do risco de doença. Faz parte de um padrão alimentar normal. Não pode ser um comprimido, uma cápsula ou qualquer outra forma de suplemento dietético.
<i>International Food Information Council</i>	Alimentos ou componentes alimentares que podem fornecer benefício à saúde, além da nutrição básica.
<i>Academy of Nutrition and Dietetics</i>	Alimentos integrais ou fortificados ou enriquecidos ou aperfeiçoados com efeitos potencialmente benéficos à saúde, quando consumidos regularmente e em níveis eficazes, como parte de uma dieta variada.
<i>Institute of Food Technologists</i>	Alimentos e componentes alimentares que fornecem benefício à saúde, além da nutrição básica (para a população proposta).

O conceito prevalente nos dias atuais explica que "um alimento funcional é qualquer alimento saudável, com aparência similar aos alimentos convencionais que, além das funções nutricionais básicas, proporciona benefícios metabólicos e/ou fisiológicos como a promoção da saúde e prevenção de doenças, quando consumido como parte de uma dieta habitual, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica"^{3,8,18}

Logo após a introdução do FOSHU, outros termos relacionados surgiram, entre os quais se destacam: nutracêuticos, suplementos dietéticos, alimentos medicinais, ingredientes funcionais e compostos bioativos (Tabela 2). Entretanto, os significados são distintos e não devem ser confundidos.

Tabela 2. Termos relacionados aos alimentos funcionais^{8,16,18}.

Termo	Definição
Nutracêuticos	Qualquer substância considerada alimento ou parte de um alimento que proporcione benefícios médicos ou de saúde, incluindo a prevenção e tratamento de doenças, podendo ser utilizadas na forma de cápsulas, pílulas e líquidos.
Suplementos dietéticos	Produto para complementação da dieta que contenha um ou mais ingredientes alimentares (vitaminas, minerais, amino ácidos).
Alimentos medicinais	Formulação para consumo ou administração, sempre sob supervisão médica, destinada a satisfazer às necessidades nutricionais específicas de uma doença ou patologia com necessidades nutricionais específicas (baseadas em princípios científicos reconhecidos).
Compostos bioativos	Compostos naturalmente presentes ou derivados de plantas, animais ou fontes marinhas, que apresentem efeitos benéficos de saúde e/ou bem-estar.
Ingredientes funcionais	Preparações ou frações ou extratos padronizados que contenham compostos bioativos com variado grau de pureza.

Os critérios de aprovação dos alimentos funcionais variam em função da regulamentação de cada país. Apenas no Japão, esta categoria distinta de alimentos é aceita⁹. Na Europa, os alimentos funcionais são considerados um conceito e não uma classe específica de alimentos. Por esta razão, as regras são inúmeras e dependentes do tipo de alimento. Atualmente, os esforços legislativos se concentram mais na restrição do uso de alegações de saúde nas embalagens e no marketing do que na regulação do produto⁸.

Nos Estados Unidos, a FDA (*Food and Drug Administration*) aprova apenas as alegações de saúde nos rótulos dos alimentos¹⁰. No Canadá, igualmente, são permitidas apenas as alegações de saúde e a sua legislação é considerada restritiva⁷.

O Brasil foi o primeiro país da América Latina a possuir legislação referente a alimentos funcionais. As alegações de propriedade funcional ou de saúde de alimentos foram definidas e regulamentadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) em 1999^{11,19}. As diretrizes fornecidas pelo órgão visam à segurança dos alimentos e também que a alegação seja comprovada cientificamente e não induza o consumidor ao engano. A alegação de propriedade funcional descreve o papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano. A alegação de saúde afirma, sugere ou implica a existência de relação entre o alimento ou ingrediente e doença ou condição relacionada à saúde¹⁹. Na mais recente atualização realizada pela ANVISA, datada de março de 2016, estão autorizadas doze alegações referentes a 18 ingredientes e uma alegação referente aos probióticos (Tabela 3)²⁰.

Os alimentos que anunciam a alegação de propriedade funcional ou de saúde devem ter obrigatoriamente o registro na ANVISA. A avaliação é feita individualmente e para a aprovação da alegação é necessário o envio de um relatório técnico científico que contemple ensaios clínicos e/ou epidemiológicos e revisão da literatura científica para comprovação do efeito relatado¹¹. Determinados nutrientes e não nutrientes já possuem alegações padronizadas e requisitos específicos.

Tabela 3. Alegações funcionais e de saúde autorizadas pela ANVISA [20].

Ingrediente	Alegação
Ácidos graxos da família ômega-3: EPA (ác. eicosapentaenoico) DHA (ác. docosaexaenoico)	“O consumo de ácidos graxos ômega-3 auxilia na manutenção de níveis saudáveis de triglicerídeos, desde que associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Licopeno (Carotenoide)	“O licopeno tem ação antioxidante que protege as células contra os radicais livres. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Luteína (Carotenoide)	“A luteína tem ação antioxidante que protege as células contra os radicais livres. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Zeaxantina (Carotenoide)	“A zeaxantina tem ação antioxidante que protege as células contra os radicais livres. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Fibras alimentares	“As fibras alimentares auxiliam o funcionamento do intestino. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Beta-glucana em farelo de aveia, aveia em flocos e farinha de aveia (Fibras alimentares)	“Este alimento contém beta glucana que pode auxiliar na redução do colesterol. Seu consumo deve estar associado à uma alimentação equilibrada e baixa em gorduras saturadas e a hábitos de vida saudáveis.”
Dextrina resistente (Fibras alimentares)	“As fibras alimentares auxiliam o funcionamento do intestino. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Goma guar parcialmente hidrolisada (Fibras alimentares)	“As fibras alimentares auxiliam o funcionamento do intestino. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Polidextrose (Fibras alimentares)	“As fibras alimentares auxiliam o funcionamento do intestino. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.
Psyllium ou psyllium (Fibras alimentares)	“O psyllium auxilia na redução da absorção de gordura. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis”.

Principais Categorias de Alimentos Funcionais

Os alimentos funcionais podem ser classificados de diferentes maneiras.

Segundo Henri *et al.*¹⁶, esses alimentos podem ser agrupados em:

1. Alimentos convencionais contendo naturalmente compostos bioativos. Fazem parte desta categoria a maioria das hortaliças e frutas, grãos, laticínios, carnes e peixes, os quais contêm compostos bioativos e fornecem benefícios que vão além da nutrição básica. As vitaminas antioxidantes presentes em frutas, os flavonoides da soja, as beta-glucanas da aveia e os carotenoides de cenouras e tomates são exemplos desta categoria.
2. Alimentos modificados, que recebem compostos bioativos através de processos de enriquecimento ou fortificação. O enriquecimento pode ocorrer da forma tradicional, ou ainda através de alimentação especial dos animais ou engenharia genética. Exemplos destes alimentos seriam as margarinas enriquecidas com ácidos graxos ômega-3 e fitosteróis, as farinhas fortificadas com ferro e farelo de aveia com alto teor de beta-glucanas.
3. Ingredientes alimentares sintetizados, podendo ser citados como exemplo alguns tipos de oligossacarídeos sintetizados por micro-organismos com propriedades prebióticas.

Uma segunda forma de classificação leva em conta o tipo de alimento: alimentos naturais, alimentos com adição de um ingrediente, alimentos com remoção de um ingrediente, alimentos com um ou mais componentes modificados e alimentos com a biodisponibilidade modificada²¹.

Finalmente, os alimentos funcionais podem ser classificados em função do tipo de ingrediente bioativo: probióticos/prebióticos/simbióticos, fibras dietéticas, antioxidantes (carotenoides, flavonoides), ácidos graxos, fitosteróis²¹.

PROBIÓTICOS, PREBIÓTICOS E SIMBIÓTICOS

Probióticos

Dentre os alimentos com apelo funcional, destacam-se os alimentos que contêm probióticos, os quais

representam um dos principais mercados desta categoria²². Os probióticos são definidos como micro-organismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro²³.

As espécies bacterianas probióticas, através de atividade antimicrobiana, melhoria da função da barreira intestinal e imunomodulação, induzem o aumento da defesa contra patógenos. O emprego de culturas probióticas promove a multiplicação de micro-organismos benéficos impedindo ao mesmo tempo a proliferação de bactérias potencialmente prejudiciais. Adicionalmente, os probióticos estimulam os mecanismos naturais de defesa do organismo^{1,24}.

Os benefícios atribuídos ao consumo de probióticos são inúmeros. O controle da microbiota intestinal, o favorecimento da resistência gastrointestinal à colonização por patógenos, o reestabelecimento do equilíbrio da microbiota intestinal após tratamento com antibióticos, a diminuição do número de patógenos, a redução da constipação, o estímulo da imunidade, a produção de vitaminas e o favorecimento da absorção de minerais estão entre os efeitos positivos descritos²⁵. Estudos mais recentes sugerem que os probióticos podem desempenhar um papel no combate a exposições a metais pesados²⁶, na prevenção da febre reumática²⁷ e na saúde cardiovascular, através da redução dos níveis de colesterol plasmático e da hipertensão²⁸.

Os probióticos devem ser seguros para o consumo. Também devem possuir determinadas propriedades tecnológicas para que não acarretem perda de viabilidade e funcionalidade durante a sua produção, incorporação a produtos alimentares, armazenamento e uso, além de apresentar boas características sensoriais (Figura 1)^{1,29}. Cepas dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são as mais frequentemente empregadas para o consumo humano. O exemplo de cadeia de produção de iogurte com probiótico pode ser observado na Figura 2.

Devido aos seus efeitos positivos, a inclusão de probióticos em alimentos tem sido cada vez mais difundida. Inicialmente, os probióticos eram adicionados principalmente a iogurtes e leites fermentados¹. Entretanto, em virtude do potencial apresentado, a gama de produtos contendo estes micro-organismos expande-se cada vez mais. Atualmente, os probióticos

também podem ser encontrados em queijos, sorvetes e produtos não derivados do leite como sucos frutas e vegetais, produtos à base de soja e de cereais. Entretanto, a variedade é bem menor quando comparada com os produtos tradicionais e, por esta razão, representam um desafio para a indústria de alimentos. Os produtos não lácteos são importantes no mercado devido à alta prevalência de pessoas com intolerância à lactose e com necessidade de dietas com baixo teor de colesterol, além da crescente onda de consumidores veganos^{22,25}.

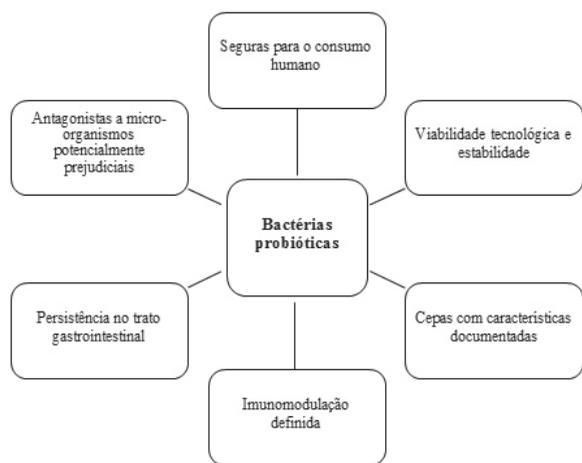


Figura 1. Características fundamentais das bactérias probióticas^{1,29}

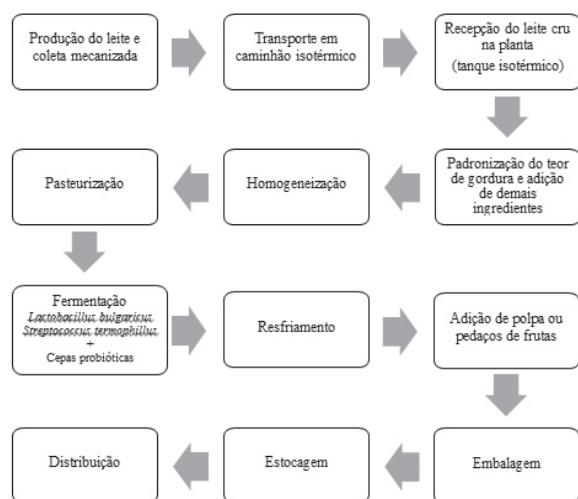


Figura 2. Cadeia de produção de iogurte com probióticos^{30,31}

Prebióticos

Os prebióticos são definidos como ingredientes que sofrem fermentação seletiva e permitem alterações específicas na composição e/ou atividade da microbiota gastrointestinal, conferindo benefício à saúde e bem-estar do hospedeiro²⁹.

Estes compostos afetam positivamente os processos fisiológicos e bioquímicos, resultando em melhora da saúde e redução do risco de doenças (Figura 3). Os prebióticos podem promover a redução dos níveis de bactérias intestinais patogênicas, o alívio da constipação, a diminuição dos episódios de diarreia associada ao consumo de antibióticos, a produção de vitaminas do complexo B, o estímulo do sistema imunológico, a redução do risco de osteoporose através do aumento da absorção de Cálcio, efeitos positivos em pacientes com doença inflamatória do cólon, redução da incidência de câncer de cólon e redução do risco de diabetes pela melhora no metabolismo de carboidratos^{29,32}.

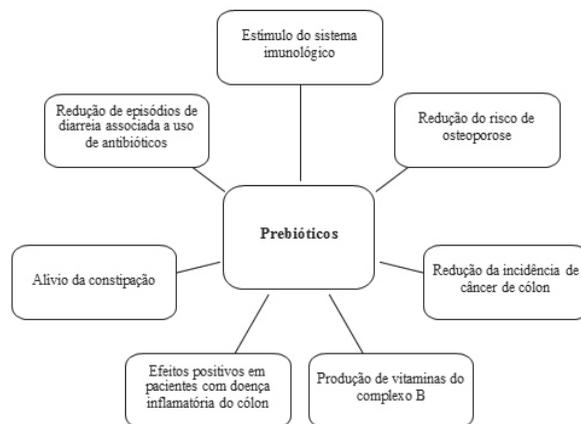


Figura 3. Benefícios associados ao consumo de prebióticos^{29,32}

Os prebióticos apresentam como características: resistência à acidez gástrica, à ação das enzimas digestivas humanas e absorção no trato gastrointestinal, possibilidade de fermentação pela microbiota colônica e estímulo seletivo do crescimento e/ou atividade das bactérias associadas à saúde e ao bem-estar²⁹.

As fibras dietéticas solúveis são os principais representantes dos prebióticos. Estão incluídos a inulina e outros oligossacarídeos não digeríveis como os fruto-oligossacarídeos (FOS), os isomalto-oligossacarídeos, os galacto-oligossacarídeos (GOS), os xilo-oligossacarídeos (XOS), a lactulose e a lactosacarose. Estes compostos estão naturalmente presentes em alguns alimentos ou podem ser obtidos através de síntese enzimática, a partir de açúcares simples ou por hidrólise controlada de carboidratos com alto grau de polimerização^{33,34}.

Os FOS e XOS são encontrados em hortaliças como yacon, alcachofra de Jerusalém, chicória, cebola, alho, alho-poró e alcachofra, em bananas e também no mel³². Por outro lado, os GOS são encontrados nos leites humano e bovino.

Os prebióticos são utilizados na produção de bebidas esportivas, produtos lácteos, cárneos e de panificação, em alimentos para bebês. Além de seus efeitos positivos na saúde, estes compostos melhoram as características sensoriais dos alimentos e podem proporcionar uma composição nutricional mais equilibrada, devido ao aumento no teor de fibras e possibilidade de redução de gorduras³⁵.

Simbióticos

Um produto que apresenta a combinação de probióticos e prebióticos é chamado de simbiótico. A seleção realizada de modo apropriado leva ao sinergismo aumentando os benefícios que cada um dos componentes pode oferecer. Esta associação pode aumentar tanto a viabilidade como a atividade dos micro-organismos probióticos³⁵. Os simbióticos são encontrados normalmente na forma de iogurtes e leites fermentados. Porém, no Brasil, ainda são poucos os produtos disponíveis no mercado.

FIBRAS DIETÉTICAS

As fibras dietéticas correspondem à parte não digerível de alimentos de origem vegetal, que resistem à digestão e absorção intestinal, podendo ou não ser fermentadas no cólon [36]. Considerando a sua solubilidade, as fibras podem ser classificadas como solúveis e insolúveis. Embora os oligossacarídeos sejam considerados fibras solúveis, eles não serão discutidos, pois já foram citados no item dos prebióticos. Como pode ser observado na Tabela 4, as fibras dietéticas estão presentes em um grande número de alimentos³⁷.

A ingestão adequada de fibras dietéticas pode ser obtida através do consumo de hortaliças e frutas, cereais, leguminosas, farelo de trigo, farelo de aveia. Por outro lado, estes tipos de fibras podem ser adicionados a inúmeros produtos alimentares como produtos de panificação e confeitaria, massas, bebidas, laticínios, carnes e sopas, sendo que os mais conhecidos e consumidos são os cereais matinais³⁸. No Brasil, além da diversidade de alimentos contendo naturalmente fibras dietéticas, inúmeros produtos enriquecidos com fibras estão disponíveis no mercado.

O consumo das fibras dietéticas está associado a diversos benefícios à saúde e melhora do quadro de doenças (Figura 4). Durante o processo digestivo, devido ao alto poder de retenção de água, as fibras solúveis aumentam a viscosidade do bolo alimentar. Como consequência, o contato entre as enzimas digestivas e os respectivos substratos é reduzido, diminuindo a taxa de digestão e absorção carboidratos e lipídeos. O consumo de beta-glucana e psillium está relacionado com o controle da glicemia pós-prandial e reposta da insulina e diminuição do colesterol, sendo de grande interesse para portadores de diabetes e obesidade.^{36,37}.

Tabela 4. Tipos de fibras encontradas nos alimentos de origem vegetal ³⁷.

Grupos	Solubilidade	Fermentabilidade	Fontes
Amido resistente, pectinas, goma guar	Alta	Alta	Legumes, leguminosas, pães de centeio e cevada, bananas firmes, massas cozidas e refrigeradas, arroz e batata
Beta-glucanas	Intermediária	Intermediária	Semente de psillium e farelo de aveia
Farelo de trigo, lignina, frutas e legumes	Insolúvel	Lenta	Vegetais e frutas, farelo de trigo, cereais integrais, arroz e farinha integrais, semente de linhaça
Celulose e metilcelulose	Insolúvel	Não fermentável	Grãos e cereais ricos em fibras, castanhas e sementes, casca de frutas e legumes

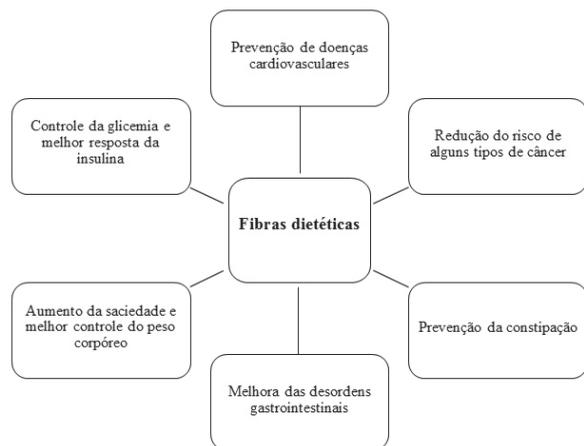


Figura 4. Efeitos benéficos das fibras dietéticas^{36,37,38}.

A melhora da função intestinal, promovida pelo consumo de fibras insolúveis, ocorre tanto pelo aumento do volume fecal causado pela retenção de água como pela diminuição do tempo de trânsito intestinal, promovida por estímulos mecânicos, os quais induzem o aumento da secreção e do peristaltismo³⁷.

CAROTENOIDES

Os carotenoides são pigmentos naturais sintetizados por plantas, algas, bactérias, fungos e leveduras, responsáveis pelas cores que variam entre amarelo, laranja e vermelho. Estes compostos estão entre os principais pigmentos presentes na dieta humana. O licopeno, α -caroteno, β -caroteno, luteína e zeaxantina são considerados carotenoides funcionais por apresentarem atividade antioxidante, atividade pró-vitáminica A, efeitos positivos na saúde cardiovascular, acuidade visual e prevenção contra determinados tipos de câncer³⁹.

LICOPENO

A principal fonte de licopeno é o tomate e seus produtos derivados. Entretanto, também pode ser encontrado em frutas vermelhas como melancia, goiaba vermelha e mamão vermelho³⁹. Estudos sugerem que o consumo de alimentos com licopeno pode reduzir o risco de doenças cardiovasculares⁴⁰ e de câncer de próstata⁴¹. No entanto, mais estudos são necessários para que esses efeitos sejam realmente comprovados, visto que as evidências ainda não são definitivas.

LUTEÍNA E ZEAXANTINA

Os carotenoides luteína e zeaxantina, além de fundamentais para a saúde dos olhos, são os principais pigmentos encontrados na retina humana. Possuem como funções a proteção da mácula frente às lesões provocadas pela luz azul, a melhora da acuidade visual e também são capazes de neutralizar espécies reativas de oxigênio. O consumo de luteína e zeaxantina está associado à redução do risco de degeneração macular relacionada com a idade (DMRI) e catarata⁴².

Ambos os pigmentos são os carotenoides mais frequentes em vegetais com folhas verdes como couve, espinafre, brócolis e salsa. Também estão presentes na gema de ovo, no milho e em algumas variedades de trigo⁴². A luteína e zeaxantina também podem ser encontradas na forma de suplementos e aditivos alimentares⁴³. Como representam 70% dos carotenoides do milho, isto torna este grão um ingrediente promissor para o desenvolvimento de alimentos funcionais com alto teor de luteína. O desenvolvimento destes produtos é relevante na elaboração de estratégias preventivas da catarata e DMRI principalmente em idosos⁴².

B-CAROTENO

Dentre os carotenoides, o β -caroteno é o mais distribuído nos alimentos. Pode ser encontrado em mamão, acerola, cenoura, abóbora e em vegetais folhosos de cor verde-escura. É o precursor da maior importância da vitamina A. Por esta razão, é de grande importância no combate à carência desta vitamina³⁹.

POLIFENÓIS

Os polifenóis são compostos encontrados em alimentos vegetais e são os antioxidantes alimentares mais amplamente encontrados na natureza. Tendo como fontes principais as frutas e bebidas, estes compostos exercem influência nas características de muitas frutas, como amargor, adstringência, cor, sabor, odor^{44,45}.

Os flavonoides são os polifenóis mais conhecidos e estudados. Sua classificação, bem como suas principais fontes podem ser observadas na Tabela 5.

O envelhecimento e hábitos de vida pouco saudáveis podem provocar acúmulo de dano oxidativo ao DNA, componentes celulares, lipídios e proteínas. Os flavonoides, através de sua ação antioxidante e da

Tabela 5. Classificação e fontes de flavonoides^{44,45}.

Grupos	Compostos	Fontes
Flavonóis	Quercetina, miricetina, kaempferol	Cebolas, maçãs, chá, vinho tinto, azeite de oliva, berries
Flavanóis	Catequina, epicatequina	Chá, cacau
Flavanonas	Hesperidina, naringenina	Frutas cítricas
Isoflavonas	Daidzeina, genisteína	Soja
Flavonas	Luteolina, apigenina	Vinho tinto, casca de frutas, casca de tomate, pimenta vermelha
Antocianinas	Cianidina 3-glicosídeo, Delfinidina 3-glicosídeo, Pelargonidina 3-glicosídeo	Açaí, jabuticaba, morango, amora e outras berries

estimulação do sistema de defesa endógeno, podem prevenir esse dano^{44,45,46}. Pesquisas sugerem que, em longo prazo, o consumo de dietas ricas em polifenóis pode contribuir na prevenção de doenças crônico-degenerativas relacionadas ao estresse oxidativo como diabetes, doenças cardiovasculares, osteoporose, câncer e doenças neurodegenerativas^{44,46,47}.

Portanto, dietas com frutas e vegetais variados e, portanto contendo polifenóis, podem apresentar efeitos benéficos à saúde. Além disso, a característica antioxidante dos polifenóis faz com que sejam ingredientes potencialmente interessantes para o desenvolvimento de alimentos funcionais, indo ao encontro das novas necessidades da população que deseja um estilo de vida mais saudável.

ÁCIDOS GRAXOS ÔMEGA-3

Os ácidos graxos ômega-3 são encontrados em óleo de semente de linhaça, canola e soja (ácido α -linolênico) e principalmente em peixes (ácido eicosapentaenoico (EPA) e ácido docosaenoico (DHA), tais como atum, sardinha e salmão.

O consumo de EPA e DHA está associado à prevenção de doenças como dislipidemias, hipertensão arterial e DMRI e também com a redução do risco de doenças cardiovasculares e de acidente vascular cerebral isquêmico⁴⁸.

FITOSTERÓIS

Os fitosteróis são compostos de origem vegetal que apresentam semelhança estrutural com o colesterol. Os fitosteróis, quando ingeridos com outros alimentos, diminuem a absorção do colesterol através de mecanismos de competição e podem eventualmente induzir uma redução do colesterol total e LDL plasmáticos⁴⁹.

São encontrados principalmente em óleos vegetais, castanhas, sementes, farelo e germe de trigo. Inicialmente, os fitosteróis foram incorporados a margarinas, mas com o avanço da tecnologia, foram desenvolvidos sorvetes, sucos, iogurtes e produtos de panificação contendo fitosteróis⁴⁹.

Frutas e Hortaliças como Alimentos Funcionais

As frutas e hortaliças são alimentos ricos em fibras dietéticas, vitaminas, minerais, fitosteróis e antioxidantes, como carotenoides e polifenóis. Portanto, podem ser consideradas alimentos naturalmente funcionais.

A conexão existente entre estresse oxidativo, envelhecimento e doenças degenerativas fornece uma justificativa admissível para os benefícios de uma dieta com abundância em frutas e hortaliças. Estudos demonstram que o consumo regular de destes alimentos proporciona efeitos positivos na saúde e reduz o risco de obesidade e inúmeras doenças⁵⁰.

Apesar dos benefícios comprovados das frutas e hortaliças, seu consumo pela população brasileira situa-se muito abaixo do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (400 g, equivalente a cinco porções diárias), fato esse paradoxal em função da abundância e variedade desses alimentos em nosso país⁵¹.

Estratégias bem elaboradas e direcionadas tanto à divulgação dos efeitos benéficos da ingestão desses alimentos, como à geração de soluções que facilitem seu consumo (alimentos minimamente processados, desidratados ou na forma de sucos, adicionados a iogurtes

entre outros) são essenciais para a reversão da situação atual e aprimoramento do estado de saúde da população.

Desafios e Perspectivas Futuras

Os alimentos funcionais são uma realidade e a sua ciência avança rapidamente. O desafio da indústria de alimentos é converter esta ciência em produtos reais, considerando as regulamentações, as realidades práticas e tecnológicas e o comportamento do consumidor.

Pesquisas indicam as principais tendências que conduzirão o desenvolvimento de produtos funcionais nos anos futuros^{52; 53}:

- preferência por uma alimentação mais natural, feita com alimentos saudáveis (menores teores de gordura, sódio, ricos em fibras e antioxidantes) e menor quantidade de frituras;
- escolha de alimentos naturalmente funcionais tais como sucos feitos à base de frutas, água de coco, superfrutas (açaí e outras berries), temperos e especiarias;
- petiscos funcionais como produtos à base de cereais com menores teores de gordura, sódio e calorias;
- alimentos que colaborem na redução do colesterol, glicemia, pressão arterial e com maiores concentrações de cálcio, para a população idosa;
- produtos mais saudáveis para crianças e adolescentes, devido à preocupação crescente com o aumento alarmante de casos de sobrepeso ou obesidade;
- produtos destinados a serviços de alimentação, para atrair os consumidores que preferem fazer escolhas mais saudáveis.

No Brasil, os principais produtos disponíveis no mercado são os iogurtes probióticos, bebidas à base de soja, margarinas com fitosteróis e produtos enriquecidos com fibras, como pães, biscoitos e cereais matinais. No mercado internacional, a variedade de produtos é muito maior. Como exemplo de funcionais encontrados em outros países, podemos citar produtos enriquecidos com prebióticos (refrescos, açúcar de mesa, pudins, biscoitos, chocolates, vinagre e sopas instantâneas) e

fibras dietéticas (gelatinas, refrescos, molhos), entre outros [54]. Portanto, o espaço no mercado brasileiro para alimentos funcionais tradicionais ainda é amplo e as possibilidades para produtos de inovação são muitas.

A diversidade de frutas encontradas nas mais diversas regiões brasileiras possibilita o desenvolvimento de sucos ricos em antioxidantes e vitaminas adequadas aos hábitos locais e também com caráter exótico, levando em consideração a extensão do país.

O desenvolvimento de sucos de frutas enriquecidos com probióticos já é uma realidade em alguns países. No Brasil, seria do maior interesse, considerando, mais uma vez, a grande variedade de frutas disponíveis. O desenvolvimento de produtos desta linha é desafiador, tanto para a ciência como para a indústria²². A busca por cepas probióticas locais é uma recomendação de pesquisadores da área⁵⁵.

Enfim, a pesquisa por produtos com apelo funcional, derivados de alimentos habitualmente consumidos no Brasil pode, ao mesmo tempo, representar um grande desafio e uma grande perspectiva para a indústria de alimentos.

Referências

1. Puupponen-Pimiä, R. A. M. A.; Aura, A. M.; Oksman-Caldentey, K. M.; Myllärinen, P.; Saarela, M.; Mattila-Sandholm, T.; Poutanen, A. K. Development of functional ingredients for gut health. *Trends Food. Sci. Tech.* **2002**, *13*, 3-11.
2. Roberfroid, M. B. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *Am. J. Clin. Nutr.* **2000**, *71*, 1660s-1664s.
3. Kaur, N.; Gupta, A. K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *J. Bioscience.* **2002**, *27*, 703-714.
4. Sikand, G.; Kris-Etherton, P.; Boulos, N. M. Impact of functional foods on prevention of cardiovascular disease and diabetes. *Curr. Cardiol. Rep.* **2015**, *17*, 1-16.
5. Marangoni, F.; Poli, A. Phytosterols and cardiovascular health. *Pharmacol. Res.* **2010**, *61*, 193-199.
6. Abuajah, C. I.; Ogbonna, A. C.; Osuji, C. M. Functional components and medicinal properties of food: a review. *J. Food. Sci. Technol.* **2015**, *52*, 2522-2529.
7. Doyon, M.; Labrecque, J. Functional foods: a conceptual definition. *Brit. Food. J.* **2008**, *110*, 1133-1149.
8. Siró, I.; Kopolna, E.; Kopolna, B.; Lugasi, A. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance - A review. *Appetite.* **2008**, *51*, 456-467.

9. Yamada, K.; Sato-Mito, N.; Nagata, J.; Umegaki, K. Health claim evidence requirements in Japan. *J. Nut.* **2008**, *138*, 1192S-1198S.
10. Humpf, H. U.; Schneider, C.; Stevens, J. F. Functional food - where do we go? *Mol. Nutr. Food Res.* **2014**, *58*, 5-6.
11. Figueiredo, M. C.; Lajolo, F. M. Supplements and functional foods legislation in Brazil. Em *Nutraceutical and functional food regulations in the United States and around the world*; Bagchi, D., ed.; Elsevier, **2008**, cap. 23.
12. Binns, N.; Howlett, J. Functional foods in Europe: international developments in science and health claims. *Eur. J. Nut.* **2009**, *48*, 3-13.
13. Khan, R. S.; Grigor, J.; Winger, R.; Win, A. Functional food product development - Opportunities and challenges for food manufacturers. *Trends Food Sci. Tech.* **2013**, *30*, 27-37.
14. Hasler, C. M. Functional foods: Benefits, concerns and challenges - A position paper from the American Council on Science and Health. *J. Nut.* **2002**, *132*, 3772-3781.
15. Swinbanks, D.; O'Brien, J. Japan explores the boundary between food and medicine. *Nature.* **1993**, *364*, 180.
16. Henry, C. J. Functional foods. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2010**, *64*, 657-659.
17. Crowe, K. M.; Francis, C. Position of the academy of nutrition and dietetics: functional foods. *J. Acad. Nutr. Diet.* **2013**, *113*, 1096-1103.
18. Gibson, G.R.; Williams, C.M. *Functional Foods: concept to product*. Cambridge: Woodhead Publishing, **2000**.
19. BRASIL. Regulamento Técnico que Estabelece as Diretrizes Básicas para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde alegadas em Rotulagem de Alimentos. Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/815ada0047458a7293e3d73fbc4c6735/RESOLUCAO_18_1999.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em 10/05/2016.
20. BRASIL. ANVISA atualiza lista de alegações de propriedades funcionais e de saúde. 14 de março de **2016**. Disponível em: <http://s.anvisa.gov.br/wps/s/r/wwr>, Acesso em 10/05/2016.
21. Arvanitoyannis, I. S.; Van Houwelingen-Koukaliaroglou, M. Functional foods: a survey of health claims, pros and cons, and current legislation. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2005**, *45*, 385-404.
22. Granato, D.; Branco, G. F.; Nazzaro, F.; Cruz, A. G.; Faria, J. A. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2010**, *9*, 292-302.
23. FAO/WHO. Probiotics in food. Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. FAO Food and Nutrition Paper No. 85. Rome, **2006**.
24. Ng, S. C.; Hart, A. L.; Kamm, M. A.; Stagg, A. J.; Knight, S. C. Mechanisms of action of probiotics: recent advances. *Inflamm. Bowel Dis.* **2009**, *15*, 300-310.
25. Saad, S. M. I. Probiotics and prebiotics: the state of the art. *Braz. J. Pharm. Sci.* **2006**, *42*, 1-16.
26. Bisanz, J. E.; Enos, M. K.; Mwanga, J. R.; Chagalucha, J.; Burton, J. P.; Gloor, G. B.; Reid, G. Randomized open-label pilot study of the influence of probiotics and the gut microbiome on toxic metal levels in Tanzanian pregnant women and school children. *MBio.* **2014**, *5*, e01580-14.
27. Yeoh, N.; Burton, J. P.; Suppiah, P.; Reid, G.; Stebbings, S. The role of the microbiome in rheumatic diseases. *Curr. Rheumatol. Rep.* **2013**, *15*, 1-11.
28. Ettinger, G.; MacDonald, K.; Reid, G.; Burton, J. P. The influence of the human microbiome and probiotics on cardiovascular health. *Gut microbes.* **2014**, *5*, 719-728.
29. Gibson, G. R.; Scott, K. P.; Rastall, R. A.; Tuohy, K. M.; Hotchkiss, A.; Dubert-Ferrandon, A., et al. Dietary prebiotics: current status and new definition. *Food Sci. Technol.* **2010**, *7*, 1-19.
30. Danone. Processo de Fabricação do Iogurte. Disponível em <http://danone.com.br/tudo-sobre-iogurte/processo-de-producao/>. Acesso em 12/05/2016.
31. Hui, Y. H.; Meunier-Goddik, L.; Josephsen, J.; Nip, W. K.; Stanfield, P. S. *Handbook of food and beverage fermentation technology*. CRC Press, **2004**.
32. Mussatto, S. I.; Mancilha, I. M. Non-digestible oligosaccharides: a review. *Carbohydr. Polym.* **2007**, *68*, 587-597.
33. Crittenden, R. G.; Playne, M. Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. *Trends Food Sci. Tech.* **1996**, *7*, 353-361.
34. Carvalho, A. F. A.; de Oliva Neto, P.; Da Silva, D. F.; Pastore, G. M. Xylo-oligosaccharides from lignocellulosic materials: chemical structure, health benefits and production by chemical and enzymatic hydrolysis. *Food Res. Int.* **2013**, *51*, 75-85.
35. Al-Sheraji, S. H.; Ismail, A.; Manap, M. Y.; Mustafa, S.; Yusof, R. M.; Hassan, F. A. Probiotics as functional foods: A review. *J. Funct. Foods.* **2013**, *5*, 1542-1553.
36. Mello, V. D. D.; Laaksonen, D. E. Dietary fibers: current trends and health benefits in the metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Arq. Bras. Endocrinol. Metabol.* **2009**, *53*, 509-518.
37. Eswaran, S.; Muir, J.; Chey, W. D. Fiber and functional gastrointestinal disorders. *Am. J. Gastroenterol.* **2013**, *108*, 718-727.
38. Yangilar, F. The application of dietary fibre in food industry: structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre: a review. *J. Food Nut. Res.* **2013**, *1*, 13-23.
39. Rodrigues-Amaya, D. B.; Kimura, M.; Amaya-Farfan, J. Fontes brasileiras de carotenóides: Tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, **2008**.
40. Müller, L.; Caris-veyrat, C.; Lowe, G.; Böhm, V. Lycopene and

its antioxidant role in the prevention of cardiovascular diseases - a critical review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2015, doi:10.1080/10408398.2013.801827.

41. Vance, T. M.; Su, J.; Fontham, E. T.; Koo, S. I.; Chun, O. K. Dietary antioxidants and prostate cancer: a review. *Nutrition Cancer*. **2013**, 65, 793-801.
42. Abdel-Aal, E. S. M.; Akhtar, H.; Zaheer, K.; Ali, R. Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. *Nutrients*. 2013, 5, 1169-1185.
43. Berman, J.; Zorrilla-López, U.; Farré, G.; Zhu, C.; Sandmann, G.; Twyman, R. M., . Capell, T; Christou, P. Nutritionally important carotenoids as consumer products. *Phytochem. Rev.* **2015**, 14, 727-743.
44. Scalbert, A.; Manach, C.; Morand, C.; Rémésy, C.; Jiménez, L. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2005**, 45, 287-306.
45. Kumar, S.; Pandey, A. K. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *Sci. World J.* **2013**, doi: 10.1155/2013/162750.
46. Sancho, R. A. S.; Pastore, G. M. Evaluation of the effects of anthocyanins in type 2 diabetes. *Food Res. Int.* **2012**, 46, 378-386.
47. Pandey, K. B.; Rizvi, S. I. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxid. Med. Cell. Longev.* **2009**, 2, 270-278.
48. Simopoulos, A. P. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acids ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Exp. Biol. Med.* **2008**, 233, 674-88.
49. Marangoni, F.; Poli, A. Phytosterols and cardiovascular health. *Pharmacol. Res.* **2010**, 61, 193-199.
50. Skinner, M.; Hunter, D. Bioactives in fruit: health benefits and functional foods. John Wiley & Sons, **2013**.
51. Brasil. Pesquisa Nacional de Saúde 2013: percepção do estado de saúde, estilos de vida e doenças crônicas. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, **2014**.
52. Sloan, A. E. The top ten functional food trends. *Food Technology*. **2010**, 64, 22-41.
53. Bigliardi, B.; Galati, F. Innovation trends in the food industry: the case of functional foods. *Trends Food. Sci. Tech.*, **2013**, 31, 118-129.
54. Arai, S. Global view on functional foods: Asian perspectives. *Br. J. Nutr.*, **2002**, 88, S139-S143.
55. Saxelin, M. Probiotic formulations and applications, the current probiotics market, and changes in the marketplace: a European perspective. *Clin. Infect. Dis.* **2008**, 46, S76-S79.

Renata A. S. Sancho & Glaucia M. Pastore*

Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil.

*E-mail: glaucia.pastore@reitoria.unicamp.br

O Mercado de Bioaditivos para a Indústria de Alimentos

Lorena O. Felipe & Juliano L. Bicas

O uso de micro-organismos (ou suas enzimas) na elaboração de alimentos ou insumos para a indústria de alimentos ganhou muita importância com o passar dos anos, particularmente, no último século. Dessa maneira, este artigo apresentará os mais importantes bioprocessos de produção de aditivos para a indústria de alimentos, tais como: aminoácidos, ácidos orgânicos, polissacarídeos, vitaminas, antimicrobianos, corantes e aromas. Em todos os casos, serão apresentados dados que mostram a expectativa de crescimento do mercado de cada um desses produtos e, por fim, apresentaremos algumas perspectivas futuras envolvendo as tendências neste setor.

Pala vras-chave: *biotecnologia; natural; sustentabilidade.*

The use of microorganisms (or their enzymes) in the preparation of food or raw materials for the food industry has gained much importance over the years, particularly in the last century. Thus, this article will present the most important bioprocesses for the production of food/feed additives, such as amino acids, organic acids, polysaccharides, vitamins, antibiotics, colorants and aroma compounds. In all cases, data will be presented showing the expected market growth of each of these products and, finally, we will present some future prospects involving trends in this sector.

Keywords: *biotechnology; natural; sustainability.*

Introdução

A biotecnologia é um termo que remete às mais modernas tecnologias do século XXI, como a engenharia genética e a biologia molecular. Entretanto, essa área da ciência tem seu histórico remontado há mais de 4.000 anos, quando a humanidade passou a produzir alimentos processados clássicos, entre os quais o queijo, a cerveja, o pão e o vinho. Obtidos por vias fermentativas – um dos eixos da biotecnologia – a produção de tais insumos, até o século XIX, foi desenvolvida provavelmente de maneira estritamente apoiada no empirismo. Além disso, baseado tão somente na experiência e na observação, os processos fermentativos também permearam a história da humanidade como estratégia para a conservação de alimentos e na agregação de valor através da melhora da percepção sensorial de diferentes alimentos.

No século XIX, a elucidação dos processos fermentativos adquiriu os primeiros embasamentos teóricos a partir de estudos conduzidos por Louis Pasteur. Posteriormente, já no século XX, a potencialidade e a enorme versatilidade da biotecnologia foram afirmadas com o emprego de biocatalisadores industriais para a produção em larga escala de ácido cítrico (acidulante) e da penicilina (antibiótico).

Atualmente, a biotecnologia desempenha um importante papel na comercialização de produtos ao redor de todo mundo sendo que, no ano de 2014, o mercado global de produtos de origem microbiana foi avaliado em US\$ 143,5 bilhões. Para o período de 2015-2020, esse mesmo mercado tem uma taxa de crescimento projetada em 14,6% ao ano, com cifras de comercialização avaliadas em US\$ 306 bilhões¹.

Nesse contexto, não é de surpreender que inúmeros insumos obtidos por via biotecnológica sejam extensamente utilizados por vários nichos industriais, entre os mais importantes: a indústria farmacêutica (vacinas, hormônios, antibióticos), a indústria química (poliésteres, bioinseticidas, glicerol) e a indústria de alimentos (aminoácidos, ácidos orgânicos, antimicrobianos, aromas, corantes, espessantes e vitaminas).

Adicionalmente, fomentado pela recente e vívida discussão a respeito dos benefícios de uma alimentação mais natural, dos alimentos funcionais e nutracêuticos, a biotecnologia tem desempenhado um forte protagonismo

na indústria de alimentos, representado majoritariamente pelos bioaditivos alimentares^{2,3}. Portanto, o objetivo desse trabalho centra-se na descrição do que há de consolidado na produção de aditivos para a indústria de alimentos, além de fornecer perspectivas futuras para este setor.

Aditivos e Bioaditivos Alimentares: Panorama Geral

Os aditivos alimentares são compostos adicionados aos alimentos com função de manter, modificar ou realçar alguma característica do produto ao qual foi suplementado. Alguns aditivos são tradicionalmente utilizados desde a antiguidade para a preservação de alimentos, sendo os exemplos mais típicos a utilização do sal, do vinagre e de especiarias.

Impulsionado pela evolução dos hábitos alimentares, os aditivos alimentares apresentam um mercado de milhões de toneladas anuais, equivalente a um mercado de bilhões de dólares. Considerado este fato, as projeções mercadológicas de crescimento global para aditivos e vitaminas no horizonte de cinco anos (2015-2020) são bastante promissoras, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Projeções (2015-2020) globais de mercado de algumas classes de aditivos alimentares e vitaminas⁴⁻¹¹

Setor	US\$ (bilhões)	Crescimento anual (%)	Projeção (ano)
Ácidos orgânicos	9,29	6,00	2021
Aminoácidos	35,40	5,60	2022
Aromatizantes & saborizantes	33,50	5,80	2019
Corantes	2,46	4,00	2020
Antifúngicos	1,84	3,10	2020
Espessantes e agentes de corpo	20,70	5,70	2020
Vitaminas	9,30	6,15	2020

Contudo, o mercado de aditivos alimentares vem passando por uma forte e rápida exigência de adaptação. As novas demandas têm sido fortemente estimuladas por um novo “perfil de consumidores”, o qual, de acordo com o “*Brazil Ingredients Trends 2020*”, tem demandado a reformulação de produtos no setor de ingredientes para alimentos com base principalmente em critérios de “naturalidade” e “sustentabilidade”¹².

Essa tendência de mercado tem refletido nas práticas de compra: de acordo com uma pesquisa feita pela Markets and Markets, o critério de “naturalidade” no ato da compra de um alimento/bebida tem se mostrado mais crucial do que o preço ou a percepção sensorial. Ainda, 70% dos consumidores norte-americanos se mostram mais dispostos a pagarem por preços mais elevados na aquisição de produtos que contenham ingredientes naturais em sua fórmula¹³. Outro relatório aponta que 25% dos consumidores brasileiros reconhecem ser responsabilidade deles dar preferência a produtos que evitem a degradação ambiental. Adicionalmente, 39% dos brasileiros apresentam uma tendência a adquirirem produtos de marcas que respeitam o meio ambiente¹⁴.

Nesse contexto, o segmento de aditivos alimentares tem demandado uma rápida substituição por bioaditivos. Esses últimos são caracterizados pela obtenção por via biotecnológica – seja por métodos microbiológicos ou enzimáticos – e consistem em alternativas aos aditivos classicamente produzidos por rotas químicas. Tal processo tecnológico atende aos dois critérios avidamente reivindicados pelo novo mercado consumidor, isto é, os produtos obtidos por essa via são classificados como naturais¹⁵; além do fato de que são considerados “ambientalmente amigáveis”. Essa última característica está associada com os parâmetros de processo comumente empregados na produção por via biotecnológica, os quais geralmente são sintetizados sob temperatura ambiente e pressão atmosférica, impactando também de maneira direta no custo energético da produção¹⁶.

Os dados do ano de 2015 do mercado global de produtos fermentados reforçam a emergência desse novo negócio: foram comercializadas 56,98 milhões toneladas de produtos obtidos por via fermentativa, sendo que esse volume correspondeu a 44,7% de toda movimentação de mercado feita nesse mesmo ano. Portanto, um relatório recentemente destaca que

o mercado dos produtos fermentados no período de 2016-2024 deverá crescer a 4,6% ao ano, chegando a US\$ 81,14 bilhões no ano de 2024, com um volume de comercialização correspondente de 85,66 milhões de toneladas. Dentre as companhias-líder do mercado global de fermentação, vale citar: BASF SE, Amano Enzyme Inc, The Dow Chemical Company, Cargill Inc, Archer Daniels Midland, DuPont Danisco A/S, Ajinomoto Company Incorporation e Evonik Industries¹⁷. Na sequência, abordaremos os aditivos “biotec” mais comercialmente relevantes.

Aminoácidos

Os aminoácidos são as unidades monoméricas das proteínas, que são moléculas essenciais para diversas funções fisiológicas nos seres vivos, como função enzimática, de transporte, movimento coordenado, suporte mecânico, entre outros. Em outras palavras, as proteínas – e, conseqüentemente, os aminoácidos – são essenciais à vida. No entanto, os mamíferos não conseguem sintetizar todos os aminoácidos de que precisam e, assim, alguns deles (chamados “essenciais”) devem ser garantidos pela dieta. Este é, na verdade, o princípio nutricional que motiva a produção de alguns dos principais aminoácidos microbianos.

A lisina, por exemplo, é comumente o aminoácido limitante nas rações a base de cereais, ou seja, a baixa quantidade deste aminoácido comumente encontrada em tais produtos limitaria o crescimento e comprometeria a saúde animal. A solução reside na suplementação deste aminoácido. Desse modo, grande parte da lisina obtida industrialmente, destina-se a atender o segmento de suplementação para ração animal. Em 2013, por exemplo, 92,4% da produção da lisina produzida em escala comercial foi demandada pelo mercado de ração¹⁸.

Assim sendo, a necessidade da adição da lisina em rações a base de cereais propicia uma regulação no preço desses produtos: a soja, rica em lisina, é misturada ao milho para garantir um balanço adequado de aminoácidos. Porém, quando seu preço aumenta, pode-se substituir a mistura de lisina pela suplementação com lisina (50Kg farelo de soja \approx 48,5 Kg milho + 1,5 Kg lisina pura). Como o milho tem maior rendimento por hectare, isso também proporciona economia de terra arável. Outras vantagens desta suplementação são a melhora no balanço

de aminoácidos e na eficiência de aproveitamento de nutrientes, além da redução na quantidade de excremento e de excreção de compostos nitrogenados no ambiente¹⁹⁻²¹.

A produção de lisina por fermentação é comumente feita por cepas de *Corynebacterium glutamicum*, utilizando: o melaço de cana ou hidrolisado de amido como substrato; amônia, sais de amônio ou ureia como fonte de nitrogênio; homoserina/treonina e metionina como fatores de crescimento; regime de batelada alimentada. Este é um aminoácido produzido a partir do aspartato e compartilha as reações iniciais com as vias de produção de homoserina, metionina, treonina e isoleucina. A primeira dessas reações é catalisada pela enzima aspartato cinase, que sofre retroinibição pelos produtos lisina e treonina. Em outras palavras, os micro-organismos apresentam mecanismos bioquímicos que evitam o acúmulo de aminoácido e, portanto, as linhagens utilizadas na produção de lisina devem ter algumas particularidades: são mutantes auxotróficas para homoserina ou L-treonina, L-metionina e L-isoleucina (o que diminui as vias “competidoras” para a síntese de lisina e reduzem a inibição da aspartato cinase); apresentam uma enzima aspartato cinase resistente à inibição por retroalimentação, além de terem superexpressos os genes envolvidos com a produção e secreção de lisina¹⁹⁻²¹.

No caso da produção da treonina, a lógica empregada é semelhante, tanto em termos de aplicações como em termos de processo. Para sua produção industrial, comumente se utilizam cepas mutantes de *Escherichia coli* que apresentam como principais características: (i) redução da retroinibição da aspartato cinase e da inibição de sua síntese por treonina; (ii) ausência de genes associados a vias “competidoras” da síntese de treonina (síntese de lisina e metionina com consumo de treonina por degradação ou síntese de isoleucina; (iii) aumento da expressão de genes que formam treonina; (iv) superexpressão dos transportadores que exportam treonina^{20,21}.

Outro aminoácido de origem microbiana de grande relevância comercial é o glutamato. Utilizado na forma de sal sódico (glutamato monossódico ou MSG), ele tem grande aplicação na indústria alimentícia como realçador de sabor, atuando como agente de gosto umami. Inicialmente, extraído de algas e posteriormente produzido pela hidrólise do glúten do trigo, a partir da década de 1950 tal aminoácido passou a ser produzido

biotecnologicamente pela fermentação microbiana de carboidratos²². Atualmente, com um mercado estimado em aproximadamente 2 milhões de toneladas, o glutamato tem sido produzido principalmente por cepas de *C. glutamicum*^{23, 24}. As condições operacionais incluem a utilização de melaço de cana, amido hidrolisado, açúcar (cana, beterraba) como meio de cultura, sais de amônio ou ureia como fonte de nitrogênio, temperatura de 30-37°C, pH de 7-8, além de agitação e aeração (processo aeróbico). Como principais estratégias para acúmulo de glutamato no meio, destacam-se a limitação de biotina, a adição de surfactantes/penicilina ou ainda o uso de cepas auxotróficas para glicerol ou oleato^{19,21}.

Além dos aminoácidos citados, outros também podem ser produzidos por fermentação (Tabela 2), mas estes não serão detalhados neste texto, considerando que o foco desse artigo são apenas os aminoácidos de maior relevância comercial.

Tabela 2. Principais vias de obtenção e volume anual de produção de alguns aminoácidos de relevância industrial¹⁹

Aminoácido	Via de produção ¹	Volume anual de produção (t)
L-Alanina	Enz., Ext.	500
L-Arginina	F	1,200
L-Asparagina	Ext.	100-1,000
L-Ácido aspártico	Enz.	10,000
L-Cisteína	Enz., Ext.	3,000
L-Glutamina	F	1,300
L-Ácido glutâmico	F	2,930,000
Glycina	Q	22,000
L-Histidina	F	400
L-Isoleucina	F	400
L-Leucina	F, Ext.	500
L-Lysina	F	1,950,000
DL-Metionina	Q	750,000
L-Fenilalanina	F, Q	12,650
L-Prolina	F	350
L-Serina	F	350
L-Treonina	F	330,000
L-Triptofano	Enz., F	9,000
L-Tirosina	F, Ext.	165
L-Valina	F	500

Em termos de mercado, estimativas apontam que no período de 2015-2020 o segmento de aminoácidos deve crescer cerca de 7,3% ao ano, chegando aos US\$12,6 bilhões em 2020²⁵. O crescimento deste mercado deverá ser impulsionado principalmente pela região Ásia-Pacífico cuja taxa de crescimento está estimada em 5,1% ao ano até 2020²⁶. Como resultado do maior consumo de carne, a região das Américas Central e do Sul também deve ter um incremento acentuado deste mercado, o qual espera-se crescer a 6,5% ao ano no período de 2015 a 2025, 27. Já o mercado de aminoácidos para aplicações em rações está projetado para crescer a uma taxa maior (5,4% ao ano), passando de US\$4,4 bilhões de 2013 para US\$5,7 bilhões em 2018²⁸.

O mercado de glutamato monossódico movimentou US\$ 4,5 bilhões em 2014, com uma expectativa de movimentação de US\$ 5,85 bilhões em 2020 e uma taxa anual estimada em 4,5% (2015-2020)²⁹. A lisina tem uma taxa anual de crescimento estimada em 6,2% de 2014-2020, sendo majoritariamente impulsionada pelo mercado de suplementação de ração para suínos. A treonina, por sua vez, tem uma movimentação de mercado estimada em US\$ 420 milhões³⁰.

Ácidos Orgânicos

Os acidulantes são aquelas substâncias que quando adicionadas aos alimentos têm a função de aumentar a acidez ou atribuir a determinado produto gosto ácido. Contudo, a adição de ácidos orgânicos e seus sais aos alimentos apresenta efeitos que vão além da acidez e do gosto: alguns apresentam ação quelante, atuam como antioxidantes e previnem oxidação lipídica, contribuem com a estabilidade microbiológica, inibem escurecimento enzimático, estabilizam produtos lácteos, entre outros²⁰.³¹. Dessa forma, a produção em escala industrial de ácidos orgânicos é prioritariamente voltada para atender ao setor de ingredientes de alimentos e bebidas³².

Não surpreendentemente, o nicho regional que apresenta maior demanda da produção em escala comercial de ácidos orgânicos é o eixo Ásia-Pacífico. Por outro lado, considerando a emergência do novo perfil consumidor, como já discutido nesse texto, principalmente nos continentes Norte-Americano e Europeu, o fator-chave de crescimento do mercado de acidulantes nesses continentes está sendo fortemente dirigido pela produção de ácidos orgânicos por via biotecnológica (“bioacidulantes”)³³.

Dentre todos os ácidos orgânicos empregados em alimentos, o ácido cítrico e o ácido láctico são majoritariamente obtidos por processos fermentativos cujos detalhes serão apresentados na sequência²⁰. Embora o ácido acético esteja presente em uma série de produtos fermentados, a maior parte do seu grande mercado (indústria química) tem origem no produto sintetizado quimicamente. Portanto, tal ácido não será detalhado neste texto. A produção anual de ácido cítrico é estimada em cerca de 1.750.000 toneladas. Em 2015, os mercados norte-americano, asiático e europeu foram responsáveis pelo consumo de 23%, 28% e 22% de toda produção mundial de ácido cítrico, respectivamente³⁴. Ainda, motivado principalmente pelo aumento dos ácidos de origem natural, o mercado de ácido cítrico deverá crescer a 5,5% no período de 2015-2020. Desse modo, espera-se que o mercado global desse acidulante passe de US\$ 2,6 bilhões em 2014 para US\$ 3,6 bilhões em 2020³².

No que diz respeito ao bioprocessamento de produção, cepas bacterianas de *Arthrobacter* e *Actinomyces*; leveduras como *Candida spp.* e *Yarrowia lipolytica*, bem com linhagens fúngicas de *Trichoderma*, *Penicillium*, *Mucor* e *Aspergillus* podem ser utilizadas para a obtenção de ácido cítrico “biotec”. Todavia, o biocatalisador mais utilizado é o *Aspergillus niger*. A preferência por essa linhagem está associada à sua capacidade de acumular altas concentrações do referido acidulante^{35,36}.

Basicamente, o processo fermentativo empregando *A. niger* ocorre a partir da fermentação submersa de meio contendo alta concentração de carboidrato e oxigênio dissolvido; quantidades limitantes de íons metálicos (ferro e manganês) e fosfato; pH ajustado abaixo de 7 e agitação contínua. O barateamento do substrato de cultivo pode ser viabilizado através do emprego de melaço de cana após tratamento prévio para remoção por precipitação de íons metálicos. A biossíntese de ácido cítrico ocorre pela ação da enzima citrato sintase a partir da catálise de dois intermediários da primeira etapa do Ciclo de Krebs – o ácido oxaloacético e da acetil-CoA. Mais recentemente, na tentativa de reduzir o custo da produção de ácido cítrico “biotec”, a fermentação em estado sólido tem sido extensamente investigada. Isso porque, resíduos agroindustriais de baixo custo – como, por exemplo, farelo de soja/trigo e cascas de maçã/mandioca - podem ter seu valor agregado empregando para a bioconversão de ácido cítrico por *A. niger* ou *Y. lipolytica*^{20,36}.

O ácido láctico tem seu nome derivado da fonte da qual foi inicialmente isolado por Carl Wilhelm Scheele, isto é, do leite coalhado. Industrialmente, cerca de 90% de todo o ácido láctico produzido no mundo é proveniente de fermentações bacterianas e os outros 10% são produzidos sinteticamente³⁷. O bioprocesso de obtenção do ácido láctico utiliza-se de bactérias lácticas, particularmente *Lactobacillus delbrueckii subsp. delbrueckii*, *bulgaricus* ou *lactis*, que embora sejam muito exigentes nutricionalmente, são capazes de acumular grandes quantidades deste ácido pela fermentação de carboidratos³⁸.

Em 2015, o mercado de maior demanda de ácido láctico foi o continente Europeu seguido do Norte Americano³⁹. Considerando que este produto é o ponto de partida para a produção de poli(ácido láctico) (PLA), um tipo de plástico biodegradável que pode ser utilizado em embalagens de produtos que seguem normas ambientais, tem sido observada uma crescente demanda por este ácido⁴⁰. Assim, as projeções do mercado de ácido láctico são bastante promissoras: com uma taxa de crescimento anual de 18,6% entre 2014 e 2020, seu mercado deve atingir US\$ 4,3 bilhões ao final deste período^{40, 41}.

Polissacarídeos

Os polissacarídeos encontram vasta aplicação industrial e comercial. Dentre os setores de maior consumo de polissacarídeos, está a indústria de alimentos. Desse modo, no setor de ingredientes para alimentos, esses aditivos são empregados para a obtenção de vários efeitos desejados, entre os quais: agentes formadores de filmes, controladores de cristalização, espessantes, estabilizantes, geleificantes, inibidores de sinérese e texturizantes. Outras propriedades que são comuns a todos os polissacarídeos e que tornam esses produtos bastantes versáteis para o uso em alimentos são: a atoxicidade, a biocompatibilidade, a biodegradabilidade e a polifuncionalidade⁴². Considerada a enorme versatilidade desse segmento de mercado, a previsão para o período de 2015 a 2020 é de um crescimento anual de 5,7%, atingindo um mercado estimado em US\$ 20,7 bilhões em 2020⁹.

Os polissacarídeos obtidos por via biotecnológica são denominados de exopolissacarídeos (EPS) (Tabela 3). Tais moléculas recebem essa denominação por serem polissacarídeos extracelulares, que se constituem de produtos excretados durante o processo fermentativo no substrato de cultivo. Os fungos e as bactérias se

constituem como os principais micro-organismos empregados nos bioprocessos para a produção de EPS. Dentre os EPS obtidos de origem microbiana, as gomas se destacam em função de duas propriedades reológicas principais: a tixotropia e a pseudoplastia⁴²⁻⁴⁴.

Tabela 3. Exopolissacarídeos obtidos por via biotecnológica, propriedades funcionais e micro-organismos produtores⁴²

EPS	Propriedade funcional	Micro-organismo produtor
β-glucana	Espessante, estabilizador, geleificante, texturizador.	Alternaria solani
		Aspergillus nidulans
		Aureobasidium pullulans
		Botrytis cinerea
		Paecylomyces lilacinus
Alginato	Apresenta função geleificante quando adicionado junto ao cálcio. Forma suporte para a imobilização de enzimas e células.	Lactobacillus spp.
		Leuconostoc spp.
		Bifidobacterium spp.
Celulose	Espessante. Quando associado na presença de outro hidrocoloides é capaz de potencializar a viscosidade do meio.	Acetobacter xylinum
Pululana	Estabilizador e espessante.	Aureobasidium pullulans
Goma curdulana	Empregado como suporte para a imobilização de enzimas.	Alcaligenes faecalis var. myxogene
		Agrobacterium radiobacter
Goma gelana	Apresenta estabilidade em uma extensa faixa de pH. Empregada na produção de géis termorreversíveis. Tem potencialidade para a substituição de alguns polissacarídeos, como: ágar, pectina e κ-carragena.	Pseudomonas elodea
Goma levana	Estabilizar, emulsificante, agente formador de filmes.	Zymomonas mobilis
		Bacillus subtilis
Goma xantana	Empregada na produção de géis termorreversíveis. Agente formador de filmes. Potencializa a viscosidade do meio quando da presença de outros hidrocoloides. Estabilizador, geleificante, texturizador e espessante.	Xanthomonas campestris
		X. fragaria
		X. gummisudans
		X. juglandis
		X. phaseoli
		X. vasculorum

Dentre os EPS obtidos por via biotecnológica, a goma xantana se destaca como o bioproduto de maior importância comercial. A xantana se constitui de um heteropolissacarídeo estruturado pelo agrupamento sucessivo de resíduos dos monossacarídeos glicose, manose e ácido glucurônico, na proporção de 2:2:1, respectivamente. O interesse comercial por essa goma, principalmente, na indústria de alimentos, está associado a suas propriedades, tais como: (i) estabilidade em ampla faixa de temperatura e pH; (ii) grande aumento na viscosidade mesmo em baixas concentrações; (iii) sinergia (guar, Jataí) e possibilidade de formar gel com outras gomas (Jataí); (iv) propriedades pseudoplásticas, ou seja, sua viscosidade é reduzida com o aumento da tensão de cisalhamento (desejável para aplicação em caldas e molhos)⁴⁴. A xantana é produzida comercialmente pela bactéria *Gram-negativa Xanthomonas campestris*, por meio de um bioprocessamento que costuma empregar fermentação submersa aeróbica de carboidratos (glicose, sacarose) a um pH próximo da neutralidade e temperatura de cerca de 28°C. Nessas condições, pode-se obter de 20 a 30g/L de produto^{42,44}.

Em se tratando dos dados de mercado da goma xantana, a estimativa é que, em 2020, a cifra de comercialização atinja US\$ 987,7 milhões. No ano de 2013, 80% do volume produzido de goma xantana destinou-se a atender a indústria alimentícia e de extração de petróleo. O eixo Ásia-Pacífico foi responsável pela absorção de 40% da quantidade de goma xantana produzida mundialmente. Os principais players produtores de xantana são: Fufeng Group, Deosen Biochemical Ltd, CP Kelco, ADM, Jungbunzlauer, DuPont Danisco, Meihua Group and Pfizer Inc.⁴⁵.

A despeito das aplicações tradicionais dos EPS's, tais como anteriormente descritos, outras aplicações para esse grupo de biomoléculas têm se estendido para demais áreas. Por exemplo, a existência de grupos carregados na superfície desses bioprodutos podem ser empregados para a biorremediação de metais pesados em determinados efluentes. Adicionalmente, os EPS's também apresentam potencial de uso na área farmacêutica⁴⁶. Em se tratando dessa última aplicabilidade, a recente aquisição da Hospira pela Pfizer Inc. foi motivada principalmente pelo forte interesse em aumentar a produção da goma xantana para fins biomédicos⁴⁷. Desse modo, este cenário demonstra que os EPS microbianos deverão ter uma importância crescente em aplicações não alimentares nos próximos anos.

Vitaminas

As vitaminas se constituem de um grupo de moléculas orgânicas de diferentes classes químicas. Estes nutrientes mostram-se essenciais para a manutenção do metabolismo de muitos seres vivos e, como tais organismos não são capazes de sintetizá-las, estas vitaminas devem ser fornecidas pela dieta. A deficiência de vitaminas pode levar ao acometimento de doenças, entre as quais, a beribéri, o escorbuto e a anemia. Considerado isso, a adição de vitaminas nos gêneros alimentícios tem por objetivo reforçar o valor nutricional dos gêneros alimentícios, sendo essa suplementação reconhecida como enriquecimento/fortificação⁴⁸.

O mercado da produção de vitaminas tem sido fortemente estimulado pelo crescente aumento da demanda de diferentes nichos, a citar: alimentos funcionais/nutracêuticos⁴⁹, nutrição esportiva e de ração animal. Em função disso, o crescimento anual deste mercado para o período de 2013-2018 é estimado em 6,15% e outras estimativas apontam que em 2020 esse mercado atinja a cifra de US\$ 9,3 bilhões. Os principais players do mercado global de vitaminas são: Adisseo France S.A.S, Archer Daniels Midland Co., BASF SE, e Royal DSM N.V.^{10,50}.

Dentre as vitaminas apresentadas na Tabela 4, a vitamina B2 (riboflavina) e a B12 (cobalamina) são aquelas obtidas exclusivamente por via biotecnológica e serão detalhadas no texto.

Tabela 4. Produção de vitaminas: rota, quantidade e usos^{51,52}

Vitamina	Via de produção ¹	Produção mundial ² (t/ano)	Principal aplicação industrial ³
A (Retinol)	Q, Ext.	2.700b	R, A, F
B1 (Tiamina)	Q	3.700b	A,F
B2 (Riboflavina)	Bio	4.400c	R, F
B3 (Niacina)	Bio, Q	40.000c	R, A, F
B5 (Ácido pantotênico)	Bio5, Q	7.000a	R, A, F
B6 (Piridoxina)	Q	3.800b	R, A, F
B7 (Biotina)	Bio5, Q	112c	R, F
B9 (Ácido fólico)	Q	534b	R, A, F
B12 (Cobalamina)	Bio	175c	R, A, F
C (Ácido ascórbico)	Bio4, Q	10.700b	R, A, F
E (Tocoferol)	Bio4, Q, Ext	30.000b	R, A, F

¹ Via principal – Bio: Biotecnológico; Q: Química; Ext.: Extração. ² Ano-base: a1990s; b2000s; c2010. ³ Principais aplicações: A: alimentos; F: farmacêutica; R: rações. ⁴ Biotransformações. ⁵ Escala piloto.

A riboflavina é uma vitamina de coloração amarelada, mas cujo uso como corante é limitado devido ao odor indesejado e gosto amargo. Ela pode ser produzida por síntese química ou por fermentação, sendo que esta é a principal modalidade de produção: entre 1990 e 2002, a fatia de riboflavina proveniente de bioprocessos passou de 5% para 75%. Atualmente, existem dois sistemas de produção desta vitamina, um empregando o fungo *Ashbya gossypii* (BASF) e outro a bactéria *Bacillus subtilis* (DSM e Hubei Guangji), ambos resultados de melhoramento clássico de linhagens, engenharia genética e otimização de processos. No ano de 2010, a produção total desta vitamina foi de aproximadamente 4,4 mil toneladas, sendo que 70 a 75% delas foram destinadas para aplicações em ração e o restante foi destinado para produtos farmacêuticos e alimentos⁵¹⁻⁵³.

A vitamina B12 é a mais complexa das vitaminas, de forma que sua produção industrial por síntese química, que requer mais de 70 passos, nunca foi feita. Por este motivo, ela é fabricada exclusivamente por fermentação cujo processo principal envolve uma via anaeróbica de *Pseudomonas denitrificans*. Pode-se obter uma concentração de dezenas de mg/L utilizando como fonte de carbono melão de beterraba açucareira, que contém betaína (efeito estimulatório) e adição de sais de cobalto. Como a vitamina B12 é encontrada somente em tecidos animais e micro-organismos e, por este motivo, pessoas vegetarianas estão sujeitas a sofrer com sua deficiência. Assim, o principal uso desta vitamina é como suplemento nutricional. Apesar de sua produção anual ser baixa, cerca de 3 t, este é um produto de elevado valor agregado (milhares de euros/kg)⁵³.

Agentes Antimicrobianos

Os agentes antimicrobianos são substâncias que quando adicionadas aos alimentos são capazes de inibir ou inativar micro-organismos patogênicos ou deterioradores. Os aditivos antimicrobianos apresentam uma extensa diversidade química (ácidos orgânicos, proteicos, polipeptídios) e, conseqüentemente, demonstram uma vasta aplicabilidade. Os óleos essenciais, que também abarcam uma enorme variedade de classes químicas, destacam-se como compostos antimicrobianos que têm sido utilizados pela humanidade desde a antiguidade⁵⁴.

A nisina e a natamicina pertencem ao grupo de compostos antimicrobianos que podem ser obtidos por via biotecnológica. O bioprocessamento empregado para a produção da nisina se constitui na fermentação submersa do soro de leite/leite por cepas de *Lactococcus lactis* subespécie *lactis*, uma bactéria *Gram-positiva* pertencente ao grupo das bactérias ácido-láticas. Por outro lado, a obtenção de natamicina é feita a partir de linhagens de *Streptomyces natalensis* - um actinomiceto^{55, 56}.

Enquanto a natamicina é um representante dos antifúngicos macrolídeos poliênicos, a nisina pertence ao grupo dos polipeptídios antimicrobianos reconhecidos como bacteriocinas - que são metabólitos primários que tem sua biossíntese feita em nível ribossomal. O espectro de ação das bacteriocinas é reconhecidamente estreito, sendo assim, linhagens produtoras de bacteriocinas só são capazes de inibir ou matar aquelas bactérias que apresentam íntima relação parental com elas mesmas (Tabela 5)^{55, 56}.

A nisina é empregada para a conservação de alimentos em mais de 50 países ao redor de todo o mundo e foi a primeira bacteriocina a receber o status GRAS (nomenclatura dada à substâncias reconhecidas como seguras)^{54, 55}. A nisina, quando adicionada ao alimento, não promove alteração da percepção sensorial além de auxiliar na extensão do tempo de prateleira dos produtos. Dessa maneira, a nisina se mostra efetiva contra linhagens de micro-organismos produtores de esporos termorresistentes como *Clostridium* e *Bacillus*. Considerado isso, é possível aumentar o prolongamento da vida de prateleira, associado a tratamentos térmicos mais brandos, impactando, assim, no custo energético de produção. Outro aspecto atrativo do uso da nisina em alimentos está no fato de que esse agente antimicrobiano pode ser utilizado em produtos fermentados por leveduras, mantendo-as viáveis durante o processo fermentativo. Isso porque, em função da complexidade da parede celular desses micro-organismos, a nisina não apresenta atividade antimicrobiana contra leveduras, bolores e bactérias *Gram-negativas*. Por outro lado, a nisina apresenta amplo espectro de ação contra micro-organismos *Gram-positivos*, sendo o representante mais importante a *Listeria monocytogenes* - um importante micro-organismo causador de Doenças Transmitidas por Alimentos^{54, 55}.

No Brasil, que autoriza a aplicação de nisina apenas em queijos pasteurizados em uma quantidade de 12,5mg/Kg, a demanda por esse conservante está estimada em cerca de 800 Kg/ano. Para uso industrial, a nisina possui um valor de US\$ 900/Kg, sendo que a nisina pura custa cerca de US\$ 30,8/g⁵⁴.

A natamicina, inicialmente denominada de pimarcina, é utilizada na indústria de alimentos como agente antimicrobiano para prevenir a proliferação de fungos (Tabela 5), não apresentando efetividade contra vírus ou bactérias. Assim sendo, a natamicina pode ser empregada como agente antimicrobiano em fermentações conduzidas por bactérias, inibindo a proliferação de fungos sem causar prejuízos para a maturação ou o processo fermentativo do produto. Outro aspecto relevante do uso da natamicina em alimentos centra-se no fato de que em doses abaixo das doses de inibição – as chamadas concentrações subinibitórias – esse conservante é capaz de prevenir a produção de micotoxinas. Essas últimas, substâncias de elevado caráter tóxico produzido como metabólitos secundários por diferentes fungos. A toxidez apresentada por micotoxinas, dependendo da dose ingerida, vai desde o acometimento de estados de letargia, por exemplo, ao

óbito de animais/seres humanos^{54, 56, 57}.

A seletividade da natamicina por fungos é explicada pela capacidade que essa molécula apresenta de formar uma ligação irreversível com o ergosterol - o componente mais importante da parede celular da parede fúngica. A irreversibilidade da ligação provoca a morte celular pela alteração da permeabilidade membranar e, por conseguinte, o extravasamento do conteúdo celular^{54, 56}.

O mercado de agentes antimicrobianos inibidores de fungos, como a natamicina, por exemplo, apresenta um crescimento estimado de 3,1% ao ano, com uma cifra de comercialização estimada em US\$ 1,84 bilhões para o ano de 2020⁸. Boa parte deste crescimento resulta da demanda apresentada pelo mercado de rações, seja para rebanhos confinados, pet's e aquicultura. Tais nichos aumentarão consideravelmente a demanda por agentes controladores de micro-organismos fúngicos considerada a conscientização acerca da toxidez das micotoxinas e as nefastas consequências desse grupo de substâncias químicas em matérias-primas utilizadas para a produção de ração⁵⁸.

Tabela 5. Espectro de ação da nisina e da natamicina⁵⁴

Nisina	Natamicina
Micro-organismo-alvo	
Alicyclobacillus acidoterrestris	Absidia sp.
Bacillus brevis	Alternaria sp.
Bacillus cereus	Aspergillus chevalieri
Bacillus subtilis	Aspergillus flavus
Bacillus stearothermophilus	Aspergillus niger
Clostridium bifermentans	Aspergillus oryzae
Clostridium botulinum	Botrytis cinerea
Listeria monocytogenes	Byssoschlamys fulva
Staphylococcus aureus	Cladosporium cladosporioides
	Fusarium solani
	Gloeosporium album
	Mucor mucedo
	Penicillium candidum
	Penicillium chrysogenum
	Penicillium digitatum
	Sclerotinia fructicola

Corantes

Micro-organismos produtores de pigmentos são relativamente comuns. Carotenoides, melaninas, flavinas, quininas e, mais especificamente monascinas, violaceínas, ficocianinas ou índigo estão entre as moléculas coloridas capazes de serem produzidas⁵⁹. Existem vários relatos de processos de produção de corantes por fungos, bactérias e microalgas descritos na literatura^{60, 61} e alguns já patenteados. A maioria desses trabalhos publicados se referem à produção de corantes amarelo-alaranjados e vermelhos, como aqueles derivados dos fungos dos gêneros *Monascus*, *Penicillium* e *Fusarium*. Ademais, microalgas têm sido extensamente estudadas e são atualmente empregadas na produção comercial dos chamados “biopigmentos”, especialmente carotenoides e ficolibiproteínas^{62, 63}.

Os carotenoides (astaxantina, licopeno, zeaxantina e β-caroteno) constituem a principal classe de pigmentos naturais e atraem muito o interesse da indústria de alimentos e bebidas por representarem uma fonte (potencialmente natural) de corantes com cor variando do amarelo ao vermelho⁶⁴. Estes compostos podem ser produzidos em escala comercial por micro-organismos,

especialmente microalgas.

Espécies do gênero *Dunaliella*, uma microalga halotolerante unicelular que cresce em altas concentrações salinas, pode acumular grandes quantidades (3-5%, até 14%) de β -caroteno⁶². Tal fato torna estes micro-organismos os principais produtores de carotenoides (β -caroteno), sendo as espécies *D. salina* e *D. bardawil* as mais comumente cultivadas. Assim, muitas companhias estão envolvidas no cultivo de *Dunaliella* para produção comercial deste caroteno, que encontra aplicações em alimentos, rações e formulações farmacêuticas⁵⁹. Há ainda um outro processo de produção, iniciado em 1995 na Europa (DSM), que envolve o fungo *Blakeslea trispora*, o qual pode acumular 4% ou mais do seu peso como β -caroteno.

O mercado de β -caroteno corresponde a cerca de 20% do mercado total de carotenoides. Seu mercado deve passar de US\$261 milhões em 2010 para US\$334 milhões em 2018, com um crescimento anual de 3,1%⁶⁵. Do total produzido, cerca de 15% tem origem microbiana, produto este cujo preço pode variar de US\$300-3.000/Kg ante cerca de US\$1.000 para o produto sintético⁵³.

A astaxantina é outro carotenoide de origem microbiana com importância comercial. Este é o pigmento associado à coloração avermelhada em salmão, crustáceos e outros animais. A maior parte da astaxantina é produzida quimicamente, sendo uma parcela menor oriunda de crustáceos. Apenas uma pequena fatia, estimada em menos de 10% do total, é produzida por micro-organismos⁵³. O mercado de astaxantina, que no ano de 2010 foi estimado em US\$226 milhões, deve crescer a 1,4% ao ano e chegar a US\$253 milhões em 2018⁶⁵. Sua principal aplicação é em ração para aquacultura, na criação de salmão e truta.

O principal processo de produção biotecnológica de astaxantina envolve microalgas de água doce da espécie *Haematococcus pluvialis*, que podem acumular de 1,5 a 3% deste carotenoide. Este bioprocessos envolve duas etapas: o “estágio verde”, de crescimento celular, seguido pelo “estágio vermelho”, de acúmulo de astaxantina, quando são aplicadas condições de estresse (elevada intensidade luminosa e meio pobre em nutrientes) para induzir a produção. Embora existam algumas companhias produzindo astaxantina microbiana, esta ainda não consegue competir em termos de preço com o produto sintético⁵³.

Já a produção de corantes azuis por micro-organismos é raramente relatada para fungos ou bactérias^{66,67}, mas é mais comum para microalgas. Além da clorofila e carotenoides, muitos micro-organismos fotossintetizantes produzem pigmentos acessórios chamados ficoeritrinas (vermelhos) e ficocianinas (azuis), que são coletivamente conhecidos como ficolibiproteínas⁵⁹. Além das aplicações como corantes naturais em alimentos e cosméticos, tais compostos podem ser utilizados em aplicações clínicas ou em pesquisas imunológicas. Além disso, um crescente número de pesquisadores tem relatado suas propriedades benéficas à saúde e uma grande variedade de aplicações farmacêuticas têm sido consideradas⁶⁸.

Para se ter uma ideia do mercado de ficolibiproteínas, em 1997 este foi estimado em US\$50 milhões, com preços variando de US\$3-25/mg para os pigmentos nativos⁶⁸. Em escala comercial, a cianobactéria *Arthrospira* e a rodofíceia *Porphyridium* são as principais microalgas utilizadas para a produção de ficocianinas e ficoeritrinas, respectivamente⁵⁹.

Aromas

No setor de ingredientes para alimentos e bebidas, os aromatizantes são empregados para agregar valor ao produto, por meio da melhora e do reforço da percepção sensorial. Portanto, a adição de tais substâncias é crucial na aceitação do consumidor, implicando diretamente no sucesso de comercialização de determinado alimento. Entretanto, a adição de compostos de aroma em bebidas, por exemplo, pode impactar em até 50% no custo da formulação⁶⁹. Dentre as características apresentadas pelos compostos de aromas, destacam-se: volatilidade acentuada, moléculas de tamanho igual ou inferior a 300 Daltons, apresentam a habilidade de ativarem os receptores olfativos⁷⁰.

Os compostos de aroma adicionados aos alimentos podem ser rotulados como “naturais”, no caso de compostos de origem microbiana/enzimática ou extração direta da natureza; “idênticos ao natural”, no caso de serem sintetizados quimicamente mas apresentarem estrutura química idêntica a um composto encontrado na natureza; ou “artificial”, no caso de moléculas sintetizados quimicamente e não encontradas na natureza⁶⁹. Os referidos métodos de obtenção apresentam vantagens e desvantagens, como as destacadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Vantagens e desvantagens dos métodos de obtenção dos compostos de aroma⁶⁹

Método	Vantagem	Desvantagem
Extração direta da natureza	Ótima qualidade sensorial, produtos naturais	Alto custo, influência da sazonalidade
Síntese química	Alto rendimento e baixo custo	Baixa seletividade, possível impacto ambiental
Via biotecnológica	Maior seletividade, condições brandas de operação, resíduos não tóxicos.	Alto custo e dificuldade no escalonamento do processo

Desse modo, considerando o forte impacto da biotecnologia no segmento de química fina⁷¹, o mercado de bioaromas vem apresentando crescimento considerável nas últimas décadas. Adicionalmente, com a maior demanda por aromas naturais cujo mercado está crescendo a uma taxa estimada de 9,1% ao ano⁷², projeta-se que o papel dos aromas “biotec” deve apresentar um papel crescente na indústria de alimentos.

Em se tratando de aromas “biotec” já disponíveis, a vanilina (4-hidróxi-3-metoxibenzaldeído) e a gama-decalactona (ácido 4-hidroxi-decanóico) apresentam-se como as substâncias com as maiores demandas, com produções da ordem de milhares de toneladas. Por exemplo, no ano de 2010, o volume de produção da vanilina foi igual a 15.000 toneladas⁷³. A vanilina é responsável pelo aroma de baunilha, enquanto a gama-decalactona tem aroma de pêssego. Ambas as substâncias possuem métodos de obtenção por via biotecnológica já consolidados a nível industrial. Enquanto a vanilina pode ser obtida por diferentes processos (Tabela 7), a gama-decalactona costuma ser produzida pela biotransformação do ácido ricinoleico (encontrado no óleo de mamona) pela levedura *Yarrowia lipolytica*. E, quando comparados os valores de comercialização em função da rota de obtenção, tanto a vanilina quanto a gama-decalactona apresentam valores bastante competitivos: vanilina (natural: US\$ 1.200 à 4.000; “biotec”: US\$ 1.000; sintética: US\$ 15); gama-decalactona (natural: US\$ 6.000; “biotec”: US\$ 300; sintética: US\$ 150)⁷³⁻⁷⁵.

Tabela 7 – Companhias responsáveis pela produção de vanilina “biotec”⁷³.

Companhia	Matéria-prima	Substrato de conversão
De Monch Aromatics	Cúrcuma	Curcumina
Evolva/IFF	Milho	Glicose
Mane	Cravo	Eugenol
Solvay	Farelo de arroz	Ácido ferrúlico

Em se tratando da expectativa global de mercado, espera-se que o mercado de vanilina cresça a uma taxa entre 7 e 10% ao ano entre 2016 a 2025, sendo que essa taxa será pressionada pela alta demanda do setor de ingredientes voltado para a confeitaria e panificação⁷⁶.

Perspectivas Futuras

O modo de vida humano na sociedade moderna tem se mostrado cada vez mais como um grande desafio à preservação do meio ambiente, o que vem forçando a conscientização da sociedade e promovendo um intenso debate envolvendo o conceito de sustentabilidade. Paralelamente, há uma crescente demanda por ingredientes e aditivos naturais a serem empregados na formulação de produtos industriais. Nesse contexto, processos biotecnológicos têm surgido como uma alternativa atrativa ao extrativismo e aos processos de síntese química, uma vez que eles geram produtos considerados naturais, são provenientes de fontes renováveis e virtualmente inextinguíveis, além de não gerarem resíduos tóxicos. Tal fato tem provocado, nos últimos anos, uma intensa corrida científica por materiais resultantes de bioprocessos.

Por este motivo, o mercado global de produtos fermentados (excluindo biocombustíveis), que atualmente está por volta de US\$24,3 bilhões, deve crescer a uma taxa de cerca de 7,7% ao ano até atingir o valor de US\$35,1 bilhões em 2020⁷⁷. Conforme demonstrado neste texto, mesmo os mercados consolidados (aminoácidos, ácidos orgânicos, xantana) de produto “biotec” manterão seu crescimento nos próximos anos, embora um pouco abaixo desta média. Portanto, o maior crescimento

provavelmente virá dos produtos emergentes, como alguns citados neste texto (ex.: bioaromas, biocorantes). Dentre os biocorantes, por exemplo, existem diversos processos em estágio de desenvolvimento que devem entrar neste mercado⁶⁰. Portanto, os bioprocessos para produção de aditivos para a indústria de alimentos podem ser considerados ferramentas de alto potencial para a mercado que deve ganhar cada vez mais espaço no cenário econômico nos próximos anos.

Referências

1. Microbial Products. Disponível em: <http://www.prnewswire.com/news-releases/microbial-products-technologies-applications-and-global-markets---reportlinker-review-300156939.html> Acesso em: 08 Jun. **2016**.
2. Gavrilesca, M.; Chistib, Y.; *Biotechnol. Adv.* **2005**, *23*, 471–499.
3. Bicas, J. L.; Maróstica, M. R.; Barros, F. F. C. C.; Molina, G.; Pastore, G. M.; *Em Fermentation Processes Engineering in the Food Industry*; Soccol, C. R.; Pandey, A.; Larroche, C., eds., CRC Press, **2013**, 371–404, cap. 15.
4. Organic Acids Market - Global Trend & Forecast to 2021.
5. Disponível em: http://www.morningstar.com/news/business-wire/BWIPREM_20160608005611/global-organic-acids-market-worth-usd-929-billion-by-2021-analysis-technologies-forecasts-report-20162021-key-vendors-basf-cargill-dow-chemical-research-and-markets.html Acesso em: 08 Jun. **2016**.
6. Global Amino Acids Market By 2022. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-amino-acids-market>. Acesso em: 08 Jun. **2016**.
7. Global Market for Flavor and Fragrance. Disponível em: [http://www.bccresearch.com/pressroom/chm/global-market-for-flavor-and-fragrance-to-reach-\\$33.5-billion-by-2019](http://www.bccresearch.com/pressroom/chm/global-market-for-flavor-and-fragrance-to-reach-$33.5-billion-by-2019) Acesso em: 08 Jun. **2016**.
8. Global Food Colorants Market By 2020. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-food-colorants-market> Acesso em: 08 Jun. **2016**.
9. Global Mold Inhibitors Market Report 2014-2020. Disponível em: <http://www.businesswire.com/news/home/20160104006044/en/Research-Markets-Global-Mold-Inhibitors-Propionates-Sorbates> Acesso em: 08 Jun. **2016**.
10. Sizing & Thickening Agents Market - Global Trends & Forecast to 2020 Disponível em: <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/sizing-thickening-agents-market-267603209.html>. Acesso em: 08 Jun. **2016**.
11. Global Vitamins Market 2014-2018. Disponível em: <http://www.businesswire.com/news/home/20140217005352/en/Research-Markets-Global-Vitamins-Market-2014-2018-Cosmeceutical>. Acesso em: 08 Jun. **2016**.
12. Vitamins – a global strategic business report. Disponível em: <http://www.strategy.com/pressMCP-2542.asp>. Acesso em: 08 Jun. **2016**.
13. Brazil Food Trends 2020. Disponível em: <http://www.ital.sp.gov.br/tecnolat/anais/tl230513/Arquivos/Brasil%20Food%20Trends%202020.pdf> Acesso em: 08 Jun. **2016**.
14. Global Market for Natural Food Colors. Disponível em: <http://www.beveragedaily.com/Markets/Global-market-for-natural-food-colors-to-reach-1.7bn-by-2020> Acesso em: 08 Jun. **2016**.
15. Brasil16 – Tendências de Consumo 2016 (Mintel). Disponível em: brasil.mintel.com/tendencias-de-consumo/ Acesso em: 08 Jun. **2016**.
16. Bigliardi, B.; Galati, F.; *Trends Food Sci. Technol.* **2013**, *31*, 118–129.
17. Yashveer, S.; Singh, V.; Kaswan, V.; Kaushik, A.; Tokas, J.; *Biotechnol. Genet. Eng. Rev.* **2014**, *30*, 118–129.
18. Fermentation Chemicals Market. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-fermentation-chemicals-market>. Acesso em: 08 Jun. **2016**.
19. Global Lysine Market By Application. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-lysine-market> Acesso em: 08 Jun. **2016**.
20. Wendisch, V.F.; Eberhardt, D.; Herbst, M.; Jensen, J.V.K.; *Biotechnological production of amino acids and nucleotides. Em Biotechnological production of natural ingredients for food industry*; Bicas, J.L.; Maróstica Jr., M.R.; Pastore, G.M., eds., Bentham Science, **2016**, cap. 3.
21. Sato, H.; *Em Biotecnologia de Alimentos*; Pastore, G.M.; Bicas, J.L.; Maróstica, M.R., eds., Atheneu, **2013**, cap. 10.
22. Sato, S.; *Em Biotecnologia Industrial*, v. III; Lima, U.A.; Aquarone, E.; Borzani, W.; Schmidell, W., eds., Edgard Blücher: São Paulo, **2001**, cap. 7.
23. Sano, C.; *Am. J. Clin. Nutr.* **2009**, *90*, 728S-732S.
24. Gopinath, V.; Nampoothiri, K. M. *Em Encyclopedia of Food Microbiology.* **2014**, 504–517.
25. Becker, J.; Wittmann, C.; *Curr. Opin. Biotech.* **2012**, *23*(4), 631-640.
26. World Markets for Fermentation Ingredients. Disponível em: <https://www.reportbuyer.com/product/3326183/world-markets-for-fermentation-ingredients.html> Acesso em: 08 Jun. **2016**.
27. The Global Amino Acids Market: Trends, Drivers & Projects. Disponível em: http://www.strategy.com/MarketResearch/Amino_Acids_Market_Trends.asp Acesso em: 08 Jun. **2016**.
28. Hou, Y.; Yin, Y.; Wu, G.; *Exp. Biol. Med.* **2015**, *240*, 997-1007.
29. Feed Amino Acids Market. Disponível em: <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/feed-amino-acids.asp> Acesso em: 08 Jun. **2016**.

30. Global Monosodium Glutamate Market. Disponível em: <https://globenewswire.com/news-release/2016/03/17/820804/0/en/Global-Monosodium-Glutamate-Market-Poised-to-Surge-from-USD-4-500-0-Million-in-2014-to-USD-5-850-0-Million-by-2020-MarketResearchStore-Com.html> Acesso em: 08. Jun. **2016**.
31. Gopinath, V.; Nampoothiri, K. M.; Em Encyclopedia of Food Microbiology; Batt, C. A.; Tortorello, M-L.; eds., Elsevier, p. 513.
32. Penna, T. C. V.; Em Biotecnologia Industrial, v. III; Lima, U.A.; Aquarone, E.; Borzani, W.; Schimidell, W., eds., Edgard Blücher: São Paulo, **2001**, cap. 2.
33. Citric Acid Market by Form - Global Forecast to 2020. Disponível em: <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/citric-acid-market-185568353.html> Acesso em: 08. Jun. **2016**.
34. Organic Acids Market. Disponível em: <http://www.futuremarketinsights.com/reports/global-organic-acids-market> Acesso em: 08. Jun. **2016**.
35. Citric Acid. Disponível em: <https://www.ihs.com/products/citric-acid-chemical-economics-handbook.html>. Acesso em: 08. Jun. **2016**.
36. Kristiansen, B.; Matthey, M.; Linden, J.; Citric Acid Biotechnology. Taylor & Francis: London, **2002**.
37. Max, B. ; Salgado, J. M. ; Rodríguez, N. ; Cortés, S. ; Converti, A. ; Dominguez, J. M.; Braz. J. Microbiol. **2010**, 41, 862-875.
38. Kadam, S. R. ; Patil, S. S.; Bastawde, K. B.; Khire, J. M.; Gokhale, D. V.; Process Biochem. **2006**, 41, 120-126.
39. Vijayakumar, J.; Aravindan, R.; Viruthagiri, T.; Chem. Biochem. Eng. Q. **2008**, 22, 245-264.
40. Lactic Acid Market by Application & Polylactic Acid Market - Global Trends & Forecasts to 2020. Disponível em: <http://www.prnewswire.com/news-releases/lactic-acid-market-by-application--polylactic-acid-market-by-application--by-geography---global-trends--forecasts-to-2020-300257209.html> Acesso em: 08 Jun. **2016**
41. Lactic Acid Market worth 3.82 Billion USD & Polylactic Acid Market worth 5.16 Billion USD by 2020. Disponível em: <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/polylacticacid.asp> Acesso em: 08 Jun. **2016**
42. Global Lactic Acid And Poly Lactic Acid. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-lactic-acid-and-poly-lactic-acid-market> Acesso em: 08 Jun. **2016**
43. Flueri, L. F.; Lima, G. P. P.; Em Biotecnologia de Alimentos; Pastore, G.M.; Bicas, J.L.; Marostica, M.R., eds., Atheneu, **2013**, cap. 12.
44. Lopes, B.M.; Silva, B. M.; Lessa, V. L.; Lacerda, L. G.; J. Food Nutr. Res. **2015**, 54, 185-194.
45. Mauger Filho, F.; Em Biotecnologia Industrial, v. III; Lima, U.A.; Aquarone, E.; Borzani, W.; Schimidell, W., eds., Edgard Blücher: São Paulo, **2001**, cap. 6.
46. Xanthan Gum Market By Application. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-xanthan-gum-market> Acesso em: 08 Jun. **2016**.
47. Wingender, J.; Neu, T. R.; Flemming, H.-C.; Em Microbial Extracellular Polymeric Substances; Wingender, J.; Neu, T. R.; Flemming, H.-C., eds., Springer, **1999**, cap. 1.
48. Xanthan Gum Market By Application And Segment Forecasts To 2020. Disponível em: <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/xanthan-gum-market> Acesso em: 08 Jun. **2016**.
49. Spector, R.; Johanson, C. E.; J. Neurochem. **2007**, 103, 425-438.
50. Wildman, R. E. C.; Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods. CRC Press: Boca Raton, **2007**.
51. The Global Vitamins Market – Trends, Drivers & Projects. Disponível em: http://www.strategy.com/MarketResearch/Vitamins_Market_Trends.asp Acesso em: 08 Jun. **2016**.
52. Shimizu, S. Em Biotechnology Second; Rehm, H.-J., Reed, G., Puhler, A., Stadler, P., eds, Wiley-VCH: Weinheim, **2001**, cap. 11, p. 320-340.
53. Carvalho, J.C.; Ramírez, E.N.M.; Finco, A.M.O.; Mamani, L.D.G.; Magalhães, A.I.; Letti, L.A.J.; Soccol, C.R.; Vitamins and Nutraceuticals. Em Biotechnological production of natural ingredients for food industry; Bicas, J.L.; Maróstica Jr., M.R.; Pastore, G.M., eds., Bentham Science, **2016**, cap. 5.
54. Berstenhorst, S.M.; Hohmann, H.-P.; Stahmann, K.-P.; Em Encyclopedia of Microbiology; Schaechter, M., eds., Elsevier, **2009**, p. 549-561.
55. Bicas, J. L.; Oliveira Júnior, E. N.; Xavier, B. M.; Em Biotecnologia de Alimentos; Pastore, G.M.; Bicas, J.L.; Marostica, M.R., eds., Atheneu, **2013**, cap. 13.
56. Arauz, L. J.; Jozala, A. F.; Mazzola, P. G.; Penna, T. C. V.; Trends Food Sci. Technol. **2009**, 20, 146-154.
57. Jalilzadeh, A.; Tunçtürk, Y.; Hesari, J.; Int. J. Dairy Sci. **2015**, 10, 44-60.
58. Kabak, B.; Var, I.; Dobson, A.; Crit. Rev. Food Sci. Nutr. **2006**, 46, 593-619.
59. Zhu, Y.; Hassan, Y. I.; Watts, C.; Zhou, T.; Anim. Feed Sci. Technol. **2016**, 216, 19-29.
60. Dufossé, L.; Galaup, P.; Yaron, A.; Arad, S.M.; Blanc, P.; Murthy, K.N.C.; Ravishankar, K.; Trends Food Sci. Technol. **2005**, 16, 389-406.
61. Dufossé, L.; Food Technol. Biotechnol. **2006**, 44, 313-321.
62. Chattopadhyay, P.; Chatterjee, S.; Sen S.K.; Afr. J. Biotechnol. **2006**, 7, 2972-2985.
63. Hejazi, M. A.; de Lamarliere, C.; Rocha, J. M. S.; Vermuë, M.; Tramper, J.; Wijffels, R. H.; Biotechnol. Bioeng. **2002**, 79, 29-36.
64. Long, II, T.V.; US Patent N° 6783951. **2004**.
65. Ötles, S. and Çagindi, Ö.; Em Food colorants: Chemical and functional properties. 2008, CRC Press: Boca Raton. p. 51-70.

66. Global Carotenoids Market. Disponível em: [http://www.bccresearch.com/pressroom/fod/global-carotenoids-market-reach-\\$1.4-billion-2018](http://www.bccresearch.com/pressroom/fod/global-carotenoids-market-reach-$1.4-billion-2018) Acesso em: 08 Jun. **2016**.
67. Novakova, R.; Odnogova, Z.; Kutas, P.; Feckova, L.; Kormanec, J.; Wijffels, R. H.; *Folia Microbiology*. **2010**, 55, 119-125.
68. Bicas, J. L.; Silva, W. S.; Número do registro de patente: BR1020130270369. **2013**.
69. Spolaore, P.; Joannis-Cassan, C.; Duran, E.; Isambert, A.; *Journal of J. Biosci. Bioeng.* **2006**, 101, 87-96.
70. Molina, G.; Bicas, J. L.; Maróstica Júnior, M. R.; Pastore, G. M.; Em *Biotecnologia de Alimentos*; Pastore, G.M.; Bicas, J.L.; Maróstica Júnior, M.R., eds., Atheneu, **2013**, cap. 11.
71. Siegmund., B.; Em *Flavour Development, Analysis and Perception in Food and Beverages*; Parker, J. K.; Elmore, J. S.; Methven, L., eds., Atheneu, **2013**, cap. 7, p. 127-149.
72. Europabio, 2003. Disponível em: http://www.europabio.org/sites/default/files/facts/white_biotechnology_-_gateway_to_a_more_sustainable_future.pdf Acesso em: 08 Jun. **2016**
73. UBIC Consulting - The World Biotech Flavours Market 2014. Disponível em: <http://ubic-consulting.com/wp-content/uploads/2015/08/Biotech-Flavor.pdf> Acesso em: 08 Jun. **2016**.
74. Gallage, N.J., Møller, B.L.; *Mol. Plant*. **2015**, 8, 40–57.
75. Schrader, J., Etschmann, M.M.W., Sell, D., Hilmer, J.M., Rabenhorst, J.; *Biotechnol. Lett.* **2004**, 26, 463-472.
76. Xu, P.; Hua, D.; Ma, C.; *Trends Biotechnol.* **2007**, 25, 571–576.
77. Vanillin Market: Global Industry Analysis. Disponível em: <http://www.futuremarketinsights.com/reports/vanillin-market> Acesso em: 08 Jun. **2016**.
78. World Markets for Fermentation Ingredients - Reportlinker Review. Disponível em: <http://www.prnewswire.com/news-releases/world-markets-for-fermentation-ingredients---reportlinker-review-300160023.html> Acesso em: 08 Jun. **2016**.

Lorena O. Felipe & Juliano L. Bicas*

Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Rua Monteiro Lobato, 80, Campinas – São Paulo, Brasil.

* E-mail: jllicas@gmail.com

Efeito da Extrusão nas Propriedades Bioquímicas e Tecnológicas da Farinha Bandinha de Feijão

Christiane A. Starling, Fernanda G. de Souza & Adriana A. de Carvalho

A bandinha de feijão é um subproduto da indústria de processamento de feijão. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos das condições de extrusão no que se refere a fatores bioquímicos e propriedades tecnológicas de bandinha de feijão. As bandinhas foram trituradas e a farinha obtida foi extrusada. Tanto a farinha crua e extrusada foram testadas quanto: ao conteúdo de inibidores de tripsina, inibidores de α -amilase, atividade hemaglutinante, às propriedades de solubilidade e absorção de água, à atividade emulsificante e estabilidade da emulsão. Os resultados evidenciaram que a extrusão eliminou os fatores antinutricionais e melhorou as propriedades tecnológicas.

Palavras-chave: *bandinha de feijão; fatores antinutricionais; propriedades tecnológicas.*

The little band bean is a byproduct of industrial processing beans. The objective of this study was to evaluate the effect of extrusion conditions with regard to biochemical factors and technological properties of bean little band. The little band was crushed and the flour obtained was extruded. Both raw and extruded flour were tested: the content of trypsin inhibitors, α -amylase inhibitors, hemagglutinating activity, the solubility properties and water absorption, the emulsifying activity and emulsion stability. The results showed that the extrusion eliminated antinutritional factors and improved technological properties.

Keywords: *bean little band; antinutritional factors; technological properties.*

Introdução

Na sociedade atual, os benefícios nutricionais dos alimentos estão em alta. Os consumidores exigem, além de sabor agradável e praticidade, alto valor nutritivo, baixos teores calóricos, fibras e outros benefícios à saúde em alimentos industrializados. Estes fatores fazem com que as indústrias ofereçam produtos mais nutritivos. Atentos a essa realidade, a empresa IBIÁ, por meio do Edital SENAI SESI de Inovação, desenvolveu, com o apoio técnico científico do SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) e SESI (Serviço Social da Indústria) ambas instituições do Sistema FIEG (Federação das Indústrias do Estado de Goiás), um projeto de inovação tecnológica e social para lançar no mercado um produto inovador: a farinha extrusada de bandinha de feijão.

A bandinha de feijão (grão de partido ao meio) é um subproduto da indústria de beneficiamento do feijão. Apesar de ser um grão fracionado seus aspectos nutricionais são mantidos. Entretanto, o seu baixo valor comercial inviabiliza a sua comercialização direta. Dessa forma, o aproveitamento industrial desses subprodutos como matéria-prima na obtenção de produtos alimentícios torna-se uma alternativa viável, uma vez que apresentam qualidade nutricional semelhante à dos grãos inteiros.

O feijão é uma leguminosa amplamente cultivada no Brasil e consequentemente um dos maiores consumidores¹. Por ser um alimento de significativo valor nutricional² assume enorme importância na alimentação humana e, além disso, tem aceitação nos mais diferentes hábitos alimentares³. Entretanto ele apresenta fatores antinutricionais que, para eliminá-los torna-se necessário o emprego de tratamento térmico antes de seu consumo⁴.

Um dos tratamentos que tem sido empregado para o processamento do feijão é a extrusão termoplástica⁵.

Este tratamento pode ser definido como o processo contínuo no qual o cisalhamento mecânico é combinado com calor para promover a gelatinização do amido e desnaturação das proteínas, resultando em sua plasticidade e reestruturação para obtenção de produtos com novas características tecnológicas

e novos formatos⁶. A gelatinização do amido resulta do aumento da absorção de água, permitindo também a proteólise mais extensiva e favorecendo a digestibilidade das proteínas⁴. Isso porque durante o processo de extrusão ocorrem muitas reações como destruição e modificação dos aminoácidos por oxidação o que retardar sua liberação durante o processo digestivo. A extrusão também pode inativar enzimas e eliminar fatores antinutricionais do feijão⁷.

Diante deste contexto, este projeto teve como objetivo avaliar os efeitos das condições de extrusão no que se refere a fatores antinutricionais e propriedades tecnológicas da farinha da bandinha de feijão e partir daí industrializá-la. comum da variedade carioca. Além disso, o projeto prevê a inclusão desta farinha extrusada como ingrediente principal para formulações alimentícias de preparo instantâneo e de cozimento rápido, a serem incorporadas ao cardápio da população, como alternativa de aumento no aporte proteico da dieta.

Materiais e Métodos

PROCESSAMENTO DA BANDINHA DE FEIJÃO

As bandinhas de feijão (*Phaseolus vulgaris*) foram triturados em moinho de facas tipo Willey modelo EDB-5, peneirados em tamis de 35 mesh (0,425 mm), e sua umidade foi ajustada conforme planejamento descrito nas Tabelas 1, 2 e 3 e armazenadas por 24 horas em refrigerador para estabilização dos valores de umidade. Depois as farinhas foram submetidas ao processo de extrusão em uma extrusora de parafuso simples (Inbramaq, PQ-30, Ribeirão Preto-SP, Brasil) com taxa de compressão 3:1, matriz com duas entradas, camisa helicoidal, subtrafilas de 4mm e trafileiras de 4mm. A rotação utilizada no equipamento foi de 150 rpm.

A extrusão foi realizada utilizando temperatura central de extrusão de 150 °C⁸. Os extrusados foram secos à temperatura ambiente, moídos em moinho de facas tipo Willey modelo EDB-5 peneirados em tamis de 0,425 mm, acondicionados em sacos de polietileno e refrigerados (4 °C).

Tabela 1. Conteúdo de inibidores enzimáticos encontrados na farinha de bandinha de feijão carioca crua e extrusada (Planejamento 1).

	Temperatura °C	Umidade (%*)	Inibidor de Tripsina	Inibidor de α -amilase	Atividade hemaglutinante
1	90	10	1,47 (63,88%)	0,23 (57,33%)	
2	90	16	2,29 (43,73%)	0,04 (92,32%)	
3	110	10	1,24 (69,53%)	0,20 (63,86%)	
4	110	16	2,14 (47,42%)	0,0 (100%)	
5	85,86	13	1,74 (57,25%)	0,10 (82,31%)	
6	114,14	13	1,23 (69,78%)	0,12 (78,85%)	
7	100	8,76	0,09 (97,79%)	0,0 (100%)	
8	100	17,24	1,18 (71,01%)	0,07 (86,89%)	
9	100	13	1,28 (68,55%)	0,13 (75,65%)	
10	100	13	1,1 (72,97%)	0,15 (72,04%)	
Farinha crua			4,07	0,55	

Os dados apresentados correspondem a média de três determinações. Os valores entre parênteses correspondem à redução ocasionada no conteúdo de inibidores em cada um dos tratamentos. (*) Dada em base seca.

Tabela 2. Conteúdo de inibidores enzimáticos encontrados na farinha extrusada após fervura por 5 minutos (Planejamento 1).

	Temperatura °C	Umidade (%*)	Inibidor de Tripsina	Inibidor de α -amilase
1	90	10	1,41 (65,09%)	0,20 (61,54%)
2	90	16	2,21 (45,29%)	0,0 (100%)
3	110	10	1,22 (69,80%)	0,12 (76,92%)
4	110	16	2,11 (47,77%)	0,0 (100%)
5	85,86	13	1,72 (57,43%)	0,0 (100%)
6	114,14	13	1,21 (70,04%)	0,03 (94,23%)
7	100	8,76	0,05 (98,76%)	0,0 (100%)
8	100	17,24	1,12 (72,28%)	0,25 (51,92%)
9	100	13	1,20 (70,29%)	0,08 (84,61%)
10	100	13	1,11 (72,52%)	0,21 (59,61%)
Farinha crua		4,04	0,52	

Os dados apresentados correspondem a média de três determinações. Os valores entre parênteses correspondem à redução ocasionada no conteúdo de inibidores em cada um dos tratamentos.

Tabela 3. Conteúdo de inibidores enzimáticos encontrados na farinha de bandinha de feijão carioca crua e extrusada (Planejamento 2).

	Temperatura °C	Umidade (%*)	Inibidor de Tripsina	Inibidor de α -amilase
1	110	19	0,0 (100%)	0,0 (100%)
2	120	19	0,0 (100%)	0,0 (100%)
3	120	16	0,0 (100%)	0,0 (100%)
4	110	13	0,15 (94,79%)	0,0 (100%)
Farinha crua		2,88	3,43	

Os dados apresentados correspondem a média de três determinações. Os valores entre parênteses correspondem à redução ocasionada no conteúdo de inibidores em cada um dos tratamentos

FATORES ANTINUTRICIONAIS

As farinhas foram utilizadas para a avaliação da presença de inibidores enzimáticos: tripsina e α -amilase.

Inibidores de tripsina

O ensaio de inibição foi realizado de acordo com metodologia descrita por Kunitz⁹ e modificada por Arnon¹⁰. A leitura da absorbância do sobrenadante foi realizada em comprimento de onda de 280 nm utilizando cubeta de quartzo. Para isso, extratos a 1% (p/v) das farinhas foram preparados em tampão fosfato de sódio 0,1 mol L⁻¹ pH 7,6, sob agitação a 4°C por 30 min, seguido de centrifugação por 10 min a 4000 g. Para expressão dos resultados foi definido que uma unidade de enzima (UE) é a quantidade suficiente para provocar alteração de 0,1 na absorbância a 280 nm. A unidade de inibição foi determinada pela diferença entre a atividade observada sem a presença de inibidores e aquela observada após a adição de extrato contendo inibidores.

Inibidores de α -amilase

O ensaio de inibição foi realizado de acordo com metodologia descrita por Deshpande et al¹¹. Para isso, extratos a 1% (p/v) das farinhas foram preparados em tampão acetato de sódio 0,1 mol L⁻¹ pH 5,0, sob agitação a 4 °C por 30 min, centrifugados a 4000 g por 10 min e o sobrenadante utilizado nos experimentos. Após as reação do extrato com α -amilase (Novozymes), foram adicionados 100 μ L de solução de amido (Sigma Aldrich) 0,5% (p/v) em tampão acetato de sódio 0,1 mol L⁻¹ pH 5,0 e a solução foi incubada por 15 min a 40 °C. Após a reação, o teor de açúcar redutor foi determinado segundo metodologia de Miller¹². O teor de açúcar redutor foi determinado a partir de uma curva padrão de glicose. Determinou-se a atividade inibitória pela diferença entre a atividade da enzima sem a presença de inibidores em que uma unidade de enzima foi determinada como a quantidade (em micromols) de açúcar redutor produzido por mililitro de amostra em um minuto de reação.

Atividade hemaglutinante

A atividade hemaglutinante foi determinada de acordo com o método descrito por Moreira e Perrone¹³, usando suspensão de hemácias de coelho a 2% (v/v) em solução salina 0,15 mol L hemaglutinação foi definida como sendo o inverso da maior diluição de uma dada solução que ainda é capaz de aglutinar uma suspensão de hemácias a 2% (v/v).

Determinação da digestibilidade in vitro de amido proteica.

A digestibilidade *in vitro* do amido foi determinada utilizando metodologia modificada de Batista et al.⁸. Para isso 200 mg de farinha foram suspensos em 5 mL de solução de α -amilase (Novozymes) 1% em tampão acetato 0,1 mol L⁻¹ pH 5,5. O sistema foi incubado a 55 °C por 15 min. Os tubos foram, então, resfriados à temperatura ambiente e o pH ajustado para 5,0, utilizando-se solução de HCl 1 mol L⁻¹. Em seguida, foram adicionados 50 μ L de amiloglicosidade (Novozymes) e o sistema foi incubado a 50 °C por 2 h. A quantidade de glicose liberada foi determinada utilizando kit comercial de determinação de glicose por glucose-oxidase (Gold Analisa Diagnóstica) e a porcentagem de amido digerível foi calculada utilizando-se a Equação (1):

$$\text{Digestibilidade de amido (\%)} = \frac{(\text{Conteúdo de glicose liberada}) \times 0,9}{\text{Conteúdo de amido total}} \times 100$$

Equação (1)

Por fim, o conteúdo de amido resistente foi calculado pela diferença entre o amido total e o amido digerível.

A digestibilidade proteica *in vitro* foi determinada usando a técnica multienzimática descrita por Hsu et al.¹⁴. Um grama de amostra foi disperso em 20 mL de tampão fosfato de sódio 0,1 mol L⁻¹ pH 8,0 e incubado a 37 °C por 10 min. Em seguida, adicionou-se 0,5 mL de solução de tripsina (8 mg mL⁻¹) e 0,5 mL de solução de pancreatina (20 mg mL⁻¹), ambas preparadas em tampão fosfato 0,1 mol L⁻¹ pH 8,0. O pH do sistema foi ajustado para 8,0 e volume completado para 25 mL. A mistura foi então incubada a 37 °C por 10 min, sob agitação. Após a hidrólise, as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente e o pH foi medido com auxílio de um pHmetro. A redução observada no pH corresponde à presença de grupos carboxílicos de aminoácidos liberados pela hidrólise enzimática e a digestibilidade foi determinada utilizando-se a Equação (2):

$$\text{Digestibilidade protéica (\%)} = 425,68 - 47,64 (\text{pH})$$

Equação (2)

PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

Solubilidade e absorção de água

O teste de absorção de água foi realizado utilizando 100 mg de farinha, pesados em tubos de plástico com tampa com a adição de 5 mL de água destilada. Na sequência, os tubos foram agitados por 1 minuto e centrifugados a 4000 g por 20 minutos. Em seguida, o sobrenadante foi retirado para determinação da solubilidade em água e o tubo contendo o precipitado foi novamente pesado¹⁵. A absorção de água foi determinada pela diferença de peso da amostra antes e após a absorção de água e o índice de absorção de água (IAA) foi calculado de acordo com a Equação (3):

$$\text{Absorção de água (g/g)} = \frac{\text{Peso do tubo após centrifugação (g)} - \text{Peso do tubo vazio (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

Equação (3)

O sobrenadante das amostras foi transferido para placas de Petri e colocadas em estufa a 105 °C para secagem até peso constante. Em seguida, estas foram transferidas para dessecadores para atingirem temperatura ambiente e por fim foram pesadas em balança analítica. A solubilidade em água (SA) foi determinada pela diferença de peso do resíduo seco do sobrenadante (resíduo de evaporação) e o peso inicial da amostra, de acordo com a fórmula:

Atividade emulsificante e estabilidade da emulsão

Em tubos de plástico com tampa, foram adicionados 500 mg de amostra, 5 mL de óleo de soja e 5 mL de água destilada. Depois foram agitados por 2 min. Após a emulsificação, os tubos foram centrifugados a 3000 g por 5 min¹⁶. O cálculo da atividade emulsificante foi realizado de acordo com a Equação (4):

$$\text{Solubilidade em água (\%)} = \frac{\text{Resíduo de evaporação (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}} \times 100$$

Equação (4)

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Composição centesimal e valor calórico da farinha extrusada da bandinha de feijão

A umidade foi determinada por aquecimento direto em estufa a 105°C por 24 horas. As cinzas foram determinadas por meio da calcinação das amostras em mufla a temperatura de 550°C até o peso constante (aproximadamente 5 horas). O teor de nitrogênio total foi quantificado e o teor de proteína bruta foi obtido pelo uso do fator 5,75 para conversão de nitrogênio em proteína¹⁷. A determinação de lipídios foi realizada de acordo com a IAL¹⁸. A determinação dos teores de fibra alimentar insolúvel, solúvel e a total foi realizada pelo método conforme descrito pela AOAC17 (2005) e por Prosky et al.¹⁹. A determinação de carboidratos foi realizada por diferença, por meio da seguinte fórmula: 100 - (g/100g umidade + g/100g cinzas + g/100g lipídios totais + g/100g proteína + g/100g de fibra alimentar total).

O valor calórico da amostra foi calculado pela soma das porcentagens de proteína e carboidratos multiplicados pelo fator 4 (kcal/g) somado ao teor de lipídios totais multiplicado pelo fator 9 (kcal/g)^{20, 21, 22}.

Composição de ácidos graxos, vitaminas e minerais da farinha extrusada da bandinha de feijão.

Uma amostra da farinha extrusada da bandinha de feijão foi encaminhada ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) em Campinas-SP para determinação de ácidos graxos^{23, 24, 25, 26, 27}, vitaminas^{28, 29, 30, 31, 32, 33, 34} e minerais^{35, 36}.

Atividade de água da farinha extrusada da bandinha de feijão

Uma amostra de farinha extrusada foi inserida no compartimento do analisador de atividade de água AquaLab modelo 4TE. O resultado foi obtido por leitura direta.

Viscosidade da farinha extrusada da bandinha de feijão

A análise de viscosidade foi conduzida em viscosímetro Brookfield modelo LVDV-II. Uma solução 10% (p/v) de farinha de bandinha de feijão extrusada foi aquecida por 15 minutos a 90°C. Após o aquecimento, a solução foi resfriada à temperatura ambiente e a viscosidade determinada.

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Para avaliação da qualidade microbiológica, a farinha extrusada da bandinha de feijão foi analisada segundo a RDC 12/2001^{37, 38, 39, 40, 41, 42}.

Resultados e Discussão

FATORES ANTINUTRICIONAIS

Como pode ser observado na Tabela 1, o delineamento utilizado para a extrusão das farinhas não foi eficaz em eliminar os inibidores de tripsina. As condições de extrusão empregadas não foram suficientemente drásticas para desnaturar os inibidores e eliminar sua atividade antinutricional. Tais resultados podem ser explicados em função da alta estabilidade térmica dos inibidores de tripsina. Neste caso, a combinação de calor, pressão e umidade no processo de extrusão reduziu significativamente o conteúdo de inibidores, mas, não foi capaz de zerar sua atividade. Com relação aos inibidores de α -amilase, a eliminação completa da atividade foi observada nos tratamentos 4 e 7 (Tabela 1). Nestes casos, a umidade foi o fator que mais interferiu na redução dos inibidores. Os testes de lectina na farinha de bandinha de feijão foram positivos, enquanto que na farinha extrusada, a atividade hemaglutinante foi completamente eliminada (Tabela 1). O binômio temperatura/umidade utilizado no processo de extrusão levou à eliminação da atividade hemaglutinante por desnaturação.

Sabendo-se que a qualidade dos feijões é limitada pela presença de fatores antinutricionais, a completa inativação e/ou remoção destes compostos através do processo de extrusão é uma alternativa para melhorar a qualidade nutricional deste grão, principalmente, no que se refere à biodisponibilidade de proteínas e carboidratos.

Como os resultados obtidos no planejamento não foram satisfatórios, quanto à eliminação dos inibidores enzimáticos, as farinhas foram submetidas a testes de maceração em água fervente por 5 minutos, uma vez que sua possível aplicação está relacionada com a introdução destas farinhas em preparações quentes. Desse modo, caso os inibidores sejam eliminados após a fervura, o residual de inibidores presente nas farinhas extrusadas não afetaria a qualidade nutricional do produto final. Os resultados do conteúdo de antinutricionais remanescentes nas farinhas extrusadas, após fervura por 5 minutos, estão apresentados na Tabela 2. A fervura reduziu consideravelmente o conteúdo de inibidores de α -amilase, entretanto, teve pouca interferência no conteúdo de inibidores de tripsina.

Com base nestes resultados, foram propostas novas condições de extrusão (Tabela 3) no intuito de promover completa eliminação dos inibidores de tripsina e α -amilase das amostras. Os resultados demonstraram que a temperatura e umidade utilizadas no processo de extrusão foram eficientes em eliminar a atividade inibitória presente na farinha extrusada em praticamente todos os tratamentos. Tal efeito pode ser explicado em função da desnaturação das moléculas de inibidores que, perdem sua estrutura tridimensional e, conseqüentemente, sua atividade antinutricional. O tratamento 4, por apresentar inibidores de tripsina remanescentes, após tratamento de extrusão, não foi utilizado para a realização dos testes de caracterização tecnológica e funcional.

A eliminação dos inibidores enzimáticos aumenta a qualidade nutricional das farinhas produzidas, aumentando a digestibilidade de proteínas e amido (Tabela 4). Além da eliminação dos inibidores, o efeito do calor e umidade ocasionou a abertura do grânulo de amido e a desnaturação proteica, o que contribui para o aumento da disponibilidade de sítios para o ataque enzimático, contribuindo para uma maior digestibilidade.

Tabela 4. Digestibilidade *in vitro* de amido e proteínas na farinha de bandinha de feijão carioca crua e extrusada.

	Temperatura °C	Umidade (%*)	Digestibilidade de amido (%)	Digestibilidade de proteínas (%)
1	110	19	88,28 (54,09%)	91,93 (75,14%)
2	120	19	76,87 (62,11%)	94,28 (73,27%)
3	120	16	78,61 (60,74%)	91,11 (75,82%)
Farinha crua		47,75	69,08	

Os dados apresentados correspondem à média de três determinações. Os valores entre parênteses correspondem ao aumento ocasionado na digestibilidade das amostras, em relação à farinha crua.

3.2 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

Os valores de absorção e solubilidade em água das farinhas extrusadas (Tabela 5) foram maiores do que da farinha crua. O aumento da absorção de água está relacionado com capacidade de hidratação e porosidade interna da amostra, disponibilidade de grupos hidrofílicos aptos a se ligar às moléculas de água e capacidade de formação de gel das moléculas de amido. As modificações ocasionadas em função da temperatura, pressão e umidade utilizadas no processo de extrusão proporcionaram um aumento da afinidade da farinha extrusada pela água. O aumento da solubilidade verificado está associado às alterações nas propriedades físico-químicas das proteínas, sua capacidade de interação com água e demais constituintes da farinha. Além disso, está associada às alterações na dispersão das moléculas de amilose e amilopectina, como consequência da gelatinização ou formação de compostos de baixo peso molecular.

Ainda na Tabela 5, estão apresentados os resultados referentes à atividade emulsificante da farinha extrusada da bandinha de feijão. Os tratamentos 1 e 2 apresentaram atividade emulsificante inferior aos apresentados pela farinha crua (46,43%), enquanto que o tratamento 3 apresentou valor superior à crua. A redução da atividade emulsificante pode ser associada à alta umidade das amostras, o que torna o processo de extrusão mais severo. Neste caso, a temperatura, umidade e pressão durante o processo de extrusão alterou a quantidade de grupos hidrofílicos e hidrofóbicos disponíveis, alterando a capacidade desses constituintes de promoverem a redução da tensão superficial na interface óleo/água. Em relação à estabilidade, evidenciou-se uma acentuada diminuição na estabilidade da emulsão das farinhas extrusadas. Os resultados demonstram que o aumento da umidade e temperatura teve um efeito negativo na estabilidade da emulsão, como pode ser visto no tratamento 2. As farinhas extrusadas não apresentaram atividade espumante, provavelmente em função da desnaturação e agregação proteica ocasionada

durante o processo de extrusão. Em relação à formação de gel, as farinhas extrusadas foram capazes de gelificar a partir de concentrações de 8% (p/v). Quando comparadas com a farinha crua, apresentaram uma melhora nesta propriedade uma vez que a farinha crua gelifica a partir de suspensões com concentração de 14% (p/v).

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

A composição centesimal, composição em ácidos graxos, teor de vitaminas e minerais da farinha extrusada da bandinha de feijão pode ser visualizada nas Tabelas 6, 7 e 8. Conforme a recomendação diária de ingestão de nutrientes, estabelecida pela ANVISA uma porção de 100 g de farinha de bandinha de feijão é capaz de suprir 36% das necessidades de proteína, 50% de ferro e 10 % de cálcio, ou seja, a inclusão dela em preparações alimentícias é viável do ponto de vista nutricional.

A amostra analisada apresentou atividade de água de 0,534 ($\pm 0,003$). Sabendo-se que os valores mínimos de aw, necessários para desenvolvimento de micro-organismos, variam entre 0,65 e 0,8543, foi possível concluir que a farinha em questão apresenta atividade de água satisfatória do ponto de vista de contaminação microbiológica pois a baixa disponibilidade de água livre impedirá o crescimento de micro-organismos patógenos.

A viscosidade observada foi de 1860 cP ($\pm 84,85$). O aumento da viscosidade pela adição da farinha extrusada da bandinha de feijão indica que esta pode ser eficientemente utilizada como espessante em preparações que utilizem aquecimento prévio. Este aumento da viscosidade pode ser explicado em função da pré-gelatinização dos grânulos de amido ocasionada pela extrusão. Com a abertura dos grânulos de amido, a capacidade de entumescimento e a viscosidade da solução são aumentadas quando o material é submetido a tratamento térmico.

Tabela 5. Propriedades tecnológicas da farinha de bandinha de feijão carioca extrusada.

	Temperatura °C	Umidade (%*)	Inibidor de Tripsina	Inibidor de α -amilase
1	110	19	88,28 (54,09%)	91,93 (75,14%)
2	120	19	76,87 (62,11%)	94,28 (73,27%)
3	120	16	78,61 (60,74%)	91,11 (75,82%)
Farinha crua		47,75	69,08	

Os dados apresentados correspondem à média de três determinações. Os valores entre parênteses correspondem ao aumento ocasionado na digestibilidade das amostras em relação à farinha crua.

Tabela 6. Composição centesimal da farinha extrusada de bandinha de feijão.

Determinação	Resultado
Umidade e voláteis (g/100g)	10,10 (0,04) a
Cinzas (g/100g)	3,96 (0,03) a
Lípidios totais (g/100g)	2,25 (0,04) a
Proteína* (g/100g)	18,34 (0,03) a
Carboidratos (g/100g)	44,69 b
Calorias (kcal/100g)	272 c
Fibra alimentar total (g/100g)	20,66 (0,35) a
Fibra alimentar solúvel (g/100g)	4,77 (0,01) a
Fibra alimentar insolúvel (g/100g)	15,88 (0,35) a

(*) Fator de conversão de nitrogênio para proteína = 5,75 a - Média e estimativa do desvio padrão. b - Calculado por diferença: 100 - (g/100g umidade + g/100g cinzas + g/100g lípidios totais + g/100g proteína + g/100g de fibra alimentar total). c - O valor calórico da amostra foi calculado pela soma das porcentagens de proteína e carboidratos multiplicados pelo fator 4 (kcal/g) somado ao teor de lípidios totais multiplicado pelo fator 9 (kcal/g).

Tabela 8. Conteúdo de vitaminas e minerais da farinha extrusada de bandinha de feijão.

Determinação	Resultado
Ácido ascórbico (mg/100g)	ND < 1,00 a
Vitamina B1 - Tiamina (mg/100g)	ND < 0,02 a
Vitamina B2 - Riboflavina (mg/100g)	ND < 0,02 a
Vitamina B6 - Piroxidina (mg/100g)	ND < 0,02 a
Beta caroteno (ug/100g)	ND < 5,00 a
Vitamina A (UI/100g)	ND < 3 a
Cálcio (mg/100g)	101 (4) b
Ferro (mg/100g)	7,4 (0,3) b
Fósforo (mg/100g)	414 (3) b
Potássio (mg/100g)	1676 (19) b
Sódio (mg/100g)	1,6 (0,1) b

UI = Unidade Internacional; a - ND = Não detectado; b - Média e estimativa de desvio padrão

Tabela 7. Composição de ácidos graxos da farinha extrusada da bandinha de feijão.

Ácidos Graxos (g/100g)			
Saturados			1,12
Monoinsaturados			0,42
Poliinsaturados			0,62
Ômega 3			0,17
Ômega 6			0,45
Trans-isômeros totais			<0,01
Composição em ácidos graxos		% de Área*	(g/100g)
C16:0	palmitico	40,26	0,87
C18:0	esteárico	6,87	0,15
C18:1 ômega 9	oléico	19,39	0,42
C18:2 ômega 6	linoléico	20,92	0,45
C20:0	araquídico	0,93	0,02
C18:3 ômega 3	alfa linolênico	8,07	0,17
C22:0	behênico	0,88	0,02
C24:0	lignocérico	2,68	0,06

*Área x % lípidios/100 x F de conversão (F = 0,0956). Limite de detecção do método = 0,01 g/100g

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Os resultados (Tabela 9) evidenciaram que não houve desenvolvimento de micro-organismos o que atesta a qualidade sanitária da farinha extrusada da bandinha de feijão.

Tabela 9. Avaliação microbiológica da farinha extrusada da bandinha de feijão.

Determinação	Método	Resultado
Salmonella (em 25 g)	1.1 e 1.2	Ausente
Coliformes termotolerantes (NMP/g)	1.3	< 3
Estafilococos coagulase positiva (UFC/g)	1.4	< 102
Bacillus cereus (UFC/g)	1.5	< 102

NMP = Número mais provável. UFC = Unidades Formadoras de colônias.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que a produção de farinha de bandinha de feijão é viável do ponto de vista econômico e técnico. Foram realizadas 74 preparações alimentícias (Figura 1) utilizando a farinha de bandinha de feijão e todas elas tiveram boa aceitação do consumidor alvo do projeto. Diante disso, a IBIA estruturou a sua comercialização (Figura 2) o que ocasionou ampliação do seu portfólio de produtos, o aumento das receitas e geração de maior valor agregado para os resíduos gerados no processo de beneficiamento dos grãos de feijão. Os resultados favoráveis da execução deste projeto de inovação permitiram ressaltar a importância do Edital SENAI SESI de Inovação para transferência de tecnologia e aumento da competitividade da Indústria Brasileira.



Figura 1. Preparações alimentícias elaboradas com a farinha de bandinha de feijão. Material de divulgação do projeto Edital SENAI SESI de Inovação



Figura 2. Apresentação comercial da farinha de bandinha de feijão.

Agradecimento

Os autores agradecem ao SENAI Departamento Nacional e ao CNPq pelo apoio financeiro.

Referências

- Vieira, C.; Paula Júnior, T. J. P.; Borém, A. Feijão. 2 ed. Atual. Viçosa: Ed. UFV, **2006**.
- Fuente, M.D.L.; Borrajo, A.; Bermúdez, J.; Lores, M.; Alonso, J.; López, M.; Santalla, M.; Ron, A.M.D.; Zapata, C.; Alvarez, G. 2-DE-based proteomic analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. *Journal of Proteomics*, **74**, p. 262-267, **2011**.
- Canniatti Brazaca, S. G.; Rocha, L. C.; Silva, A. G.; Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Alimentos e Nutrição, Araraquara*, v. 20, n.4, p.591-598, out/dez. **2009**.
- Cardoso Filho, N.; Ciacco, C. F.; Sgarbieri, V. C. Efeito de algumas variáveis do processo de extrusão nas características tecnológicas da farinha do feijão comum. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v. 16, n. 2, p. 158-164, **1996**.
- Da Silva, E. M.; Ascheri, J. L. R.; Ascheri, D. P.; Teba, C. Da S. Efeito da extrusão termoplástica nas características de viscosidade de pasta, solubilidade e absorção de água de farinhas pré-gelatinizadas de milho e feijão carioca (Brs pontal). *B. Ceppa, Curitiba*, v. 31, n. 1, jan./jun. **2013**.
- El-Dash, A.A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: *Cereals a renewable resource: theory and practice*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, p.165-216, **1981**.
- Gualberto, D. G. Avaliação nutricional e sensorial de misturas de feijão e soja processados por extrusão. **1981**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Batista, K.A.; Prudêncio, S.H.; Fernandes, K.F. Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard-to-cook common beans *Journal of Food Science*, **75**, p. 286-290, **2010**.
- Kunitz, M. Crystalline soybean trypsin inhibitor. II General Properties. *The Journal of General Physiology*, **30**, p. 291-310, **1947**.
- Arnon, R., Papain, in *Methods in Enzymology*, G. Perlmann; D.L. Lorán, Editors. **1970**, Academic Press: New York. p. 226-244.
- Deshpande, S.S.; Sathe, S.K.; Salunkhe, D.K.; Comforth, D.P. Effects of dehulling on phytic acid, polyphenols, and enzyme inhibitors of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, **47**, p. 1846-1850, **1982**.
- Miller, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, **31**, p. 426-428, **1959**.
- Moreira, R.A.; Perrone, J.C. Purification and partial characterization of a lectin from *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiology*, v. 59, p. 783-787, **1977**.
- Hsu, H.W.; Vavak, D.L.; Satterlee, L.D.; Miller, G.A. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of Food Science*, **42**, p. 1269-1273, **1977**.
- Okezie, B.O.; Bello, A.B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *Journal of Food Science*, **53**, p. 450-454, **1988**.
- Yasumatsu, K.; Sawada, S.; Moritaka, S.; Misaki, M.; Toda, J.; Wada, T.; Ishii, K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural and Biochemical Chemistry*, **36**, p. 719-727, **1972**.
- Horwitz, W. (Ed.) *Official methods of analysis of AOAC International*. 18th ed., Gaithersburg, Maryland, 2005. Current through Revision 1, **2006**. Cap. 45, met.985.29, p.97-98.
- Zenebon, Odair; Pascuet, Neus Sadocco (Coord.). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4 ed. Brasília: Ministério da Saúde/ANVISA; São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, **2005**. cap. 4, met. 034B, p. 119.
- Prosky, L.; Asp, N-G; Furda, I.; Devries, J.W.; Schweizer, T.F. & Harland, B.F. Determination of total dietary fiber in foods, food products and total diets: Interlaboratorial Study. *Journal of The Association Official Analytical Chemists, Arlington*, v.67, n.6, p.1044-1052, **1984**.
- Kalil, A.. *Manual Básico de Nutrição*. São Paulo: Instituto de Saúde, **1975**.
- Passmore, R.; Nicol, B.M.; Rao, M.N. *Manual Sobre Necessidades Nutricionales Del Hombre*. Ginebre: O.M.S., **1975**. (Série de Monografia, 61).
- United States Department Of Agriculture. *Composition of Foods. Agriculture Handbook N°8*, WASHINGTON; USDA, **1963**.
- Firestone, D. (Ed.). *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society*. 6th ed. **2009**. Urbana: AOCS, 2009. Met. Ce 1f - 96, Ce 1-62.
- Horwitz, W. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 18th Ed. 2005. Current Through Revision 3, **2010** Gaithersburg, Maryland, AOAC, 2010. Chapter 41 Met. 996.06, p. 20.
- Hartman, L.; Lago, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Lab. Practice*, v. 22, n. 8, p. 475-476, **1973**.
- Food Standards Agency. *Mc Cance and Widdowson's The Composition of Foods, Sixth Summary Edition*. Cambridge: **2002**, Royal Society of Chemistry. 537 p.
- Carvalho, P.R.N.; Collins, C.A.; Rodriguez-Amaya, D.B. Comparison of provitamin A determination by normal-phase gravity-flow column chromatography and reversed phase high performance liquid chromatography. *Chromatographia*, Wiesbaden, v. 33, p. 133-37, **1992**.
- Horwitz, W. (Ed.). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005. Chapter 45, methods 961.15, p.67-69. Current Through Revision 3, **2010**.
- Gregory, J.F.; Kirk, J.R. Assessment of storage effects on vitamin B6 stability and bioavailability in dehydrated food systems.

- Journal of Food Science, Cicago, v. 43, p. 1801-09, **1978**.
30. Horwitz, W. (ED.). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005. Chaper 45, methods 942.23, p. 11-13. Current Through Revision 3, **2010**.
31. Van De Weerdhof, T.; Wiersun, M.L.; Reissenwebweber, H.. Application of liquid chromatography in food analysis. Journal Chromatography, Amsterdam, v. 83, p. 455-60, **1973**.
32. Horwitz, W. (Ed.). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005. Chapter 45, methods 970.65, p. 14-16. Current Through Revision 3, **2010**.
33. Van De Weerdhof, T.; Wiersun, M.L.; Reissenwebweber, H.. Application of liquid chromatography in food analysis. Journal Chromatography, Amsterdam, v. 83, p. 455-60, **1973**.
34. Arakawa, N.; Otsuka, M.; Kurata, T.; Inagki, C. Separative determination of ascorbic acid and erythorbic acid by high-performance liquid chromatography. Journal Nutritional Science Vitaminology, Japan, v. 27, p. 1-7, **1981**.
35. Horwitz, W. (Ed) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005. Current Through Revision 3, **2010**. cap. 50, met. 985.35 e 984.27, p.15-18.
36. Slavin, S.; Petersen, G.E.; Lindhal, P.C. Determination of heavy metals in meats by atomic absorption spectroscopy. Atomic Absorption Newsletter, Norwalk, v. 14, n. 3, p. 57-59, **1975**.
37. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada RDC-12, **2001**. Disponível em http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm.
38. ISO 6579. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of Salmonella spp., 4th ed. The International Organization for Standardization, 2002, Corrigendum 1:2004, Amendment 1:**2007**.
39. AOAC Official Method 2003.09 (Salmonella PCR Bax System). In: HORWITZ, W. (ed.), Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC International, **2005**. Chapter 17, p.194.
40. ISO 7251. Microbiology of food and animal stuffs - Horizontal method for the detection and enumeration of presumptive Escherichia coli - most probable number technique, 3rd ed. The International Organization for Standardization, **2005**.
41. ISO 6888-1. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (Staphylococcus aureus and other species) – Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium, 1st ed. The International Organization for Standardization, 1999, Amendment 1:**2003**.
42. Downes, F. P. & Ito, K. (eds.). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 4th ed. Washington: American Public Health Association, **2001**. 676 p.
43. Beauchat, L. R. Influence of aw on growth, methabolic, activities and survival of yeasts and molds. Journal of Food Protect, Ames, 46: 135-41, **1983**.

Christiane A. Starling*; Fernanda G.de Souza & Adriana A. de Carvalho

Instituto SENAI de Tecnologia em Alimentos e Bebidas. Escola SENAI Vila Canaã. Rua Professor Lázaro Costa 348, Vila Canaã, CEP 74.415-420, Goiânia, Goiás, Brasil.

*E-mail: Christiane.senai@sistemafieg.org.br

Metais Pesados e sua Presença em Leite Humano

Renata M. Gonçalves & José R. Gonçalves

A ocorrência de produtos químicos no leite materno é assunto importante para a prática pediátrica, de saúde pública e para a saúde ambiental da população. Os metais têm grande facilidade de se difundir rapidamente e atravessar a placenta, ou seja, a criança pode estar exposta antes e após o nascimento. Portanto, são pertinentes mais revisões literárias e pesquisas sobre os metais pesados e suas implicações para a saúde ao ingerir um leite contendo esses elementos.

Palavras-chave: *cádmio; chumbo; leite materno.*

The occurrence of chemicals in breast milk is important issue for pediatric practice , public health and environmental health. The metals have great easiness to spread rapidly and cross the placenta , or the child can be exposed before and after birth. So they are relevant literature reviews and research on heavy metals and their implications for health by eating one milk containing these elements.

Keywords: *cadmium; lead; breast milk.*

Introdução

A partir do início do século XX, devido a expansão industrial e utilização em larga escala de substâncias químicas na indústria e na agricultura, o homem começou a ser exposto a produtos tóxicos tanto no trabalho como no macroambiente, o que passou a exigir um estudo minucioso de xenobióticos (compostos de origem externa ao organismo) quanto aos efeitos biológicos e toxicológicos. Pesquisas foram feitas com a finalidade de desenvolver métodos práticos para a medida direta desses eventos biológicos ou de respostas que resultam da exposição humana aos contaminantes¹.

A medida direta é realizada por meio de “biomarcadores” ou “indicadores biológicos”, que refletem as alterações moleculares que ocorrem em um sistema ou amostra biológica de um organismo, podendo ser classificados em biomarcadores de exposição, efeito e suscetibilidade². Marcadores biológicos são moléculas que podem ser medidas experimentalmente e indicam a ocorrência de determinado processo em um organismo. Biomarcador de exposição é aquele utilizado na identificação de uma substância exógena ao organismo encontrado em tecidos e fluidos, o produto de interação entre o xenobiótico e componentes endógenos, expressando a dose interna, isto é, a quantidade do xenobiótico que realmente é absorvida pelo organismo^{2,3}.

Um biomarcador de exposição é detectável em quantidades traços, possível de ser monitorado por técnicas não invasivas, com baixo custo analítico; sendo indicadores altamente sensíveis da exposição individual a contaminantes, que possibilitam a medida da dose interna e integram todas as vias e fontes de exposição. O leite, por exemplo, é considerado um marcador biológico, que pode ser utilizado para detectar a exposição aos metais em mamíferos que o produzem⁴. Estudos têm sugerido o leite materno como fonte potencial de contaminação em crianças^{5,6}, daí a utilização desse indicador nesta revisão.

O leite humano é mais que um simples conjunto de nutrientes. Por sua complexidade biológica, é uma substância com atividade protetora, moduladora e de fácil digestão. É a melhor fonte de nutrição para o neonato, porque contém adequado equilíbrio entre gorduras, carboidratos e proteínas⁷.

Promotor de vários benefícios para o crescimento, imunidade e desenvolvimento dos bebês, o leite

materno possui alto teor em anticorpos, especialmente as proteínas globulares de alta digestibilidade e função imunizante, as lactoalbuminas. A amamentação permite a construção de forte relação emocional entre a mãe e a criança, proporcionando saúde e bem-estar, exemplo que repercute nas demais gerações⁸.

Se a mãe ingerir alimentos contendo nutrientes essenciais, o leite será enriquecido; porém, se o ambiente e a alimentação estiverem contaminados com substâncias tóxicas, deduz-se que o leite poderá absorver resíduos, que serão secretados pelas glândulas mamárias⁹. Portanto, podem ser eliminados contaminantes ligados às proteínas do sangue da mãe, por meio do colostro e do leite maduro, expondo a criança primariamente¹⁰.

Quando o sangue estiver contaminado, o leite poderá apresentar resíduos de cádmio e chumbo, metais que apresentam toxicidade cumulativa no corpo humano por longo período de tempo^{11,12,13}. A exposição ambiental a esses metais e sua introdução no organismo, até mesmo em baixos níveis, constitui grave problema de saúde pública, devido à ausência de concentração desses elementos que sejam inofensivas¹⁴.

Os resíduos podem ser denominados genericamente de “elementos traços” ou microelementos, referindo-se aos minerais que ocorrem em concentrações de partes por milhão (ppm) e exercem alguma influência na bioquímica e função celular do ser humano, animais ou vegetais¹⁵. O conhecimento do teor dos elementos, traços no leite materno, bem como as diferenças entre uma lactante e outra, não está completamente estabelecido. Segundo Ettinger et al.¹⁶, não basta simplesmente identificar a presença desses elementos, é necessário conhecer-lhes o teor, esclarecendo as variações da ingestão na dieta como exposição, devido aos poucos dados disponíveis.

A ocorrência de produtos químicos no leite materno é assunto importante para a prática pediátrica, de saúde pública e para a saúde ambiental da população⁷. Esses metais têm grande facilidade de se difundir rapidamente e atravessar a placenta¹⁷, ou seja, a criança pode estar exposta antes e após o nascimento.

Não só os elementos traços tóxicos devem ser conhecidos melhor, mas também microelementos essenciais ao bom funcionamento do organismo, indispensáveis à criança. Um mineral essencial como o ferro constitui um sistema extremamente complexo,

além disso, é importante na nutrição como componente de unidades estruturais, ativador de enzimas e agente solubilizante em água para produtos do metabolismo¹⁸.

A qualidade final do leite pode resultar dos hábitos de vida da mãe. O consumo alimentar da gestante é fator determinante na nutrição do recém-nascido, refletindo na composição do colostro. Nesse contexto, destaca-se a necessidade de ingestão adequada de nutrientes, até mesmo para reduzir a absorção de elementos contaminantes, que pode ser maior em indivíduos com deficiência de ferro^{19,20}.

Contudo, o ferro é importante para a saúde, e sua deficiência desencadeia problemas ao organismo, como a anemia ferropriva. A principal etiologia da anemia em lactentes de seis a 12 meses de idade na cidade de Goiânia confirma-se como ferropriva²¹. Percebe-se, então, a necessidade de mais estudos regionais sobre o conteúdo do ferro no leite humano, visto ser um nutriente essencial à formação fetal e desenvolvimento das crianças.

No Brasil, o interesse pelos valores de cádmio e chumbo em leite surgiu pela crescente contaminação ambiental causada por indústrias, em especial as fábricas de baterias e cerâmicas em regiões próximas a áreas urbanas. Há outras fontes de contaminação, como gasolina queimada, asfalto, recipientes de alimentos, inseticidas, produtos de beleza, plásticos de polietileno, fertilizantes fosfatados e suplementos minerais^{22,23,24}, influenciando o nível dos metais no leite mesmo em populações não expostas ocupacionalmente²⁵. Em Goiânia, não há pesquisas relacionando leite materno e os metais pesados.

Ressalta-se que há pouca literatura internacional e nacional atualizada abrangendo resíduos de metais pesados cádmio e chumbo encontrados no organismo, e principalmente, enfocando o biomarcador leite materno como veículo de toxicidade para o recém-nascido, fazendo-se necessárias mais pesquisas para contribuir com o conhecimento científico na área. Tentar conhecer onde e como as pessoas estão expostas à contaminação, e qual a relação desses metais detectados no organismo com o meio externo em que se vive, são itens importantes ainda não esclarecidos completamente pelos estudos.

No Brasil, trabalhos quantificando cádmio e chumbo no colostro e/ou leite materno são raros. Em Goiânia, cidade de realização deste estudo, há trabalhos

utilizando alimentos de origem animal (carne bovina e leite integral pasteurizado), que fazem parte da cadeia alimentar humana, em que os autores detectaram níveis de metais pesados cádmio e chumbo acima dos propostos pela legislação vigente^{22,23}. Demonstrou-se ali que os alimentos produzidos na região, provavelmente consumidos pelos habitantes locais, continham presença elevada de resíduos contaminantes, podendo ser repassados às crianças por meio do leite materno se as mães ingerissem tais substâncias.

Mesmo crianças que não podem ser amamentadas, ao ingerir leite de vaca contaminado como substituto do leite humano, expõem-se ao risco de toxicidade orgânica. Assim, conforme estudos mencionados acima, previamente realizados pela pesquisadora e colaboradores, a preocupação com a exposição do ser humano ao meio ambiente poluído, inclusive a alimentos contaminados, é pertinente à atualidade.

Por isso, diante da realidade atual, a realização desta breve revisão é pertinente, já que se propôs a verificar, por meio da literatura encontrada, a caracterização do leite materno e a provável presença de metais como o chumbo e cádmio, bem como a relação com deficiências de nutrientes importantes como o ferro.

Leite e Colostro Humano

O colostro é o primeiro produto de secreção láctica da nutriz. Ele é secretado desde o último trimestre da gestação e na primeira semana pós-parto. É uma secreção líquida espessa de cor amarelada, perfeito como primeiro alimento para a criança. Rico em proteínas e com menos carboidratos e gordura, apresenta concentrações maiores de caroteno, sódio, potássio e cloro do que o leite maduro^{26,27}.

O volume secretado varia de 10 a 100 mL/dia, com média em torno de 30 mL. Entre trinta e quarenta horas após o parto, há mudança na composição do leite, com aumento da concentração da lactose e consequente aumento de volume^{26,28}. Basicamente, o leite humano consiste de uma solução de proteínas, açúcares e sais, os quais estão suspensos em compostos gordurosos. É abundante em enzimas e imunoglobulinas que protegem contra doenças. Apesar de o leite maduro ser formado por 87% de água, os restantes 13% são uma poderosa combinação de elementos fundamentais para o desenvolvimento da criança²⁹.

O leite materno nem sempre tem exatamente a mesma composição. Há algumas modificações importantes e normais. A composição do leite também apresenta pequenas variações em função da alimentação da mãe, mas essas alterações raramente têm algum significado²⁸. Sabe-se que a composição do leite humano pode variar, conforme o estágio da lactação e mesmo entre as nutrízes³⁰.

Especialmente, quanto à presença de micronutrientes, a composição do leite é muito variada^{31,32,33} e pode ser influenciada por diversos fatores, como individualidade genética, nutrição materna e período de lactação. Ocorrem, também, variações entre grupos étnicos e de uma mãe para outra.

Para uma mesma mulher, são registradas variações no decorrer da lactação, ao longo do dia e durante uma mesma mamada, havendo diferenças entre o leite da frente e o último a sair (anterior e posterior), no que tange à concentração dos macro e micronutrientes^{34,35}. O teor de minerais, por exemplo, varia significativamente de mulher para mulher, sendo o colostro o tipo de leite que apresenta níveis mais elevados de metais, seguido pelo leite de transição e pelo leite maduro³⁴. A concentração de gordura no leite materno também difere em alguns estágios da lactação, influenciando no ganho de peso do bebê³⁶.

Em estudo recente, realizado na cidade de Goiânia por Almeida³⁷, a composição do colostro foi de 2,2% de proteína, 2,9% de gordura e 6,5% de lactose; ao passo que no leite maduro se obteve 1,2% de proteína, 2,7% de gordura e 7,1% de lactose. Os valores são semelhantes com os estabelecidos anteriormente por outro autor, conforme se pode verificar na Tabela 1.

Tabela 1. Composição do leite humano de mães de recém-nascidos a termo.

Nutriente	Colostro	Leite de transição	Leite maduro
Energia (Kcal/100 mL)	56	67	69
Lipídios (g/100 mL)	2,6	3,7	4,1
Proteína (g/100 mL)	2,0	1,5	1,3
Lactose (g/100 mL)	6,6	6,9	7,2

Fonte: Lawrence³⁸.

O leite humano e o colostro contêm anticorpos e fatores anti-infecciosos eficientes que não estão presentes no leite de vaca, por exemplo. A imunoglobulina A (IgA), predominante no leite humano, desempenha papel na proteção do intestino imaturo do bebê contra infecção^{28,39}.

Com capacidade de facilitar o estabelecimento da “flora bífida” no tubo digestivo, o colostro pode também facilitar a eliminação de mecônio (material mucilaginoso verde-escuro) no intestino do recém-nascido. O leite materno intensifica o crescimento das bactérias *Lactobacillus bifidus*, que produzem um meio ácido gastrointestinal, o qual interfere no crescimento de certos microorganismos patogênicos. Devido a esses fatores, a incidência de infecções em bebês amamentados no peito é menor que naqueles alimentados com mamadeiras²⁹.

O reconhecimento da importância e dos vários benefícios que a amamentação proporciona levou numerosos profissionais e organizações da saúde a adotar políticas públicas para incentivá-la. Entretanto, a contaminação do leite humano é bastante difundida e acontece em consequência de décadas de controle inadequado da poluição ambiental por substâncias tóxicas⁷. Todavia, o leite materno, como fonte única de nutrientes, é o alimento ideal para um crescimento adequado nos primeiros seis meses de vida, sem a necessidade de complementação⁴⁰.

CONTAMINANTES NO LEITE HUMANO

A mulher lactante, assim como a população em geral, está frequentemente exposta a uma variedade de substâncias não nutricionais, como as incluídas nos alimentos e agentes ambientais. As drogas recebidas pela mãe podem ser transferidas ao filho por meio do leite⁴¹.

Essas substâncias incluem medicamentos, poluentes ambientais (metais pesados), vírus, cafeína, álcool, alérgenos alimentares entre outras. De modo geral, os contaminantes químicos que aparecem no leite humano têm alta solubilidade lipídica, resistência à degradação física ou pelo metabolismo biológico, ampla distribuição no ambiente e índice de excreção pelo organismo lento ou ausente⁴¹.

Quando um metal pesado (como cádmio e chumbo) ou seus compostos são veiculados pela dieta, as quantidades absorvidas e retidas pelo animal ou homem dependem das características físico-químicas da substância,

da composição do alimento, assim como do estado nutricional e de fatores genéticos do organismo exposto. Em outras palavras, se o organismo humano estiver em situação especial, como alguma patologia, com deficiência de nutrientes diversos, em fases da vida que exijam maiores cuidados, como na infância ou durante a gestação, a absorção de metais pesados pode ser maior que em condições normais de saúde⁴².

O colostro, não só o humano, como o de bovinos que fazem parte da alimentação humana, pode ser infectado de várias maneiras pelos resíduos. Dentre elas, ressalta-se a contaminação pelo meio ambiente com presença de efluentes lançados por indústrias, postos de combustíveis, embalagens de alimentos, produtos de beleza entre outros. Em Goiás, particularmente, os frigoríficos, curtumes, laticínios e fábricas de baterias, muitas vezes, fora dos padrões preconizados pelos órgãos ambientais e das especificações exigidas pela fiscalização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, podem também contribuir para esta contaminação, conforme estudos realizados na região por Gonçalves²²; Gonçalves; Mesquita; Gonçalves²³.

A análise de contaminantes ambientais no colostro é de grande interesse para a comunidade científica, pois o colostro, além de servir como biomarcador de exposição ambiental importante nos experimentos, constitui fonte de alimento para importante segmento da população. Muitas substâncias químicas têm sido mensuradas no leite humano, com conseqüente aumento do interesse dos pesquisadores no entendimento da interação entre lactação e exposição ambiental. Com isso, os métodos analíticos têm se tornado cada vez mais sofisticados e especializados⁴³.

Todavia, a falta de protocolos consistentes para coleta e análise de amostras de leite humano torna difícil a comparação dos dados de diferentes estudos e o entendimento da toxicocinética dos contaminantes no binômio mãe-filho. Tais fatos impedem a adequada avaliação dos riscos e dificultam uma estimativa da saúde baseada em evidências⁷.

Caracterização dos Metais Pesados

A maior parte dos metais encontrados no organismo

humano quer sejam essenciais, quer não, apresenta alta reatividade química e atividade biológica, particularmente na forma de íons, radicais ou complexos orgânicos. Por isso, podem ser potencialmente de alto risco, dependendo da quantidade ingerida e de condições associadas à exposição⁴².

Considera-se metal tóxico todo aquele mineral que pertence a um grupo de elementos que não possuem características benéficas nem essenciais para o organismo vivo. Assim, produz efeitos danosos para as funções metabólicas normais, mesmo quando presentes em quantidades muito pequenas, denominadas por traços⁴⁴.

Os metais se caracterizam geralmente pela dureza, infusibilidade, maleabilidade, ductibilidade, brilho, boa condução de calor e de eletricidade. Por isso, são empregados em muitos tipos de indústrias: de remédios, pesticidas, instrumentos de controle e medição, na fabricação de celulose, eletrodos e componentes elétricos, destiladores de cachaça artesanal com pontos de solda de estanho, entre outros. Podem ser classificados em microcontaminantes ambientais, incluindo o cádmio e o chumbo; e em elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes, como é o caso do ferro⁴⁵.

No contexto do processo de crescimento industrial e urbano das cidades, percebe-se a importância do controle de remanescentes residuais nos alimentos para a segurança alimentar, em decorrência de acidentes envolvendo contaminantes ambientais, inserindo-se, aí, metais pesados como chumbo e cádmio, e mesmo o ferro. O problema da contaminação do meio ambiente por esses metais alcança dimensões mundiais, sendo observado tanto em países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento, em virtude da expansão industrial⁴⁶.

Cádmio e chumbo podem ser absorvidos principalmente por inalação (rota mais importante na exposição ocupacional) ou ingestão (via predominante para a população em geral). Dependendo da especiação química, tamanho da partícula e solubilidade em fluidos biológicos, até mais de 50% do elemento inalado pode ser absorvido^{47,48,49}.

Devido à elevada toxicidade do chumbo e do cádmio, mesmo em nível de traços, as autoridades sanitárias mundiais estão preocupadas em estabelecer medidas para reduzir a concentração desses metais na alimentação, uma vez que os alimentos são considerados a principal fonte

de ingestão de contaminantes. Nos Estados Unidos, por exemplo, há campanha permanente entre as indústrias alimentícias para conscientização da necessidade de restringir tal contaminação e preservar a saúde coletiva. Observou-se nesse país que os níveis de chumbo vêm diminuindo significativamente em função da substituição gradativa dos tipos de embalagem e solda que possam liberar chumbo durante o armazenamento de alimentos²⁴.

Conclusões

A preocupação com a questão ambiental é cada vez maior, não só por parte dos pesquisadores, fiscalizadores, mas também da população e dos governos, justamente devido aos contaminantes lançados no meio em que os seres vivos habitam e convivem. Tornou-se problema de grande magnitude pelo crescente aumento dos povos e a industrialização desenfreada de matérias-primas potencialmente danosas, refletindo na saúde pública em geral. Sendo assim, estudos e revisões periódicas sobre o tema são necessários para verificar a qualidade da alimentação, em geral, mapeando quais regiões e pontos mais críticos, especialmente quando se trata do leite, um alimento essencial desde o nascimento tanto para animais quanto para homens. Com isso, programas preventivos e supervisões adequadas para a obtenção de alimentos seguros do ponto de vista qualitativo e quantitativo poderão ser aplicados.

Referências

1. Apostoli, P. Elements in environmental and occupational medicine. *Journal Chromatography B*, Amsterdam, v.778, n.1, p. 63-97, **2002**.
2. NRC. National Research Council. The Committee on Biological Markers. *Biological Markers in Environmental Health Research*. Environmental Health Perspectives, Washington, v. 74, p. 3-9, **1987**.
3. Della Rosa, V. H.; Siqueira, M. E. P. B.; Colacioppo, S. Monitoramento ambiental e biológico. In: OGA, S.; CAMARGO, M. M. A.; BATISTUZZO, J. A. O. *Fundamentos de Toxicologia*. 3. ed. São Paulo: Atheneu, **2008**. cap. 3, p. 241-260.
4. Who. *Environmental Health Criteria 214. Human exposure assessment*. Geneva: WHO, **2000a**.
5. Gulson, B. L.; Jameson, W. C.; Mahaffey, K. R.; Mizon, K. J.; Patison, N.; Law, A. J.; Korsch, M. J.; Salter, M. A. Relationships of lead in breast milk to lead in blood, urine and diet of the infant and mother. *Environmental Health Perspectives*, Washington, v.106, n.10, p. 667-674, **1998**.
6. Silbergeld, E. K. Lead in bone: implications for toxicology during pregnancy and lactation. *Environmental Health Perspectives*, Washington, v.91, p. 63-70, **1991**.
7. Landrigan, P. J.; Sonawane, B.; Mattison, D.; Mccally, M. ; GARG, A. Chemical contaminants in breast milk and their impacts on children's health: an overview. *Environmental Health Perspectives*, Washington, v.110, n.6, p. 313-315, **2002**.
8. Gurr, M. I. Milk products: contribution to nutrition and health. *Journal of Society Dairy Technology*, Londres, v. 45, p. 61-67. **1992**.
9. Schumacher, M.; Bosque, M. A.; Domingos, J. L.; Corbella, J. Dietary intake of lead and cadmium from foods in Tarragona Province, Spain. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, v. 46, p. 320-8, **1991**.
10. Vitolo, M. R. *Nutrição: da gestação à adolescência*. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, **2003**. 322 p.
11. Gulson, B. L.; Mizon, K. J.; Korsch, M. J.; Palmer, J. M.; Donnelly, J. B. Mobilization of lead from human bone tissue during pregnancy and lactation – a summary of long-term research. *Science of The Total Environment*, Boston, n.303, p. 79-104, **2003**.
12. Li, P. J.; Sheng, Y. Z.; Wang, Q. Y.; Gu, L. Y.; Wang, Y. L. Transfer of lead via placenta and breast milk in human. *Biomedical Environmental Sciences*, Beijing, v.13, n.2, p. 85-9, **2000**.
13. Nascimento, L. F. C.; Izário Filho, H. J.; Baltazar, E. O. Níveis de chumbo em colostro humano: um estudo no Vale do Paraíba. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*, Recife, v. 6, n. 1. p. 69-74. **2006**.
14. Tong, S.; Schirnding, Y. E.; Prapamontol, T. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. *Bulletin World Health Organization*, Geneva, v.78, n.9, p. 1.068-77, **2000**.
15. Wolf, W. R. Trace elements analysis in food. In: *Clinical, biochemical and nutritional aspects of trace elements*. New York: Alan R. Liss, **1982**. p. 427-46.
16. Ettinger, A. S.; Téllez-Rojo, M. M.; Amarasiriwardena, C.; González-Cossío, T. et al. Levels of lead in breast milk and their relation to maternal blood and bone lead levels at one month postpartum. *Environmental Health Perspectives*, Washington, v.112, p. 926-31, **2004**.
17. Rossipal, E.; Krachler, M.; Li, F.; Micetik-Turc, D. Investigation of the transport of trace elements across barriers in humans: studies of placental and mammary transfer. *Acta Paediatrica*, Oslo, n.89, p. 1.190-1.195, **2000**.
18. Reddy, M. K.; Rao, M. V. Heavy metals in the SPM of air in the environment surrounding a ferro alloy industrial plant in India. *Environmental Monitoring and Assessment*, New York, v.25, p. 109-18, **1993**.

19. Who. Air Quality Guidelines for Europe. Regional Publications. European Series 91. 2. ed. Copenhagen: WHO, **2000b**.
20. Who. Pediatrics & neonatology. In: The clinical use of blood in medicine, obstetrics, pediatrics, surgery & anesthesia, trauma & burns. Malta: WHO; **2001**.
21. Hadler, M. C. C. M.; Juliano, Y.; Sigulem, D. M. Anemia do lactente: etiologia e prevalência. *Jornal de Pediatria, Porto Alegre*, v.78, n.4, p. 321-326. **2002**.
22. Gonçalves, J. R. Determinação de metais pesados em leite integral pasteurizado no Estado de Goiás. 1999. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
23. Gonçalves, J. R., Mesquita, A. J., Gonçalves, R. M. Determinação de metais pesados em leite integral bovino pasteurizado no Estado de Goiás. *Ciênc. Anim. Bras.*, **2008**, 9, 2, 365-374.
24. Okada, I. A.; Sakuma, A. M.; Maio, F. D.; Dovidauskas, S.; Zenebon, O. Avaliação dos níveis de chumbo e cádmio em leite em decorrência de contaminação ambiental na região do Vale do Paraíba, Sudeste do Brasil. *Rev. de Saúde Pública, São Paulo*, v.31, p. 140-3, **1997**.
25. Anastacio, A. S. et al. Distribution of lead in human milk fractions: relationship with essential minerals and maternal blood lead. *Biological Trace Element Research, Clifton*, v.102, n.1-3, p. 27-37, **2004**.
26. Rego, J. D. Aleitamento Materno. São Paulo: Atheneu, **2002**. 518 p.
27. Rnblh. Rede Nacional de Banco de Leite Humano. Ministério da Saúde e Instituto Fernandes Figueira. Normas Técnicas REDEBLH-BR para Bancos de Leite Humano: BLH-IFF/NT – 01.04 a 46.04. 2004. Disponível em: <<http://www.redeblh.fiocruz.br>>. Acesso em: 20 jan. **2009**.
28. Worthington-Roberts, B. S.; Vermeersch, J.; Williams, S. R. Nutrição na gravidez e na lactação. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, **1988**. 192 p.
29. Mahan, L. K.; Escott-Stump, S. Krause: Alimentos, nutrição e dietoterapia. 11. ed. São Paulo: Roca. **2005**. 1242 p.
30. Yoshinaga, J.; Li, J.Z.; Suzuki, T.; Karita, K.; Abe, M.; Fuji, H. Trace elements in human transitory milk. *Biological Trace Element Research, Clifton*, v. 31, p. 159-70, **1991**.
31. Benemariya, H.; Robberecht, H.; Deelstra, H. Cooper, zinc and selenium concentration in milk from middle-class women in burundi (Africa) throughout the first 10 months of lactation. *Science of the Total Environment, Boston*, v. 164, p. 161-174, **1995**.
32. Coni, E.; Stacchini, A.; Caroli, S.; Falconieri, P. Analytical approach to obtaining reference values for minor and trace elements in human milk. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry, California*, v. 5, p. 581-586, **1990**.
33. Dorea, J.G. Iron and copper in human milk. *Nutrition, New York*, v.16, p. 209-220, **2000**.
34. Oliveira, M.C.C. Práticas de amamentação, teores de minerais e vitamina a no leite humano em diferentes fases de lactação segundo variáveis maternas. 2003. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. **2003**.
35. Picciano, M.F. Nutrient composition of human milk. *Pediatric Clinics of North America, Philadelphia*, v. 48, n. 1, p. 53-67, **2001**.
36. Fornés, N. S.; Dorea, J. G. Subcutaneous fat changes in low-income lactating mothers and growth of breast-fed infants. *Journal of the American College of Nutrition, Florida*, v.14, n.1, p. 61-65, **1995**.
37. Almeida, S. D. S. Contagem celular somática, bacteriana total e composição do leite humano. 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. **2008**.
38. Lawrence, R. A. Breastfeeding – a guide for the medical profession. 5. ed. Saint Louis: Mosby, **1999**. p. 151-82.
39. Carvalho, M. R.; TAMEZ, R. N. Amamentação: bases científicas. 2. ed. Rio de Janeiro (Guanabara): Koogan, **2005**. 430 p.
40. Marques, F. S. V.; Lopez, F. A.; Braga, J. A. P. O crescimento de crianças alimentadas com leite materno exclusivo nos 6 primeiros meses de vida. *Jornal de Pediatria, Porto Alegre*, v. 80, n. 2, p. 99-105, **2004**.
41. Issler, H.; Ruocco, R. M. S. A. Aleitamento e drogas usadas pela mãe. *Pediatria, São Paulo*, v.22, n.3, p. 223-7, **2000**.
42. Midio, A. F.; Martins, D. I. Toxicologia de alimentos. São Paulo: Varela, **2000**. 295 p.
43. Needham, L. A.; Wang, R.Y. Analytic considerations for measuring environmental chemicals in breast milk. *Environmental Health Perspectives, Washington*, v.110, n.6, p. 317-24, **2002**.
44. Parmigiani, M. P. C. V. D.; Midio, A. F. Chumbo na alimentação da população infantil. *Cadernos de Nutrição, São Paulo*, v. 9, p. 25-34. **1995**.
45. Azevedo, F. A.; Chasin, A. A. M. M. Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu, **2003**. 554 p.
46. Gonçalves, J. R. Determinação de Pb, Cd, Fe, Zn e Cu em carnes de bovinos e Pb, Cd e P em suplementos minerais no Estado de Goiás. 2007. 123 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. **2007**.
47. Atsdr. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for lead. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Atlanta, U.S.A., 2007. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.html> Acesso em: 22 dez. **2008**.
48. Paoliello, M. M. B.; De Capitani, E. M. Chumbo. In: Azevedo,

F.A.; Chasin, A. A. M. Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu, **2003**. p. 353-63.

49. Unep. United Nations Environment Programme DTIE/chemicals. Interim review of scientific information on cadmium. Interim review of scientific information on lead. Geneva, 2006. Disponível em <http://www.chem.unep.ch/Pb_and_Cd/SR/Interim_reviews.htm>. Acesso em: 05 mar. **2009**

Renata M. Gonçalves^{1*} & José R. Gonçalves².

¹Centro de Treinamento, Rodovia R2, quadra, área, lote AR-3, Campus II-UFG, CEP 74690-815, Goiânia, Goiás, Brasil.

²Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange. Endereço: Rua Engenheiro Roberto Mange, n. 239, Bairro Jundiá, CEP 75113-630, Anápolis, Goiás, Brasil.

*E-mail:

Teor de Ferro em Feijão Carioca e Preto Cozidos Com e Sem Beterraba

Nástia R. A. Coelho, Valéria L. Brandão, Andryelle T. Pereira,
Polyana R. S. de Moraes & Evilázaro M. de Oliveira

Objetivou-se determinar o teor de ferro em feijão comum nas variedades carioca e preto cozidos com e sem beterraba, a fim de verificar a hipótese popular de que a cocção de beterraba no feijão aumenta a disponibilidade de ferro da preparação. A análise química foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica. Para cada tratamento, foram realizadas 3 (três) repetições em triplicata. Os resultados, expressos como médias \pm desvio-padrão e submetidos à ANOVA de uma via seguido de Tukey, demonstraram que quando se acrescentou beterraba, a quantidade de ferro apresentou tendência à diminuição quando comparada à preparação pura.

Palavras-chave: *feijão; ferro; anemia.*

This study aimed to determine the iron levels in common Carioca and Black beans cooked with and without beet in order to verify the popular hypothesis that cooking beet in beans increases the availability of iron during cooking. The chemical analysis was carried out through atomic absorption spectrophotometry. For each test, three (3) repetitions were performed in triplicate. The results, expressed as mean \pm standard deviation and subjected to the one-way ANOVA followed by Tukey, showed that when beet is added, the amount of iron tended to decrease when compared to the pure cooking.

Keywords: *beans; iron; anemia.*

Introdução

A carência de ferro representa situação de risco para indivíduos de todas as camadas sociais, atingindo especialmente os lactentes, pré-escolares, escolares, gestantes e nutrízes. A carência de ferro ocorre de forma gradual e progressiva até provocar a anemia no organismo. Entretanto, a deficiência de ferro pode ocorrer sem a presença de anemia ferropriva, representando um número ainda maior do que a própria anemia carencial, prejudicando a nutrição e a saúde, o crescimento e desenvolvimento e o aprendizado¹⁻³.

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é um alimento básico do cardápio de grande parte da população brasileira, de fácil aquisição e baixo custo, tendo grande importância nutricional, econômica, social e cultural. Os grãos desta leguminosa representam 11,2% das calorias diárias ingeridas na dieta tradicional, fornecendo nutrientes essenciais como proteínas, carboidratos complexos, ácidos graxos insaturados, ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas (principalmente do complexo B), fibra alimentar e elevado teor de lisina⁴⁻⁷.

A beterraba (*Beta vulgaris*) é uma raiz tuberosa vermelho-escura que pode ser consumida crua ou cozida, na preparação de pratos elaborados, saladas, sopas ou em conservas. A beterraba contribui para complementação alimentar diária e fornece nutrientes essenciais para a saúde e desenvolvimento, sendo um desses nutrientes, o ferro⁸⁻¹⁰.

O ferro presente nos alimentos se subdivide em o ferro heme e não-heme. O primeiro é encontrado nas carnes em geral, incluindo aves e pescados, representando cerca de 40% do ferro do tecido animal e possui absorção elevada. Já o ferro não-heme presente em todos os vegetais que contêm ferro, é de baixa biodisponibilidade. Uma maneira de potencializar a absorção do ferro não-heme é ingeri-lo simultaneamente ao ácido ascórbico que, pelo fato de ter ação de agente redutor, mantém o ferro dos alimentos no estado ferroso, que é mais solúvel^{12,10}.

Na tentativa de combate e prevenção da anemia ferropriva, observa-se popularmente a indicação do uso da beterraba em associação com o feijão na intenção de aumentar o aporte de ferro da preparação. Nesse contexto, este estudo teve por objetivo determinar o teor de ferro em feijões carioca e preto cozidos com e sem beterraba, a fim de verificar a hipótese de que a cocção de beterraba no feijão aumenta a disponibilidade de ferro no respectivo prato.

Material e Método

Foram utilizados grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), das variedades carioca e preto e beterraba (*Beta vulgaris*), ambos adquiridos no comércio varejista em Goiânia – GO/Brasil.

Os grãos de feijão foram submetidos a seleção, pesagem (250 g) e lavagem em água corrente por três vezes consecutivas. Em panela de pressão doméstica, adicionou-se água filtrada na proporção 1:3 (feijão:água), conforme orientação da embalagem do produto. A cocção foi realizada em fogão doméstico, no Laboratório de Nutrição e Dietética (LND) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO), por 35 minutos para a variedade carioca e 45 minutos para a variedade preto, em chama baixa com movimento da válvula de pressão.

O mesmo procedimento foi aplicado aos quatro tratamentos: T1 - Feijão comum, variedade Carioca, cozido; T2 - Feijão comum, variedade Carioca, cozido com adição de beterraba; T3 - Feijão comum, variedade Preto, cozido e T4 - Feijão comum, variedade Preto, cozido com adição de beterraba. Nos tratamentos T2 e T4, foram adicionados 50g de beterraba descascada e picada em cubos, os quais foram cozidos junto aos grãos de feijão. Após atingir temperatura ambiente por resfriamento natural, os grãos foram separados do caldo utilizando peneira e fracionados em porções de 50g, acondicionados em sacos plásticos distintos, com identificação e submetidos a congelamento em congelador doméstico a temperatura de - 18°C por 60 (sessenta) dias. Após esse período, as amostras foram descongeladas em micro-ondas por 30 segundos e, em seguida, transportadas para o Laboratório de Química da PUC-GO, onde foram feitos os procedimentos da análise química.

A metodologia utilizada na análise química foi realizada conforme descrito pelo Instituto Adolfo Lutz – IAL (2005) e pela *Association of Official Analytical Chemists* – AOAC (1984)^{11,12}. Para análise no espectrofotômetro de absorção atômica, a calibração foi realizada para determinação da curva padrão, com λ (comprimento de onda) de 510 nm e coeficiente de correlação (R^2) igual a 0,99, não sendo forçada a passagem pelo zero. As soluções foram diluídas 10 vezes, ou seja, de cada solução foi retirada uma alíquota de 5,0 mL, a qual foi e transferida para outro balão volumétrico

de 50,0 mL, sendo o volume deste completado com água destilada, inclusive o branco. Para cada tratamento, foram realizadas 3 (três) repetições em triplicata. Os dados foram apresentados em frequências absolutas e relativas, médias e desvio-padrão com índice de confiança de 95%. Os dados expressos como médias \pm desvio-padrão foram submetidos à ANOVA de uma via seguido de Tukey e $p < 0,05$ considerado significativo.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos na análise espectrofotométrica quanto a absorvância e aos teores de ferro, constam nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Média das absorvâncias¹ obtidas e Teste de Tukey para os tratamentos de feijão

Tratamento	Absorvância
T1 - Feijão comum, variedade Carioca, cozido	0,08 a
T2 - Feijão comum, variedade Carioca, cozido com adição de beterraba	0,05 a
T3 - Feijão comum, variedade Preto, cozido	0,06 a
T4 - Feijão comum, variedade Preto, cozido com adição de beterraba	0,06 a

(1) Para cada tratamento, três repetições em triplicata, com valores expressos em média e desvio padrão. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Tabela 2. Média aritmética do teor de ferro

Tratamento	Teor de Ferro
T1 - Feijão comum, variedade Carioca, cozido	1,6 mg Fe/ 100 g feijão
T2 - Feijão comum, variedade Carioca, cozido com adição de beterraba	1,2 mg Fe/ 100 g feijão
T3 - Feijão comum, variedade Preto, cozido	1,6 mg Fe/ 100 g feijão
T4 - Feijão comum, variedade Preto, cozido com adição de beterraba	1,1 mg Fe/ 100 g feijão

A quantidade de ferro nas variedades carioca e preto cozidas encontrada no presente estudo aproximam-se dos valores descritos na literatura: a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (2011), relata a presença de 1,3 mg de Fe/100g no feijão carioca cozido e de 1,5 mg de Fe/100g no feijão preto cozido; Phillip (2002) também apresenta resultado semelhante, relatando a presença de 1,9 mg de Fe para cada 100 g do alimento^{13,14}.

Os resultados demonstraram que os teores de ferro não diferiram significativamente nos diferentes tratamentos. Quando se acrescentou beterraba, a quantidade de ferro apresentou tendência a diminuição, quando comparado a preparação pura. Acredita-se que tal fato ocorre devido ao fato de que o alimento rico em ferro da preparação, o feijão, estar em menor quantidade para análise. Todavia, tal constatação não visa desestimular o consumo de beterraba pois a concepção de alimentação saudável preocupa-se com a quantidade, regularidade e qualidade dos alimentos, na busca pela segurança alimentar e nutricional¹⁵.

O feijão é considerado uma das melhores fontes vegetais de ferro; entretanto a biodisponibilidade do mineral presente nessa leguminosa sofre interferência de fatores antinutricionais, dentre os quais: os taninos condensados, que são compostos fenólicos, e o ácido fítico, que é a principal forma de armazenamento de fósforo. Esses compostos são capazes de formar complexos insolúveis com minerais, proteínas e amidos, tornando-lhes indisponíveis em condições fisiológicas normais por formarem precipitados, quelatos insolúveis ou macromoléculas que diminuem a absorção do ferro^{5, 16-18}.

Sabe-se que o descascamento, a maceração, o cozimento e a germinação são métodos que geralmente melhoram a qualidade nutricional do feijão, ao reduzir seus componentes antinutricionais. Os efeitos desses métodos variam de acordo com a cultivar e o tipo do tratamento empregado^{2,5, 17-20}.

Em relação ao feijão, tem-se observado uma redução constante no consumo *per capita* nos últimos anos, evidenciada pela Pesquisa de Orçamento Familiar (POF 2008/2009)²¹. Diante essa realidade, medidas de incentivo ao consumo do feijão devem ser estimuladas, pois este, quando combinado ao arroz, forma uma mistura de proteínas mais nutritiva, visto que o feijão

sendo rico em lisina e pobre em aminoácidos sulfurados é complementado pelo arroz que é pobre em lisina e rico em aminoácidos sulfurados^{22,23}.

A beterraba, embora considerada popularmente um alimento fonte de ferro, possui apenas 0,2 mg de Fe/100g no alimento cozido, sendo esse de baixa biodisponibilidade (ferro não heme). Todavia, seu consumo não pode ser desestimulado, tendo em vista que a concepção de alimentação saudável é aquela que favorece o consumo de alimentos variados, evitando a monotonia alimentar, a fim de oferecer maior aporte de nutrientes^{13,15}.

A anemia ferropriva tem sua origem em um contexto amplo e sua ocorrência está relacionada aos fatores biológicos, socioeconômicos e culturais. A abordagem terapêutica para solucionar a deficiência de ferro consiste basicamente na suplementação medicamentosa, a fortificação de alimentos e a educação nutricional. A longo prazo a educação nutricional é a melhor estratégia para prevenir a carência de ferro, promovendo conhecimento sobre o assunto e evitando a monotonia da dieta, com enfoque no consumo de alimentos ricos em ferro e no aumento do potencial de biodisponibilidade do ferro ingerido^{24,25}.

Conclusão

Com base na análise feita, observou-se que os teores de ferro não diferiram significativamente nos tratamentos realizados. Esse resultado desmistifica a crendice popular de que a cocção de beterraba junto ao feijão aumentaria a quantidade de ferro da preparação final.

Ressalta-se que a prevenção e tratamento da anemia ferropriva varia nas diferentes fases da vida. Admite-se que a integração de diferentes intervenções apresente melhor impacto para redução da prevalência de anemia, principalmente, nos grupos de risco, e que a alimentação saudável, com base em alimentos fontes de ferro, deve ser encorajada.

Agradecimentos

A Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa (PROPE) e ao Núcleo de Pesquisa em Química (NPQ) da PUC-GO, em especial ao Evilázaro Menezes Oliveira, pela ajuda viabilizando a realização deste trabalho.

Referências

1. Camargo, R. M. S.; Espinosa, M. M.; Pereira, S. F.; Schirmer, J. Prevalência de anemia e índice de massa corporal em gestantes do Centro-Oeste. *Medicina (Ribeirão Preto)* **2013**;46(2):118-27.
2. Moura, N. C.; Canniatti-Brazaca, S. G. Avaliação da disponibilidade de ferro de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em comparação com carne bovina. *Ciênc Tecnol Aliment.* **2006**;26(2):270-276.
3. Batista-Filho, M.; Ferreira, L. O. C. Prevenção e tratamento da anemia nutricional ferropriva: novos enfoques e perspectivas. *Cadernos de Saúde Pública.* **1996**;12(3):411-415.
4. Costa, G. E. A.; Queiroz-Monici, K. S.; Reis, S. M. P. M.; Oliveira, A. C. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chem.* **2006**;94(3):327-330.
5. Ramírez-Cárdenas, L.; Leonel, A. J.; Costa, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **2008**;28(1):200-213.
6. Ferreira, B. S.; Cardoso, B. T.; Pereira, H. V. R.; Pierucci, A. P.; Pedrosa, C.; Citelli, M. Aceitabilidade de feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.), fortificado com micropartículas de ferro. *Rev. Ceres.* **2011**;58(5):548-553.
7. Silva, M. O.; Brigide, P.; Canniatti-Brazaca, S. G. Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. *Alim. Nutr. Braz. J. Food Nutr.* **2013**;24(3):339-346.
8. Silva, R. D. P. Determinação do teor de ferro de beterrabas adubadas com dois tratamentos diferenciados: orgânico e convencional [tcc]. Francisco Beltrão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; **2011**. 36 p.
9. Philippi ST. *Nutrição e Técnica Dietética*. Barueri: Manole; **2006**.
10. Almeida, L. C. M.; Naves, M. M. V. Biodisponibilidade de ferro em alimentos e refeições: aspectos atuais e recomendações alimentares. *Pediatr. Mod.* **2002**;38(6):272-278.
11. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: IMESP; **2005**.
12. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington: AOAC International, **1984**.
13. Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP. Campinas: NEPAUNICAMP, **2011**.
14. Philippi, S. T. Tabela de Composição de Alimentos: Suporte para Decisão Nutricional. São Paulo: Coronário, **2002**.
15. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. O que é uma alimentação saudável!? Considerações sobre o conceito, princípios e características: uma abordagem ampliada. **2005**.

16. Martinez-Dominguez B, Ibañez MB, Rincón F. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. Arch. Latinoam. Nutr. **2002**;52(3):219-231.
17. Oliveira, V. R.; Ribeiro, N. D.; Jost, E.; Londero, P. M. G. Qualidade nutricional e microbiológica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido com ou sem água de maceração. Ciênc. agrotec. **2008**;32(6):1912-1918.
18. Toledo, T. C. F.; Canniatti-Brazaca, S. G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. Ciênc. Tecnol. Aliment. **2008**;28(2):355-360.
19. Mahan, L. K.; Escott-Stump, S.; Favano, A. Krause - Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. Rio de Janeiro: Elsevier, **2010**.
20. Sgarbieri, V. C. Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: Varela, **1996**.
21. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Pesquisa de Orçamento Familiar – POF 2008-2009. Despesas, rendimentos e condições de vida. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **2010**.
22. Velásquez-Meléndez, G.; Mendes, L. L.; Pessoa, M. C.; Sardinha, L. M. V.; Yokota, R. T. C.; Bernal, R. T. I., et al. Tendências da frequência do consumo de feijão por meio de inquérito telefônico nas capitais brasileiras, 2006 a 2009. Ciência & Saúde Coletiva. **2012**;17(12):3363-3370.
23. Mesquita, F. R.; Corrêa, A. D.; Abreu, C. M. P.; Lima, R. A. Z.; Abreu, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade proteica. Ciênc. agrotec. **2007**;31(4):1114-1121.
24. Caçado, R. D.; Chiattonne, C. S. Anemia ferropênica no adulto – causas, diagnóstico e tratamento. Rev. Bras. Hematol. Hemoter. **2010**; 32(3):240-246.
25. Torres, M. A. A.; Souza Queiroz, S. Prevenção da anemia ferropriva em nível populacional. Nutrire: Alim. Nutr. Braz. J. Food Nutr. **2000**;19/20:145-164.

Nástia R. A. Coelho, Valéria L. Brandão*, Andryelle T. Pereira, Polyana R. S. de Moraes & Evilázaro M. de Oliveira

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Av. Universitária, nº 1440, Caixa Postal 84, Departamento de Matemática e Física, Setor Universitário, Goiânia, Goiás, Brasil. CEP 74605-010

*E-mail: valebrandao@gmail.com

Características Físico-Químicas de Aguardente de Cana-de-Açúcar Submetida a Diferentes Condições de Envelhecimento

Letícia F. Viana, Marcio Caliarí & Manoel S. S. Junior

Durante doze meses, armazenou-se aguardente de cana-de-açúcar em barris da madeira sassafrás e galões de polipropileno e analisou-se, a cada mês, o teor de extrato seco, acidez, densidade e grau alcoólico. Pode-se concluir que para o extrato seco, acidez e densidade o tratamento com barril, cavacos e circulação forçada acelerou o processo em relação ao tratamento tradicional. Para o grau alcoólico, não ocorreu aceleração do processo em nenhum dos tratamentos. Para os galões de polipropileno, não ocorreu aumento que viabilizasse o uso no envelhecimento. Concluiu-se que a circulação e que os galões de polipropileno não são apropriados para esse fim.

Palavras chave: *bebidas destiladas; análises laboratoriais; armazenamento.*

During twelve months if stored brandy sugarcane in barrels of sassafras wood and gallons of polypropylene and analyzed every month dry matter content, acidity, density and alcoholic strength. It can be concluded that for the dry extract, acidity and density treatment barrel, chips and forced circulation accelerated the process compared to traditional treatment. For alcohol content was not speeding up the process in any of the treatments. For gallon polypropylene no increased, that make feasible the use in aging. It concluded that circulation and that gallon polypropylene are not suitable for this purpose.

Keywords: *spirits; laboratory analysis; storage.*

Introdução

De acordo com a legislação vigente, aguardente de cana é a bebida com graduação alcoólica de 38% vol (trinta e oito por cento em volume) a 54% vol (cinquenta e quatro por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius), obtida do destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar ou pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada de açúcares até 6g/l (seis gramas por litro), expressos em sacarose. Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38 % vol (trinta e oito por cento em volume) a 48% vol (quarenta e oito por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius), obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6g/l (seis gramas por litro), expressos em sacarose¹.

Portanto, aguardente é uma bebida fermentada e destilada, sendo assim, após a obtenção do “vinho”, uma mistura de água e álcool, durante o processo de fermentação, este passa para a etapa da destilação, a fim de atingir o grau alcoólico da bebida. Além da destilação, o envelhecimento e o engarrafamento são fatores importantes na qualidade da bebida, merecendo cuidados especiais, pois aumentam a qualidade físico-química e sensorial do produto, agregando valores de mercado^{2,3}.

Conforme o Centro Brasileiro de Referência em Cachaça no ano de 2012, a aguardente/cachaça é o terceiro destilado mais consumido no mundo, ficando atrás apenas da vodca e saquê. A produção brasileira de cachaça anual gera em torno de 1 bilhão e 400 milhões de litros com 40. 000 produtores no Brasil. Desta produção, apenas 1% é exportado, sendo que 50% desta exportação acontece a granel, ou seja, com pouco ou nenhum valor agregado ao produto. Da produção total, 70% é feita de modo industrial, ou seja, em colunas de destilação e apenas 30% produzida em alambiques de cobre⁴.

Ao longo dos anos, a cachaça não conheceu o problema de demanda de mercado, pois existiam poucos alambiques e a produção era suficiente. Todavia, com a abertura de mercado e a globalização, surgiram inúmeros micros, pequenos e médios produtores, fazendo com que a oferta aumentasse com a entrada de novas marcas de cachaça e aguardente (em torno de 4.000 marcas no Brasil), com preços mais acessíveis. Atualmente, os alambiques procuram otimizar o processo de produção, objetivando menor preço

de mercado aliado à qualidade, pois este mercado, seja ele nacional ou internacional, é cada vez mais exigente. Neste contexto, é importante conhecer os fatores químicos e físicos que possam interferir na qualidade da bebida para atender aos consumidores mais exigentes^{3,4}.

Sendo assim, o estudo do envelhecimento da aguardente de cana-de-açúcar é de suma importância, pois mesmo que a fermentação tenha sido a melhor possível e a destilação, a mais apurada, o produto final sempre terá sabor “ardente e seco”. Quando a aguardente é armazenada em barris de madeira, adquire características da madeira, corrigindo assim defeitos da fermentação e da destilação, melhorando então o paladar da bebida⁵.

O objetivo com este trabalho foi investigar o efeito da madeira sassafrás sobre o processo de envelhecimento de aguardente de cana-de-açúcar em diferentes condições de envelhecimento, caracterizando a evolução do processo de envelhecimento, no período de 12 meses.

Material e Métodos

MATERIAL

Aguardente de cana-de-açúcar, não-envelhecida, proveniente da destilaria DECAL, localizada na cidade de Rio Verde, Goiás, Brasil.

MÉTODOS

Protocolo experimental

Utilizaram-se barris da madeira sassafrás e galões de polipropileno (PP) no processo de envelhecimento da aguardente de cana-de-açúcar. Os barris e os galões continham volume de vinte litros.

Foram avaliados dois experimentos distintos (um para a madeira e 1 para os galões de PP). No experimento 1, utilizaram-se as seguintes condições de envelhecimento (tratamentos): S₁) o envelhecimento tradicional, ou seja, sem circulação e sem cavacos, em barris de diferentes madeiras (sassafrás); S₂) galões de PP com cavacos das diferentes madeiras; S₃) galões de PP com cavacos das diferentes madeiras e circulação forçada da aguardente de cana-de-açúcar mediante uma bomba submersa na bebida; S₄) barris das diferentes madeiras com cavacos das respectivas madeiras e circulação forçada da aguardente de cana-de-açúcar mediante uma bomba submersa na bebida.

No experimento, 2 utilizaram-se as seguintes condições (tratamentos): PPC) galões de PP com circulação forçada mediante uma bomba submersa na bebida; PP) galões de PP estático, ou seja, sem circulação e sem cavacos e 1 tratamento com a aguardente armazenada em galão de vidro estático, ou seja, sem circulação e sem cavacos (controle). Para comparação com os tratamentos, após doze meses de envelhecimento, utilizou-se uma amostra da aguardente de cana-de-açúcar recém destilada. Cada tratamento foi realizado com uma repetição. A introdução dos cavacos no interior dos vasilhames foi testada para verificar se ocorre uma intensificação da transferência de compostos da madeira para a bebida. Foram usados doze cavacos, correspondendo a aproximadamente 30g. A circulação forçada da bebida foi realizada mediante o uso de uma bomba submersa, modelo 160 V, marca Sarlo Better, de vazão constante, 1L/33s e contínua durante doze meses.

O experimento foi realizado nas dependências da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, durante 12 meses, entre os meses de março de 2006 e fevereiro de 2007. Mensalmente, foram colhidas amostras para a realização de análises físico-químicas. Para comparar a aguardente de cana-de-açúcar em processo de envelhecimento com a aguardente de cana-de-açúcar não-envelhecida, também foram analisadas mensalmente amostras da aguardente de cana-de-açúcar, armazenada em garrafa de vidro. Após 12 meses de envelhecimento,

foram realizadas análises sensoriais das amostras de cada experimento em diferentes madeiras, para avaliar a preferência dos consumidores em relação aos produtos obtidos em diferentes condições de envelhecimento.

Antes de iniciar o experimento, os barris foram tratados com água quente (97°C) durante um mês. Diariamente trocavam-se as águas.

Obtenção das amostras

A aguardente de cana-de-açúcar utilizada nos experimentos foi coletada de um mesmo lote de produção, transportada ao Laboratório de Tecnologia de Vegetais da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, distribuída e identificada nos tratamentos conforme explicitado na Tabela 1.

Análises físico-químicas

Para verificar as alterações no decorrer dos 12 meses de pesquisa, analisaram-se acidez volátil, densidade, grau alcoólico e extrato seco. Todas as análises foram realizadas em duplicata, conforme a metodologia de análises de bebidas e vinagres do Laboratório Nacional de Referência Vegetal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento⁶. Os resultados foram avaliados por meio de análise de regressão e as médias dos resultados foram preparadas através do teste de Tukey, utilizando-se os aplicativos EXCELL e SAS System.

Tabela 1. Designação e especificações dos experimentos e dos tratamentos de cada experimento

Tratamento	Designação	Especificações
Experimento 1 - S1	Sassafrás-envelhecimento tradicional	20 litros de aguardente de cana-de-açúcar armazenados em barris de sassafrás durante doze meses de envelhecimento.
Experimento 2 - S2	PP - bomba/cavaco Sassafrás	20 litros de aguardente de cana-de-açúcar armazenados em galões de PP submetidos à circulação forçada por bomba tipo diafragma contendo em torno de 30 g de cavacos da madeira sassafrás durante doze meses de envelhecimento.
Experimento 3 - S3	PP - cavaco Sassafrás	20 litros de aguardente de cana-de-açúcar armazenados em galões de PP contendo em torno de 20 g da madeira sassafrás durante doze meses de envelhecimento.
Experimento 4 - S4	Sassafrás - bomba/cavaco	20 litros de aguardente de cana-de-açúcar armazenados em barris de sassafrás submetidos à circulação forçada por bomba tipo diafragma, contendo em torno de 30 g cavacos da mesma madeira durante doze meses de envelhecimento.
Experimento 5 - PPC	PP - bomba	20 litros de aguardente de cana-de-açúcar armazenados em galões de PP com circulação forçada durante doze meses de envelhecimento.
Experimento 6 - PP	PP - envelhecimento tradicional	20 litros de aguardente de cana-de-açúcar armazenados em galões de PP durante doze meses de envelhecimento.
Controle	Controle	20 litros de aguardente de cana-de-açúcar armazenados em vidro durante doze meses de envelhecimento.

Resultados e Discussão

Como pode ser observado na Tabela 2, a aguardente de cana-de-açúcar recém-distilada, utilizada na pesquisa, atendeu aos padrões legais vigentes, estabelecidos pela Portaria do MAPA n° 13 de 2005¹.

Tabela 2. Caracterização da aguardente de cana-de-açúcar inicial utilizada nos experimentos.

Determinações	Padrão legal ¹	Aguardente de cana-de-açúcar recém-distilada
Grau alcoólico (%vol)	38,00 a 54,00	45,10 ± 0,70
Extrato seco (g/L)	-----	0,05 ± 0,02
Acidez volátil em ácido acético (mg/100mL etanol)	≤ 150,00	11,10 ± 3,34
Álcoois superiores (mg/100mL etanol)	≤ 360,00	327,74 ± 0,00
Ésteres em acetato de etila (mg/100mL etanol)	≤ 200,00	13,86 ± 0,00
Álcool metílico (mg/100mL etanol)	≤ 50,00	4,33 ± 0,00
Densidade (g/mL)	-----	0,86 ± 0,04

Estudos realizados por Furtado, sobre a avaliação sensorial descritiva de aguardente de cana-de-açúcar: influência da composição em suas características sensoriais e correlação entre as medidas sensoriais e físico-químicas, analisa sete amostras de aguardente de cana-de-açúcar recém-distiladas e quatro aguardentes de cana-de-açúcar de cana comerciais e avalia o grau alcoólico das amostras recém-distiladas quanto para as comerciais encontraram grau alcoólico de 42 e 43°C, resultados estes compatíveis com o do trabalho em estudo⁷.

Nas Figuras 1 e 2, encontram-se as fotos das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas com uso de sassafrás no processo tradicional (S_1), em galões de polipropileno com cavacos de sassafrás e circulação forçada (S_2), em galões de polipropileno com cavacos de sassafrás (S_3) e em barril de sassafrás com cavacos de sassafrás e circulação forçada (S_4).

O aspecto visual nas Figuras 1 e 2 indicaram uma crescente evolução para a cor vermelho escuro, nos tratamentos S_1 e S_4 , principalmente no tratamento S_4 , que utilizou barril de sassafrás e cavacos de sassafrás durante o envelhecimento. Nos tratamentos S_2 e S_3 , a evolução visual da cor tendeu para o amarelo tendo tonalidade mais intensa no tratamento S_2 .

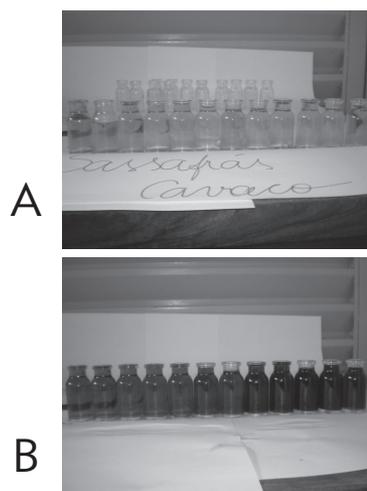


Figura 1. (A) Evolução mensal do aspecto visual da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida da forma tradicional em barril de sassafrás (tratamento S_1). (B) Evolução mensal do aspecto visual da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em galões de polipropileno com cavacos de sassafrás e circulação forçada (tratamento S_2).

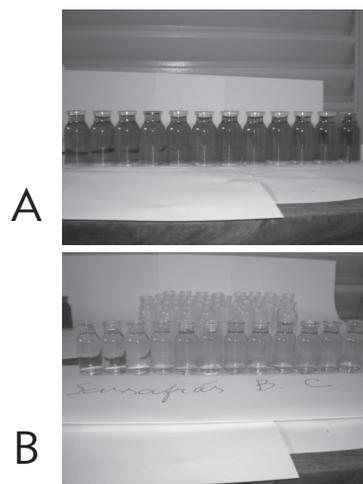


Figura 2. (A) Evolução mensal do aspecto visual da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em galões de polipropileno com cavacos de sassafrás (tratamento S_3). (B) Evolução mensal do aspecto visual da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em barril com cavacos de sassafrás com circulação forçada (tratamento S_4).

EVOLUÇÃO DO TEOR DE EXTRATO SECO

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados médios mensais do teor de extrato seco, os desvios-padrão e os coeficientes de variação das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob diferentes condições com o uso de sassafrás no período de doze meses.

Tabela 3. Teores médios mensais, desvio padrão e coeficiente de variação do teor de extrato seco (g/L) obtidos nos diferentes tratamentos, utilizando sassafrás durante o período de doze meses de envelhecimento.

Mês	Tratamentos				C.V.(%)*
	S1	S2	S3	S4	
1	0,81b ± 0,04	0,22c ± 0,01	0,09d ± 0,06	0,96a ± 0,05	6,62
2	0,93b ± 0,03	0,24c ± 0,03	0,12d ± 0,01	1,35a ± 0,02	3,14
3	1,06b ± 0,04	0,25c ± 0,02	0,15c ± 0,01	1,80a ± 0,24	13,97
4	1,15b ± 0,01	0,26c ± 0,01	0,17c ± 0,00	2,24a ± 0,13	6,14
5	1,22b ± 0,04	0,34c ± 0,05	0,19c ± 0,00	2,61a ± 0,15	6,69
6	1,33b ± 0,05	0,28c ± 0,07	0,20c ± 0,00	2,95a ± 0,05	7,17
7	1,49b ± 0,04	0,08d ± 0,02	0,24c ± 0,01	3,42a ± 0,12	3,90
8	1,70b ± 0,12	0,13c ± 0,03	0,24c ± 0,00	4,23a ± 0,34	10,89
9	1,98b ± 0,11	0,13d ± 0,00	0,29c ± 0,00	4,63a ± 0,05	3,79
10	2,22b ± 0,03	0,17d ± 0,02	0,35c ± 0,01	4,95a ± 0,12	2,59
11	2,65b ± 0,23	0,22c ± 0,03	0,46c ± 0,03	5,91a ± 0,16	5,31
12	2,52b ± 0,94	0,25c ± 0,02	0,64c ± 0,02	6,40a ± 0,15	19,56

*coeficiente variação; a, b letras iguais nas linhas significam que os tratamentos não diferiram entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey. S1 a S4 = tratamentos 1 a 4 com madeira sassafrás; Tratamento 1 – envelhecimento tradicional; Tratamento 2 – galões de polipropileno com cavacos e circulação forçada; Tratamento 3 – galões de polipropileno com cavacos e tratamento 4 – barril de madeira com cavacos e circulação forçada.

Os tratamentos S₁ e S₄ foram diferentes significativamente em todos os meses e também foram diferentes significativamente em todo o período de experimento dos tratamentos S₂ e S₃.

O teor de extrato seco não possui padrão na legislação, entretanto são os extratos que ajudam na mudança da cor das bebidas destiladas consideradas envelhecidas, sendo assim, é ideal que haja um mínimo de transferência de extratos para a bebida durante este processo. Pode-se verificar pela Tabela 3 que as bebidas envelhecidas em galões de polipropileno (S₂ e S₃) durante os doze meses de estudo não apresentaram teor de extrato seco igual ao mínimo obtido pela bebida no envelhecimento tradicional (S1), sendo possivelmente por este motivo a diferença de cor observada entre as bebidas nas Figuras 1 e 2.

Na Tabela 4, estão descritas as equações de regressão, os valores dos coeficientes de determinação (R²), coeficientes de variações (C.V.) e o nível de significância da regressão (p), para os quatro tratamentos que utilizaram a madeira sassafrás. Na Figura 3, encontram-se os respectivos gráficos da evolução mensal do extrato seco, para os tratamentos utilizando sassafrás.

Tabela 4. Equações de regressão, coeficientes de determinação, coeficientes de variação e nível de significância do modelo para extrato seco (g/L), das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob diferentes tratamentos utilizando sassafrás durante doze meses.

Tratamento ⁴	Equação	R ² (1)	C.V.2	p3
S1	$y = 0,7466 e^{0,1052x}$	0,9045	18,22	<0,001**
S2	$y = 0,0937 e^{0,1156x}$	0,756	17,11	<0,001**
S3	$y = 0,0865 e^{0,1544x}$	0,9673	21,94	0,77ns
S4	$y = 1,0326 e^{0,1632x}$	0,9579	6,67	0,005*

1 - Coeficiente de determinação; 2 – coeficiente de variação, 3 – nível de significância da equação 4 - Tratamento S1 – tradicional em sassafrás, Tratamento S2 – galões de polipropileno com cavacos de sassafrás e circulação forçada, Tratamento S3 – galões de polipropileno com cavacos de sassafrás, Tratamento S4 – barril de sassafrás com cavacos de sassafrás e circulação forçada, onde y é igual ao teor de extrato seco (g/L) e x é igual ao tempo em (meses).

Em todos os tratamentos, nos quais se utilizou a madeira sassafrás, observou-se um aumento do teor de extrato seco obedecendo a uma equação exponencial. Os valores de R² encontrados nestes tratamentos variaram entre 0,7560 a 0,9673. Neste experimento, o tratamento S1 e S2 obtiveram coeficientes de variação médios, o tratamento S4 obteve coeficiente de variação baixo e o tratamento S3 obteve coeficiente de variação alto.

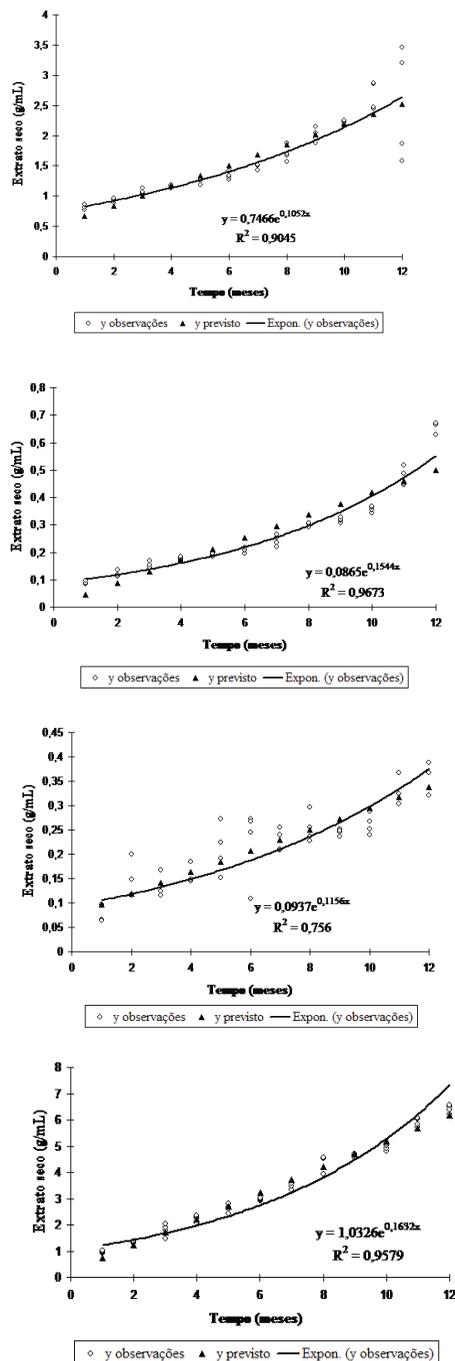


Figura 3. Evolução mensal no teor de extrato seco das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob os tratamentos S1 (tradicional sassafrás), S3 (galões de polipropileno com cavacos de sassafrás), S2 (galões de polipropileno com cavacos de sassafrás e circulação forçada) e S4 (barril de sassafrás com cavacos de sassafrás e circulação forçada), respectivamente em linhas.

Em estudos sobre a maturação de aguardente de cana-de-açúcar, composta com extrato de madeira de carvalho em embalagens polietileno tereftalato (PET), avaliou-se o teor de extrato seco no destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar (dasca) bidestilado utilizado para maceração da madeira de carvalho, sendo que foram realizadas treze macerações consecutivas, em batelada, mantendo a mesma quantidade de madeira. Após a maceração, drenava-se por gravidade a fase sólida e filtrava-se a fase líquida para retirada de extratos específicos para análise. Os extratos de carvalho eram armazenados nos períodos sem dasca em condições herméticas, à temperatura ambiente até a nova batelada. Cada batelada usava uma nova dasca. O autor verificou que, conforme realizava as extrações, o teor de extrato seco foi diminuindo, ou seja, foi retirado da madeira todo o extrato que era transferido para a bebida a cada batelada de maceração. O extrato que começou com 8,799 g/L no final das treze bateladas estava com 0,462 g/L⁸.

Autores estudaram o envelhecimento da aguardente de cana-de-açúcar com circulação forçada e o efeito da presença de ar no sistema. Durante 180 dias, foram utilizados dois ancorotes de carvalho de 5 litros para processo tradicional, seis ancorotes de cinco litros com circulação forçada. Verificou-se que, conforme passavam os meses, o teor de extrato seco aumentou tanto no envelhecimento tradicional como no envelhecimento com circulação forçada. E concluiu-se que a presença de ar no sistema aumentou o teor de extrato seco na bebida⁹.

A Figura 3 apresenta a evolução do teor de extrato seco no decorrer do período de armazenamento. Na Figura 3, pode-se observar que a madeira sassafrás liberou seu extrato em todos os tratamentos durante todo o período de envelhecimento. No entanto, no tratamento S₂, a incorporação de extrato foi menor que o tratamento tradicional (S₁). A incorporação não atingiu os níveis do primeiro mês de envelhecimento tradicional (S₁). No tratamento S₃, a incorporação ao final do envelhecimento atingiu os níveis do primeiro mês no sistema tradicional. Quanto à circulação, pode-se verificar nos tratamentos S₂ e S₃ a pequena influência desta nos tratamentos. Já no tratamento S₄, observa-se que com apenas seis meses de envelhecimento, atingiu níveis de transferência de extrato seco similar ao do tratamento tradicional (S₁), com doze meses. Sabendo-se da pequena influência da circulação, pode-se dizer que o grande aumento do teor de extrato seco

do tratamento S₄ está relacionado ao aumento de área da madeira exposto à ação da bebida.

EVOLUÇÃO DA ACIDEZ VOLÁTIL

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados médios mensais da acidez volátil, os desvios-padrão e os coeficientes de variação das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob diferentes condições no período de doze meses.

Tabela 5. Teores médios mensais, desvio padrão e coeficiente de variação da acidez volátil (mg/100mL etanol) obtidos nos diferentes tratamentos, utilizando sassafrás durante o período de doze meses de envelhecimento.

Mês	Tratamentos				C.V.(%)*
	S1	S2	S3	S4	
1	21,00b ± 7,35	15,86b,c ± 2,89	13,37c ± 0,15	40,63a ± 0,14	15,06
2	31,44b ± 2,80	19,47c ± 0,56	16,70c ± 3,70	42,73a ± 1,31	5,95
3	37,02b ± 3,11	21,64c ± 0,25	20,21c ± 0,44	45,45a ± 1,10	5,64
4	41,81b ± 0,91	21,39c ± 0,47	22,37c ± 0,04	51,96a ± 4,80	6,45
5	43,65b ± 1,58	22,28c ± 0,22	23,03c ± 0,27	58,14a ± 1,91	2,72
6	47,52b ± 0,64	23,45c ± 0,15	24,05c ± 0,30	64,37a ± 1,92	2,08
7	49,27b ± 1,12	24,75d ± 0,81	25,54c ± 0,66	73,09a ± 4,40	4,28
8	54,36b ± 2,60	27,14c ± 0,93	26,23c ± 0,10	77,46a ± 1,66	4,08
9	58,43b ± 1,17	29,25c ± 0,78	27,03d ± 0,51	82,35a ± 1,17	0,87
10	60,89b ± 0,52	30,60d ± 0,21	29,77c ± 1,96	86,57a ± 2,37	2,10
11	63,52b ± 1,54	38,47c ± 8,05	33,82c ± 0,76	102,00a ± 10,70	8,27
12	68,03b ± 1,49	60,25c ± 0,79	36,74c ± 2,39	136,24a ± 18,57	11,45

*coeficiente variação; a, b letras iguais nas linhas significam que os tratamentos não diferiram entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey. S1 a S4 = tratamentos 1 a 4 com madeira sassafrás; Tratamento 1 – envelhecimento tradicional; Tratamento 2 – galões de polipropileno com cavacos e circulação forçada; Tratamento 3 – galões de polipropileno com cavacos e tratamento 4 – barril de madeira com cavacos e circulação forçada.

Os tratamentos S₁ e S₄ diferiram entre si em todo o período do estudo e diferiram também dos tratamentos S₂ e S₃, que não diferiram entre si em praticamente todos os meses. De acordo com a legislação, todos os tratamentos encontram-se dentro dos padrões legais vigentes.

Foi estudado o efeito da presença de ar no envelhecimento de doze amostras envelhecidas de aguardente de cana-de-açúcar com circulação forçada, durante 180 dias, em ancorotes de carvalho de 5 litros, sendo seis amostras envelhecidas no processo tradicional e seis pelo processo de circulação forçada. Verificou-se que ao longo do envelhecimento houve um aumento da acidez volátil na aguardente de cana-de-açúcar, conforme era esperado. Observou-se também que a presença de ar no sistema de circulação forçada certamente favoreceu o processo de envelhecimento, pois ocorreu uma maior extração dos componentes da madeira¹⁰. Também foi investigado o envelhecimento da aguardente de cana-de-açúcar em um estudo comparativo entre o envelhecimento tradicional em carvalho (*Quercus sp*) utilizando cinco tipos de amostras de aguardente de cana-de-açúcar, obtida por destilação contínua. Os resultados mostraram, após seis meses de envelhecimento, uma diminuição da acidez volátil, que explicou por meio de evaporação do ácido acético pelos poros da madeira ou durante o processo de aeração¹¹.

Na Tabela 6, estão descritas as equações de regressão, os valores dos coeficientes de determinação (R²) e os coeficientes de variações (C.V.) e o nível de significância da regressão (p), nos quatro tratamentos que utilizaram a madeira sassafrás, para a acidez volátil.

Nos tratamentos S¹ a S⁴, em que se utilizaram os barris de sassafrás, obtiveram-se coeficientes de variação variando de 7,12 a 24,24 sendo que o tratamento S² obteve o maior coeficiente de variação.

Na Figura 4, encontram-se os respectivos gráficos da evolução mensal da acidez volátil para os tratamentos utilizando sassafrás.

Os tratamentos S² (cavacos e circulação) e S³ (cavacos), não tiveram muito aumento da acidez volátil na bebida, visto que não estavam nos barris e sim em embalagens polipropileno. O aumento da acidez volátil foi muito pequeno não podendo ser utilizado para envelhecimento, visto que, durante doze meses de envelhecimento, o aumento conseguiu alcançar os níveis do primeiro

Tabela 6. Equações de regressão, coeficientes de determinação, coeficientes de variação e nível de significância do modelo para acidez volátil (mg/100mL etanol), das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob diferentes tratamentos utilizando sassafrás durante doze meses.

Tratamento ⁴	Equação	R2(1)	C.V.2	p3
S1	$y = 19,2730 + 5,621x - 0,1411x^2$	0,9502	7,12	<0,001**
S2	$y = 22,784 - 2,7821x + 0,4258x^2$	0,8261	24,24	<0,001**
S3	$y = 14,116 + 1,5398x + 0,0167x^2$	0,9010	8,23	<0,001**
S4	$y = 42,41 - 0,4408x + 0,5977x^2$	0,9083	14,78	<0,001**

1 - Coeficiente de determinação; 2 - coeficiente de variação, 3 - nível de significância da equação 4 - Tratamento S1 – tradicional em sassafrás, Tratamento S2 – galões de polipropileno com cavacos de sassafrás e circulação forçada, Tratamento S3 – galões de polipropileno com cavacos de sassafrás, Tratamento S4 – barril de sassafrás com cavacos de sassafrás e circulação forçada, em que y é igual a acidez volátil (mg/100mL etanol) e x é igual ao tempo em (meses).

mês de envelhecimento tradicional, tratamento S¹, isso pode significar uma bebida com qualidade inferior, já que os ácidos ajudam na composição dos compostos aromáticos, não podendo, então, utilizar apenas cavacos de madeira e circulação forçada para envelhecimento da bebida. A circulação quase não acelerou o processo de envelhecimento, já que o tratamento utilizando circulação teve quase o mesmo nível de acidez que o tratamento que não utilizou. Já o tratamento S⁴ (tonel, cavacos e circulação), até o mês seis de envelhecimento atingiu os mesmos níveis do aumento da acidez que o tratamento tradicional, tratamento S¹, durante os doze meses de envelhecimento, pode-se dizer também que o que ajudou este aumento da acidez foi a adição de cavacos de madeira juntamente com o tonel, visto que a circulação não tem muita influência na transferência.

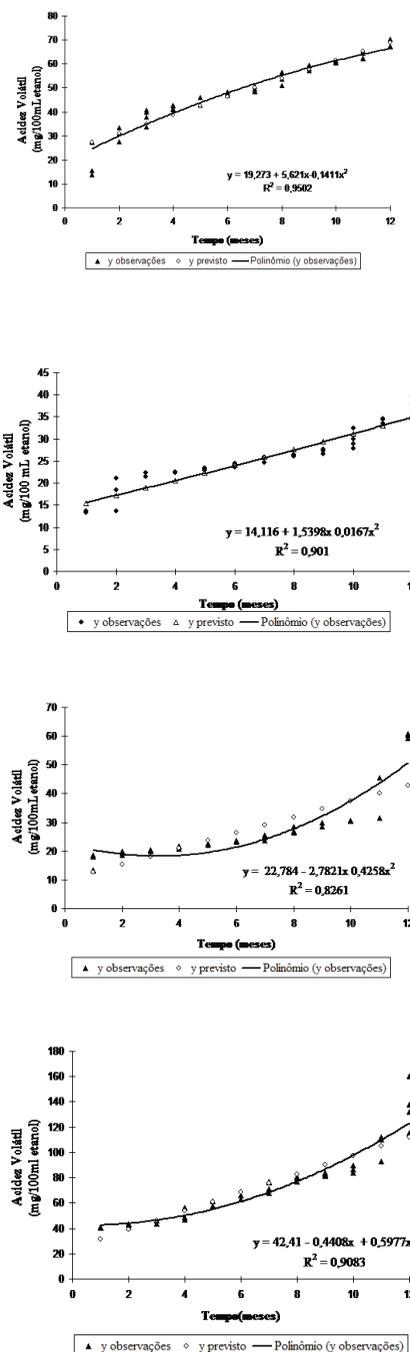


Figura 4. Evolução mensal no teor da acidez volátil das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob os tratamentos S1 (tradicional sassafrás), S3 (galões de polipropileno com cavacos de sassafrás), S2 (galões de polipropileno com cavacos de sassafrás e circulação forçada) e S4 (barril de sassafrás com cavacos de sassafrás e circulação forçada), respectivamente em linhas.

EVOLUÇÃO DA DENSIDADE

Na Tabela 7, estão apresentados os resultados médios mensais da densidade, os desvios-padrão e os coeficientes de variação das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob diferentes condições no período de doze meses. Observa-se pela Tabela 7 que o tratamento S⁴ diferiu em quase todo o experimento de todos os tratamentos, possivelmente, pela maior área de transferência que a bebida estava exposta.

Tabela 7. Teores médios mensais, desvios-padrão e coeficientes de variação da densidade (g/mL) obtidos nos diferentes tratamentos, utilizando sassafrás durante o período de doze meses de envelhecimento.

Mês	Tratamentos				
	S1	S2	S3	S4	C.V.(%)*
1	0,937b ± 0,001	0,939a ± 0,000	0,933c ± 0,000	0,947a ± 0,000	0,075
2	0,940b ± 0,000	0,940b ± 0,000	0,936c ± 0,001	0,941a ± 0,000	0,059
3	0,940b ± 0,000	0,941c ± 0,000	0,938d ± 0,000	0,942a ± 0,000	0,007
4	0,941b ± 0,000	0,940c ± 0,000	0,938d ± 0,000	0,942a ± 0,000	0,009
5	0,942b ± 0,000	0,941c ± 0,000	0,938d ± 0,000	0,943a ± 0,000	0,005
6	0,941c ± 0,000	0,942b ± 0,000	0,938d ± 0,000	0,943a ± 0,000	0,008
7	0,942c ± 0,000	0,943b ± 0,000	0,939d ± 0,000	0,944a ± 0,000	0,011
8	0,943b ± 0,000	0,944a ± 0,000	0,939c ± 0,000	0,944a ± 0,000	0,030
9	0,944c ± 0,000	0,946a ± 0,000	0,940d ± 0,000	0,945b ± 0,000	0,011
10	0,944b ± 0,000	0,946a ± 0,000	0,941c ± 0,000	0,946a ± 0,000	0,040
11	0,946b ± 0,000	0,946b ± 0,000	0,941c ± 0,000	0,949a ± 0,001	0,067
12	0,948b ± 0,001	0,949a,b ± 0,002	0,949a,b ± 0,005	0,954a ± 0,000	0,261

*coeficiente variação; a, b letras iguais nas linhas significam que os tratamentos não diferiram entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey. S1 a S4 = tratamentos 1 a 4 com madeira sassafrás; Tratamento 1 – envelhecimento tradicional; Tratamento 2 – galões de polipropileno com cavacos e circulação forçada; Tratamento 3 – galões de polipropileno com cavacos e tratamento 4 – barril de madeira com cavacos e circulação forçada.

Na Tabela 8, estão descritas as equações de regressão, os valores dos coeficientes de determinação (R²), coeficientes de variações (C.V.) e o nível de significância da regressão (p), nos quatro tratamentos que utilizaram a madeira sassafrás.

Tabela 8. Equações de regressão, coeficientes de determinação, coeficientes de variação e nível de significância do modelo para densidade (g/mL), das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob diferentes tratamentos utilizando sassafrás durante doze meses.

Tratamento ⁴	Equação	R ²⁽¹⁾	C.V. ²	p ³
S1	$y = 0,9485 - 0,001x + 2E-05x^2$	0,8937	0,10	<0,001**
S2	$y = 0,9395 + 0,0002x + 5E-05x^2$	0,9503	0,09	<0,001**
S3	$y = 0,9473 - 0,0017x + 6E-05x^2$	0,662	0,25	<0,001**
S4	$y = 0,9427 - 0,0007x + 0,0001x^2$	0,8967	0,18	<0,001**

1 - Coeficiente de determinação; 2 - coeficiente de variação, 3 - nível de significância da equação 4 - Tratamento S1 – tradicional em sassafrás, Tratamento S2 – galões de polipropileno com cavacos de sassafrás e circulação forçada, Tratamento S3 – galões de polipropileno com cavacos de sassafrás, Tratamento S4 – barril de sassafrás com cavacos de sassafrás e circulação forçada, em que y é igual a densidade (g/mL) e x é igual ao tempo em (meses).

Na Figura 5, encontram-se os respectivos gráficos da evolução mensal da densidade, para os tratamentos utilizando sassafrás. Em todos os tratamentos nos quais se utilizou a madeira sassafrás, houve um aumento da densidade. Isso pode ser explicado pela transferência de compostos de alta densidade para a bebida durante o envelhecimento.

EVOLUÇÃO DO GRAU ALCÓOLICO

Na Tabela 9, estão apresentados os resultados médios mensais do grau alcoólico, os desvios-padrão e os coeficientes de variação das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob diferentes condições no período de doze meses.

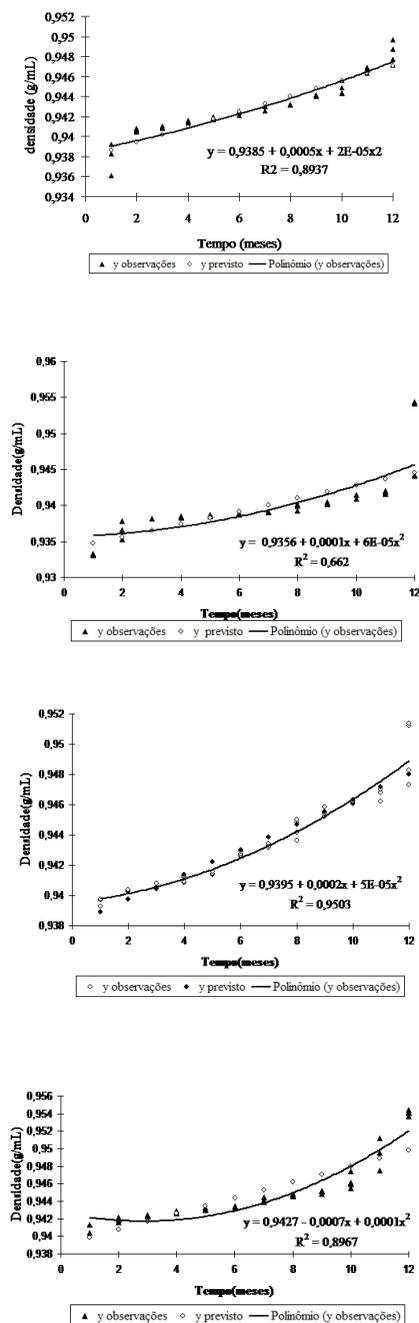


Figura 5. Evolução mensal no teor da densidade das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob os tratamentos S1 (tradicional sassafrás), S3 (galões de polipropileno com cavacos de sassafrás), S2 (galões de polipropileno com cavacos de sassafrás e circulação forçada) e S4 (barril de sassafrás com cavacos de sassafrás e circulação forçada), respectivamente em linhas.

Tabela 9. Teores médios mensais, desvio-padrão e coeficiente de variação do grau alcoólico (% volume) obtidos nos diferentes tratamentos, utilizando sassafrás durante o período de doze meses de envelhecimento.

Mês	Tratamentos				C.V.(%)*
	S1	S2	S3	S4	
1	45,25a,b ± 0,07	44,90b ± 0,56	46,10a ± 0,42	44,40b ± 0,14	0,51
2	44,50a ± 0,00	44,50a ± 0,84	45,65a ± 0,07	43,90a ± 0,28	0,86
3	44,30a,b ± 0,21	44,10a,b ± 0,84	45,50a ± 0,00	43,10b ± 0,00	1,06
4	43,70b ± 0,14	43,40b,c ± 0,14	45,35a ± 0,07	43,00c ± 0,00	0,27
5	43,35b ± 0,070	42,15d ± 0,07	45,10a ± 0,00	42,85c ± 0,07	0,15
6	42,70b ± 0,00	41,70d ± 0,00	44,95a ± 0,07	42,30c ± 0,14	0,15
7	42,65b ± 0,07	41,05c ± 0,49	44,80a ± 0,00	41,70b,c ± 0,00	0,55
8	42,40b ± 0,21	40,50d ± 0,14	44,65a ± 0,21	41,50c ± 0,21	0,41
9	42,30b ± 0,00	40,10c ± 0,70	44,45a ± 0,07	41,10b,c ± 0,21	0,78
10	42,05b ± 0,07	39,45c ± 0,35	44,40a ± 0,00	40,60c± 0,28	0,63
11	38,95b,c ± 0,63	38,30c ± 0,28	44,15a ± 0,21	40,20b ± 0,28	0,93
12	36,60b ± 1,41	38,75b ± 0,21	43,85a ± 0,21	39,30b ± 0,28	1,97

*coeficiente variação; a,b letras iguais nas linhas significam que os tratamentos não diferiram entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey. S1 a S4 = tratamentos 1 a 4 com madeira sassafrás; Tratamento 1 – envelhecimento tradicional; Tratamento 2 – galões de polipropileno com cavacos e circulação forçada; Tratamento 3 – galões de polipropileno com cavacos e tratamento 4 – barril de madeira com cavacos e circulação forçada.

Estudos realizados em dez amostras sem envelhecer e dez amostras envelhecidas com relação ao perfil quantitativo do grau alcoólico e dos teores de cobre e de açúcares em cachaças comerciais mostraram que nas amostras envelhecidas o teor de álcool variava de 38,3% a 46,6% volume enquanto que nas amostras sem envelhecer o teor alcoólico encontrado ficou entre 34,6% a 41,8% volume. Neste estudo, verificou-se também que das cachaças analisadas, apenas três amostras sem envelhecer encontravam-se fora do padrão da legislação vigente¹².

Na Tabela 10, estão descritas as equações de regressão, os valores dos coeficientes de determinação (R²), coeficientes de variações (C.V.) e o nível de significância da regressão (p), nos quatro tratamentos que utilizaram a madeira sassafrás. Na Figura 6, encontram-se os respectivos gráficos da evolução mensal do grau alcoólico, para os tratamentos utilizando sassafrás.

Tabela 10. Equações de regressão, coeficientes de determinação, coeficientes de variação e nível de significância do modelo para grau alcoólico (% volume), das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob diferentes tratamentos utilizando sassafrás durante doze meses.

Tratamento ⁴	Equação	R ²⁽¹⁾	C.V. ²	p ³
S1	$y = 44,340 + 0,23674x - 0,063x^2$	0,8661	2,65	<0,001**
S2	$y = 45,939 - 0,7581x + 0,0104x^2$	0,9604	1,10	<0,001**
S3	$y = 43,819 + 0,1441x + 0,0029x^2$	0,9529	0,33	<0,001**
S4	$y = 44,562 - 0,344x - 0,0063x^2$	0,9782	0,56	<0,001**

1 - coeficiente de determinação; 2 - coeficiente de variação; 3 - nível de significância da equação 4 - Tratamento S1 - tradicional em sassafrás, Tratamento S2 - galões de polipropileno com cavacos de sassafrás e circulação forçada, Tratamento S3 - galões de polipropileno com cavacos de sassafrás, Tratamento S4 - barril de sassafrás com cavacos de sassafrás e circulação forçada, em que y é igual ao grau alcoólico (% volume) e x é igual ao tempo em (meses).

O tratamento S₁ a S₄ que se utilizou da madeira sassafrás obtiveram-se coeficientes de variação baixos, de 0,33 a 2,65 indicando assim uma ótima precisão do experimento em relação ao grau alcoólico. Todos os tratamentos tiveram um crescimento de forma polinomial.

Alguns autores estudaram a radiação gama na aguardente de cana-de-açúcar e analisaram cinco aguardentes de cana-de-açúcar diferentes. As aguardentes de cana-de-açúcar foram transferidas de suas embalagens originais para frascos de vidro e tonéis de carvalho, em que foram irradiadas com doses de 0,0, 0,1, 2,0, 5,0 e 10,0 KGy. A graduação alcoólica foi medida no alcoômetro de Gay-Lussac segundo normas do Instituto Adolfo Lutz.

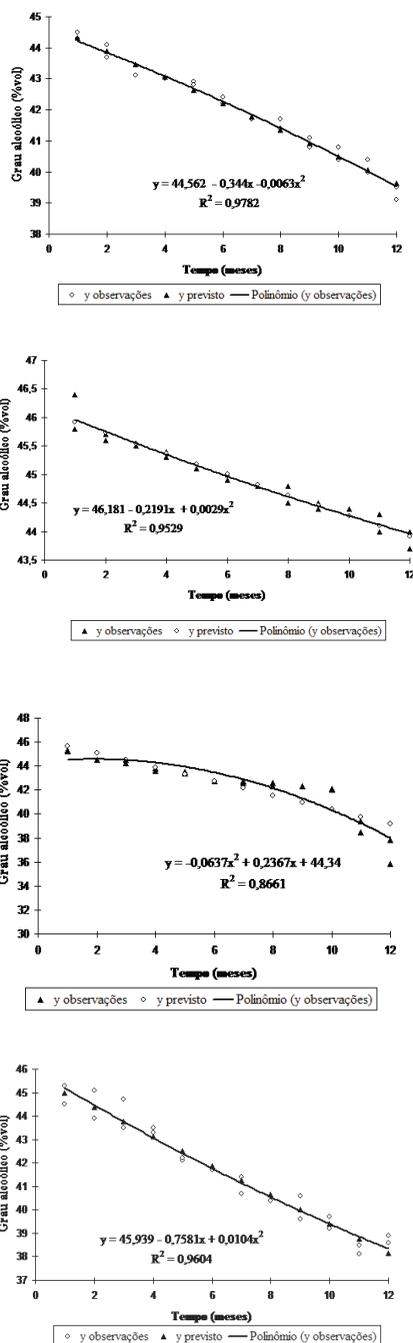


Figura 6. Evolução mensal no teor do grau alcoólico das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob os tratamentos S1 (tradicional sassafrás), S3 (galões de polipropileno com cavacos de sassafrás), S2 (galões de polipropileno com cavacos de sassafrás e circulação forçada) e S4 (barril de sassafrás com cavacos de sassafrás e circulação forçada), respectivamente em linhas.

Em todas as amostras, a radiação fez com que o grau alcoólico da bebida diminuísse. O autor verificou também que houve uma correlação entre as doses de radiações aplicadas e as concentrações do grau alcoólico¹³.

Os tratamentos S₁ e S₄ (barril de madeira) tiveram um decréscimo durante os doze meses de envelhecimento, isto pode ser explicado devido à alta porosidade da madeira utilizada, ajudando na evaporação da água e do álcool. Já os tratamentos S₂ e S₃ (embalagens de polipropileno) tiveram uma diminuição no teor alcoólico. Possivelmente, porque as embalagens não ficaram protegidas da incidência da luz solar, aumentando, então, a perda por evaporação da fração de álcool e água, diminuindo o grau alcoólico.

EVOLUÇÃO DOS COMPOSTOS DO DESTILADO DO CONTROLE (VIDRO) DOS TRATAMENTOS EM GALÃO DE POLIPROPILENO COM CIRCULAÇÃO FORÇADA E ESTÁTICO

Evolução do extrato seco

Na Tabela 11, estão apresentados os valores médios mensais do extrato seco, os desvios-padrão e os coeficientes de variação da aguardente de cana-de-açúcar armazenada sob diferentes condições no período de doze meses.

Todos os tratamentos diferiram ($p \leq 0,05$) entre si nos meses dois, quatro, cinco e sete a doze. No mês um, o tratamento padrão (P) diferiu ($p \leq 0,05$) do tratamento PP e PPc. Nos meses três e seis diferiu ($p \leq 0,05$) do tratamento PPc. Entre os tratamentos PPc e PP nos meses três e seis diferiram ($p \leq 0,05$) entre si e no mês um não diferiram ($p > 0,05$).

Na Tabela 12, estão os valores da equação de regressão, os valores do coeficiente de determinação (R²), coeficientes de variação (C.V.) e nível de significância da regressão (p) nos tratamentos PP e PPc durante os doze meses de envelhecimento. Na Figura 7, estão apresentados os gráficos da evolução mensal do extrato seco, para os tratamentos.

Nos tratamentos PPc e PP observou-se um aumento do teor de extrato seco quase que constante e de forma polinomial. Obteve-se um R² 0,9277 e 0,9753, respectivamente. A transferência de extrato seco foi muito, baixa devido à falta de madeira, podendo-se verificar, então, que o galão plástico de polipropileno não influencia no envelhecimento da bebida.

Tabela 11. Teores médios mensais, desvio-padrão e coeficiente de variação do teor de extrato seco (g/mL) obtidos nos diferentes tratamentos, utilizando galões de polipropileno durante o período de doze meses de envelhecimento.

Mês	Tratamentos				C.V.(%)*
	S1	S2	S3	S4	
1	0,01b ± 0,00	0,01b ± 0,00	0,05a ± 0,00	11,93	0,51
2	0,01c ± 0,00	0,02b ± 0,00	0,05a ± 0,00	6,74	0,86
3	0,02b ± 0,00	0,04a ± 0,00	0,05a ± 0,00	9,86	1,06
4	0,02c ± 0,00	0,06a ± 0,00	0,05b ± 0,00	5,65	0,27
5	0,04c ± 0,00	0,07a ± 0,00	0,05b ± 0,00	5,05	0,15
6	0,05b ± 0,00	0,08a ± 0,00	0,05b ± 0,00	4,14	0,15
7	0,06b ± 0,00	0,09a ± 0,00	0,05c ± 0,00	3,65	0,55
8	0,09b ± 0,00	0,12a ± 0,00	0,05c ± 0,00	4,38	0,41
9	0,08b ± 0,00	0,13a ± 0,00	0,05c ± 0,00	5,41	0,78
10	0,08b ± 0,00	0,13a ± 0,00	0,05c ± 0,00	7,94	0,63
11	0,09b ± 0,00	0,17a ± 0,00	0,05c ± 0,00	7,27	0,93
12	0,08b ± 0,00	0,18a ± 0,00	0,05c ± 0,00	5,55	1,97

*coeficiente variação; a, b letras iguais nas linhas significam que os tratamentos não diferiram entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey. S1 a S4 = tratamentos 1 a 4 com madeira sassafrás; Tratamento 1 – envelhecimento tradicional; Tratamento 2 – galões de polipropileno com cavacos e circulação forçada; Tratamento 3 – galões de polipropileno com cavacos e tratamento 4 – barril de madeira com cavacos e circulação forçada.

Tabela 12. Equações de regressão, coeficientes de determinação, coeficientes de variação e nível de significância do modelo para extrato seco (g/L), das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob diferentes tratamentos utilizando galões de polipropileno durante doze meses.

Tratamento ⁴	Equação	R ²⁽¹⁾	C.V. ²	p ³
PPC	$y = - 0,0154 + 0,0154x - 0,0005x^2$	0,9277	18,14	0,96ns
PP	$y = - 0,0008 + 0,0132x + 0,0002x^2$	0,9753	39,80	0,02ns

1 - coeficiente de determinação; 2 - coeficiente de variação, 3 - nível de significância da equação 4 - Tratamento PPc –galões de polipropileno com circulação forçada, Tratamento PP – galões de polipropileno estático, em que y é igual ao teor de extrato seco (g/L) e x é igual ao tempo em (meses).

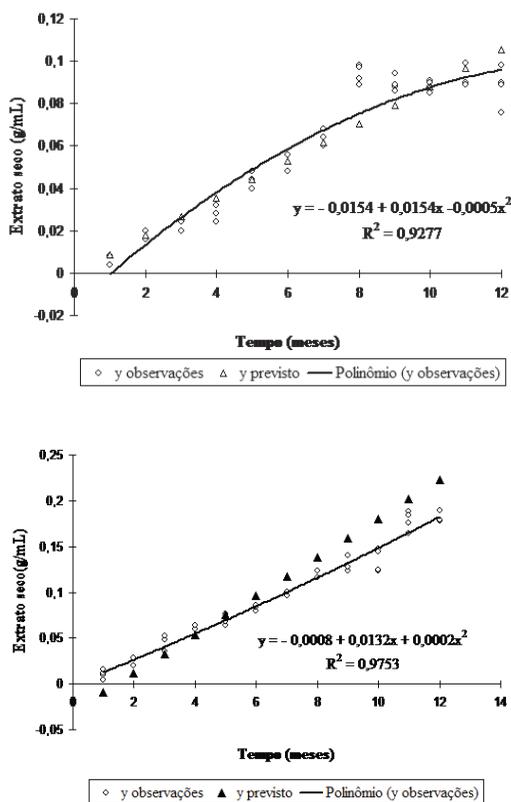


Figura 7. Evolução mensal no teor do extrato seco das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob os tratamentos PPc (galões de polipropileno com circulação forçada) e PP (galões de polipropileno estático), respectivamente.

Nestes tratamentos, pode-se constatar que o bombeamento não influencia na transferência de extrato para a bebida.

Evolução da acidez volátil

Na Tabela 13, estão apresentados os valores médios mensais da acidez volátil, os desvios-padrão e os coeficientes de variação da aguardente de cana-de-açúcar armazenada sob diferentes condições no período de doze meses.

Em relação à análise estatística, os tratamentos PPc e PP apenas diferiram ($p \leq 0,05$) entre si nos meses dois, três e oito. O tratamento padrão (P) diferiu ($p \leq 0,05$) em todos os meses dos outros dois tratamentos.

Tabela 13. Teores médios mensais, desvio-padrão e coeficiente de variação da acidez volátil (mg/100mL etanol) obtidos nos diferentes tratamentos, utilizando galões de polipropileno durante o período de doze meses de envelhecimento.

Mês	Tratamentos				C.V.(%)*
	S1	S2	S3	S4	
1	13,43a ± 0,18	13,11a ± 0,46	11,10b ± 0,00	2,05	0,51
2	15,30a ± 0,61	13,41b ± 0,04	11,10c ± 0,00	2,57	0,86
3	16,94a ± 0,28	15,51b ± 0,83	11,10c ± 0,00	2,93	1,06
4	17,83a ± 0,46	17,50a ± 0,06	11,10b ± 0,00	1,65	0,27
5	16,68a ± 0,47	18,31a ± 0,60	11,10b ± 0,00	2,14	0,15
6	19,80a ± 0,30	19,57a ± 0,41	11,10b ± 0,00	1,29	0,15
7	21,78a ± 1,15	21,27a ± 0,49	11,10b ± 0,00	3,22	0,55
8	23,89a ± 0,93	22,09b ± 0,21	11,10c ± 0,00	2,63	0,41
9	26,04a ± 0,76	24,81a ± 2,29	11,10b ± 0,00	6,05	0,78
10	27,65a ± 0,25	27,37a ± 0,39	11,10b ± 0,00	0,92	0,63
11	29,14a ± 1,30	28,71a ± 0,51	11,10b ± 0,00	2,88	0,93
12	39,22a ± 4,58	39,15a ± 6,53	11,10b ± 0,00	11,26	1,97

* Coeficientes de variação; a,b letras iguais nas linhas significam que os tratamentos não diferiram entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey. PPc – galões de polipropileno com circulação forçada. PP – galões de polipropileno estático;

A Tabela 14 contém os valores da equação de regressão, do coeficiente de determinação (R^2), coeficientes de variação (C.V.) e nível de significância da regressão (p) nos tratamentos PP e PPc durante os doze meses de envelhecimento. Na Figura 8, estão mostrados os gráficos da evolução mensal da acidez volátil, para os tratamentos.

O tratamento PPc e PP foram os tratamentos para controle do galão de polipropileno (PP) e para controle da utilização da circulação forçada (PPc).

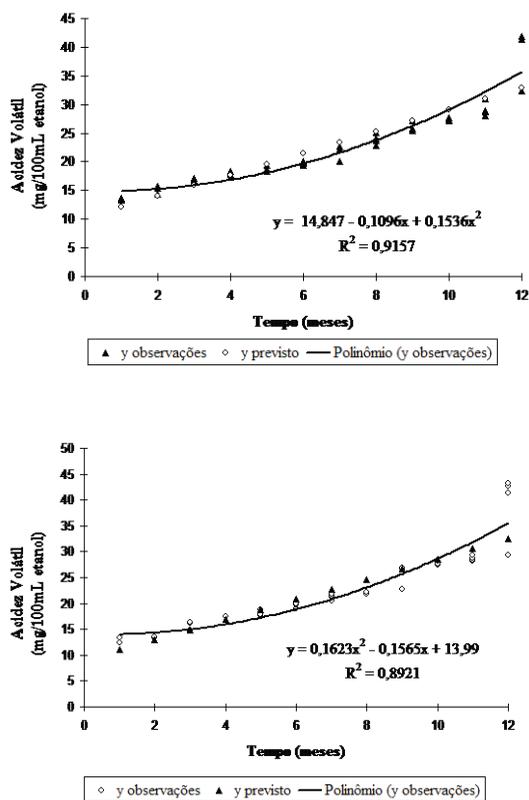


Figura 8. Evolução mensal no teor da acidez volátil das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob os tratamentos PPc (galões de polipropileno com circulação forçada) e PP (galões de polipropileno estático), respectivamente.

Nos dois tratamentos, a acidez volátil da aguardente de cana-de-açúcar aumentou durante o período de doze meses. O bombeamento não interferiu nos dois tratamentos que tiveram o mesmo aumento da acidez.

Evolução da densidade

Na Tabela 15, estão apresentados os valores médios mensais da densidade, os desvios-padrão e os coeficientes de variação da aguardente de cana-de-açúcar armazenada sob diferentes condições no período de doze meses. Observa-se que todos os tratamentos, com exceção do mês dois, diferiram ($p \leq 0,05$) entre si em todos os demais meses, para os tratamentos PPc e PP.

Tabela 15. Teores médios mensais, desvios-padrão e coeficientes de variação da densidade (g/mL) obtidos nos diferentes tratamentos, utilizando galões de polipropileno durante o período de doze meses de envelhecimento.

Mês	Tratamentos				C.V.(%)*
	S1	S2	S3	S4	
1	0,936a ± 0,000	0,933b ± 0,000	0,860c ± 0,000	0,052	0,51
2	0,938a ± 0,000	0,937a ± 0,000	0,860b ± 0,000	0,025	0,86
3	0,939a ± 0,000	0,938b ± 0,000	0,860c ± 0,000	0,016	1,06
4	0,939a ± 0,000	0,938b ± 0,000	0,860c ± 0,000	0,010	0,27
5	0,940a ± 0,000	0,938b ± 0,000	0,860c ± 0,000	0,007	0,15
6	0,940a ± 0,000	0,938b ± 0,000	0,860c ± 0,000	0,015	0,15
7	0,941a ± 0,000	0,939b ± 0,000	0,860c ± 0,000	0,020	0,55
8	0,941a ± 0,000	0,940b ± 0,000	0,860c ± 0,000	0,006	0,41
9	0,941a ± 0,000	0,940b ± 0,000	0,860c ± 0,000	0,006	0,78
10	0,941a ± 0,000	0,940b ± 0,000	0,860c ± 0,000	0,012	0,63
11	0,942a ± 0,000	0,941b ± 0,000	0,860c ± 0,000	0,033	0,93
12	0,943b ± 0,000	0,949a ± 0,003	0,860c ± 0,000	0,188	1,97

* Coeficiente de variação; a,b letras iguais nas linhas significam que os tratamentos não diferiram entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey. PPc – galões de polipropileno com circulação forçada. PP – galões de polipropileno estático;

Na Tabela 16, estão apresentados os valores da equação de regressão, os valores do coeficiente de determinação (R²), coeficientes de variação (C.V.) e o nível de significância da regressão (p) nos tratamentos PP e PPc durante os doze meses de envelhecimento.

Os tratamentos PPc e PP são tratamentos padrões, que tiveram a densidade aumentada durante os doze meses de tratamento. O tratamento PPc (galão de polipropileno com circulação forçada) teve uma diminuição do grau alcoólico, apesar do galão impermeável, esta diminuição pode ter influenciado no aumento da densidade durante o envelhecimento.

Tabela 16. Equações de regressão, coeficientes de determinação, coeficientes de variação e nível de significância do modelo para densidade (g/mL), das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob diferentes tratamentos utilizando galões de polipropileno durante doze meses.

Tratamento ⁴	Equação	R ²⁽¹⁾	C.V. ²	p ³
PPc	$y = 0,9364 - 8E-05x + 7E-05x^2$	0,6983	0,2350	<0,001**
PP	$y = 0,9432 - 0,0002x - 2E-05x^2$	0,9506	0,05	<0,001**

1 - coeficiente de determinação; 2 - coeficiente de variação, 3 - nível de significância da equação 4 - Tratamento PPc - galões de polipropileno com circulação forçada, Tratamento PP - galões de polipropileno estático, onde y é igual a densidade (g/mL) e x é igual ao tempo em (meses).

Na Figura 9, estão mostrados os gráficos da evolução mensal da densidade para os tratamentos.

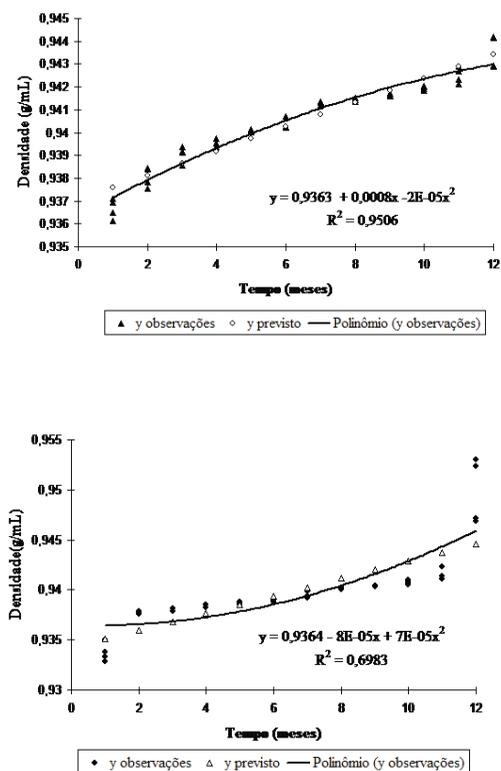


Figura 9. Evolução mensal no teor da densidade das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob os tratamentos PPc (galões de polipropileno com circulação forçada) e PP (galões de polipropileno estático), respectivamente.

Evolução do grau alcoólico

Na Tabela 17, estão apresentados os valores médios mensais do grau alcoólico, os desvios-padrão e os coeficientes de variação das aguardentes de cana-de-açúcar armazenadas sob diferentes condições no período de doze meses.

Tabela 17. Teores médios mensais, desvio padrão e coeficiente de variação do grau alcoólico (% volume) obtidos nos diferentes tratamentos, utilizando galões de polipropileno durante o período de doze meses de envelhecimento.

Mês	Tratamentos				C.V.(%)*
	S1	S2	S3	S4	
1	45,20a ± 0,00	44,10b ± 0,07	45,10a ± 0,00	0,09	0,51
2	44,80b ± 0,21	44,20c ± 0,00	45,10a ± 0,00	0,09	0,86
3	44,30a ± 0,21	44,40a ± 0,07	45,10a ± 0,00	0,32	1,06
4	43,80b ± 0,00	44,50a,b ± 0,00	45,10a ± 0,00	0,45	0,27
5	43,50c ± 0,14	44,50b ± 0,00	45,10a ± 0,00	0,42	0,15
6	43,20c ± 0,14	44,60b ± 0,00	45,10a ± 0,00	0,18	0,15
7	42,90c ± 0,00	44,60b ± 0,00	45,10a ± 0,00	0,00	0,55
8	42,50c ± 0,00	44,70b ± 0,00	45,10a ± 0,00	0,00	0,41
9	42,30b ± 0,28	44,70a ± 0,00	45,10a ± 0,00	0,37	0,78
10	41,90c ± 0,07	44,80b ± 0,00	45,10a ± 0,00	0,09	0,63
11	41,80c ± 0,00	44,80b ± 0,07	45,10a ± 0,00	0,00	0,93
12	41,70b ± 0,07	44,90a ± 0,07	45,10a ± 0,00	0,24	1,97

* Coeficiente de variação; a,b letras iguais nas linhas significam que os tratamentos não diferiram entre si (p>0,05), pelo teste de Tukey. PPc - galões de polipropileno com circulação forçada .PP - galões de polipropileno estático;

Nos meses dois, cinco a oito, dez e onze, todos os tratamentos diferiram (p≤0,05) entre si. No mês três, nenhum dos tratamentos diferiu (p>0,05) entre si. O tratamento padrão no mês um diferiu (p≤0,05) do tratamento PP e, nos meses quatro, nove e doze, diferiu (p≤0,05) do tratamento PPc. Os tratamentos PPc e PP diferiram (p≤0,05) entre si nos meses um, nove e doze e não diferiram (p>0,05) no mês quatro.

Alguns autores, estudando o efeito da circulação forçada da aguardente de cana-de-açúcar de cana, avaliaram doze amostras de cachaça envelhecidas durante 180 dias, em pequenos ancorotes de carvalho de cinco litros, sendo seis envelhecidas de forma tradicional e seis envelhecidas em um processo de circulação forçada, e amostra controle em galões de vidro de cinco litros. Verificou-se que, dentre as amostras envelhecidas com circulação forçada, ocorreu um aumento de 1,2% no teor alcoólico, valor este, por sua vez, menor que o observado nas amostras envelhecidas tradicionalmente (2,8%). Os autores concluíram que o processo de circulação forçada não apresentou, tanto do ponto de vista físico-químico como sensorial, resultados que sua adoção, como forma válida para reduzir o tempo de envelhecimento da cachaça¹⁴.

A Tabela 18 contém os valores da equação de regressão, os valores do coeficiente de determinação (R²), coeficientes de variação (C.V.) e nível de significância da regressão (p) nos tratamentos PP e PPc durante os doze meses de envelhecimento.

Tabela 18 . Equações de regressão, coeficientes de determinação, coeficientes de variação e nível de significância do modelo para grau alcoólico (% volume), das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob diferentes tratamentos utilizando galões de polipropileno durante doze meses.

Tratamento ⁴	Equação	R ²⁽¹⁾	C.V. ²	p ³
PPc	$y = 45,761 - 0,5228x + 0,015x^2$	0,988	0,48	<0,001**
PP	$y = 44,089 + 0,0953x - 0,0023x^2$	0,9417	0,14	<0,001**

1 - coeficiente de determinação; 2 - coeficiente de variação, 3 - nível de significância da equação 4 - Tratamento PPc - galões de polipropileno com circulação forçada, Tratamento PP - galões de polipropileno estático, em que y é igual ao grau alcoólico (% volume) e x é igual ao tempo em (meses).

Na Figura 10, estão apresentados os gráficos da evolução mensal do grau alcoólico para os tratamentos.

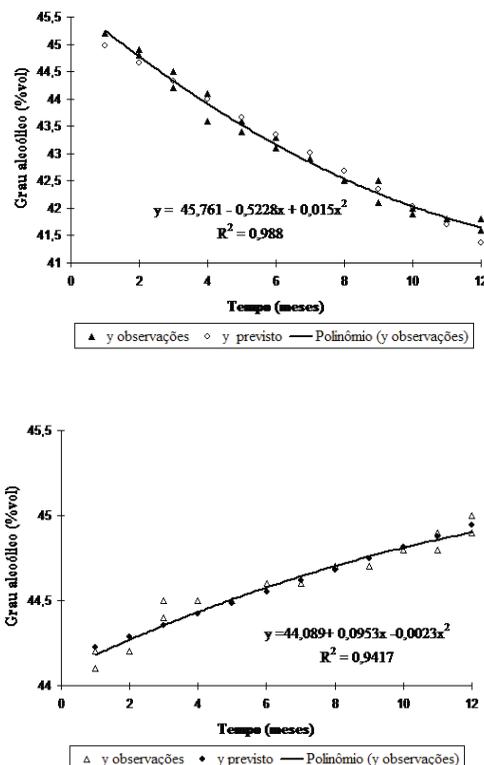


Figura 10. Evolução mensal no teor do grau alcoólico das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas sob os tratamentos PPc (galões de polipropileno com circulação forçada) e PP (galões de polipropileno estático), respectivamente.

O tratamento PPc que utilizou galão de polipropileno e circulação forçada teve uma diminuição quase que constante de forma polinomial no grau alcoólico. Este obteve coeficiente de variação (0,48) baixo, de acordo com Gomes (1985), indicando, então, um experimento preciso. A diminuição do grau alcoólico pode estar relacionada com a incidência da luz nas embalagens e fazendo com que ocorresse um aumento da evaporação da fração de água e etanol da aguardente de cana-de-açúcar, visto que o galão de polipropileno é resistente à umidade e impermeável ao vapor de água, porém possui baixa resistência à luz. Como foi um tratamento controle do galão de polipropileno, pode-se verificar, então, que o galão de polipropileno, com a incidência de luz, influenciou na perda de etanol nos tratamentos.

O tratamento PP em que se utilizou apenas galão de polipropileno estático teve um aumento quase que constante e de forma polinomial, tratamento este, que na disposição da sala de envelhecimento, ficava longe da incidência de luz solar. Sendo assim, o galão conseguiu manter por mais tempo a fração de etanol, não diminuindo o grau alcoólico final da bebida. Pode-se verificar, então que, desde que adequadamente armazenada, o galão plástica de polipropileno não influencia no envelhecimento da bebida.

Nestes tratamentos, pode-se verificar que o bombeamento não influencia na diminuição ou aumento do grau alcoólico.

Conclusão

Após o acompanhamento dos teores de extrato seco, acidez, densidade e grau alcoólico, da aguardente de cana-de-açúcar armazenada em diferentes madeiras, foi possível concluir que a circulação aparentemente não influenciou no envelhecimento em nenhum dos tratamentos, tendo em vista que todos os processos, utilizando aceleração forçada, aceleração forçada com cavacos, em embalagens PP, tiveram menor extração dos componentes da madeira para a bebida.

Ao final de doze meses de estudo, as análises de extrato seco e acidez indicaram que a adição de cavacos acelerou o processo de envelhecimento, já que o tratamento em barril com cavacos e circulação foi o que obteve maior concentração de extrato seco e acidez, em relação ao tratamento tradicional.

O galão de polipropileno não é apropriado para o envelhecimento da aguardente de cana-de-açúcar em nenhuma das análises realizadas, visto que comparada ao envelhecimento tradicional teve seus teores de extrato seco, acidez, densidade e grau alcoólico sempre inferiores.

Referências Bibliográficas

1. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 13, de 29 de junho de 2005. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana-de-açúcar de cana e para cachaça. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 jun. 2005. Seção 1, p.3.
2. Lima, U.A.; Aquarone, E.; Borzani, W.; Schmidell, W. Biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. vol.3. 593 p.
3. Novaes, F.V. Produção de aguardente de cana-de-açúcar de cana de alambique. Piracicaba: São Paulo, 2000. 67 p.
4. Expocachaça (2016) Acessado em 10/04/2016, Disponível em: <<http://www.expocachaca.com.br/bh/numeros-da-cachaca.shtml>>
5. Cardello, H.M.A.B.; Faria, J.B. Análise descritiva quantitativa da aguardente de cana-de-açúcar de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). Ciênc. e Tecnol. de Aliment., Campinas, v. 18, n. 2, p.169-175, 1998.
6. Mapa. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento (Brasil). Manual de análises de bebidas e vinagres: destilados. Brasília: 2005. 67 p.(Manual operacional de bebidas e vinagres, caderno 5).
7. Furtado, S.M.B. Avaliação sensorial descritiva de aguardente de cana-de-açúcar de cana: influência da composição em suas características sensoriais e correlação entre as medidas sensoriais e físico-químicas. 1995. 98 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.
8. Forlin, F.J. Maturação de aguardente de cana-de-açúcar de cana composta com extrato de madeira de carvalho em embalagens de polietileno tereftalato (PET). 2005. 176 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
9. Castro Neto, J.T. Envelhecimento de aguardente de cana-de-açúcar de cana com circulação forçada: efeito da presença de ar no sistema. 2004. 56f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2004.
10. Castro Neto, J.T.; Borragini, M.C.C.; Faria, J.B. Efeito da presença de ar no envelhecimento de aguardente de cana-de-açúcar de cana com circulação forçada. Alim. e Nutr., Araraquara, v. 16, n.3, p.239-243, 2005.
11. Queiroz, E.L.M.T. Envelhecimento forçado da aguardente de cana-de-açúcar de cana: estudo comparativo com o envelhecimento tradicional em carvalho (*Quercus* sp). 1998. 82 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 1998.
12. Tavares, J.R.P.; Nascimento, R.F.; Neves, M.F.S.; Vargas, M.E.S.; Silva, F.O.; Rosa, P.C.R. Cachaças comerciais envelhecidas e sem envelhecer: um perfil quantitativo do grau alcoólico e dos teores de cobre e de açúcares. Rev. Bras. de Farm., Rio de Janeiro, v. 84, n. 3, p. 87-90, 2004.
13. Souza, M.D.C.A.; Del Castro, N.L. Efeito da radiação gama na aguardente de cana-de-açúcar de cana-de açúcar. Braz. J. Food Technol., Campinas, v. 7, n. 1, p. 9-15, 2004.
14. Padovan, F.C.; Borragini, M.C.C.; Faria, J.B. Efeito da circulação da aguardente de cana-de-açúcar de cana no tempo de envelhecimento em ancorotes de carvalho (*Quercus* sp). Alim. e Nutr., Araraquara, v. 15, n.3, p.267-271, 2004.

Letícia F. Viana^{1*}, Marcio
Caliari², Manoel S. S. Junior²
& Paulo R. L. V. Filho³

¹Instituto Federal Goiano, Departamento de Alimentos, Campus Rio Verde, Goiás, Brasil.

²Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, Goiás, Brasil.

³Agrodefesa, Goiânia, Goiás, Brasil.

*E-mail: lfleuryviana@gmail.com

Desenvolvimento e Análise de Salame Colonial com Queijo e Ervas Finas

Sérgio A. Ullmann & Cassandra M. T. Ribeiro

Com a tendência nas mudanças de hábito alimentar, os consumidores se tornaram mais exigentes, buscando alimentos mais saudáveis. O trabalho proposto é desenvolver a união de dois produtos (queijo e salame), adicionado de ervas finas, formulando um novo produto “salame colonial com queijo e ervas finas”. Foram realizadas análises de cor e comparadas com uma amostra comercial. Os resultados da avaliação mostraram-se dentro dos parâmetros de normalidade exigidos pela legislação vigente, qualificando o salame colonial como próprio para o consumo humano, resultando um produto com conteúdo proteico maior e com um teor de lipídeos menor.

Palavras Chave: *qualidade; legislação; análises.*

With the trend in eating habits change, consumers have become more demanding, seeking healthier foods. The proposed work is to develop the union of two products (cheese and salami) added herbs, formulating a new product “colonial salami with cheese and herbs.” color analyzes were performed and compared with a commercial sample. The assessment results were within the normal parameters required by applicable law, describing the colonial salami as fit for human consumption, resulting in a product with higher protein content and lower fat contents.

Keywords: *quality; legislation; test.*

Introdução

O processo de fabricação de embutidos fermentados e dessecados foi criado em torno do Mediterrâneo há séculos e, desde então, vem sendo aprimorado. A carne moída ou picada, temperada com sal e especiarias, seguida pela secagem em rolos, tornou o salame uma forma efetiva de preservar a carne (BACUS, 1984).

No Brasil, o consumo e a produção de salame estão concentrados principalmente na região Sul, tendo sua origem na colonização de imigrantes alemães e italianos, que encontraram um clima propício como aliado para a produção caseira, originando assim com o passar dos tempos pequenas fábricas de salame colonial. Sem números oficiais e devido a sua facilidade de fabricação, acredita-se que cerca de 50% do total da produção nacional seja de produção caseira (TERRA; FRIES; TERRA, 2004).

Denomina-se salame como um embutido cru, curado, fermentado, maturado e dessecado podendo ser defumado ou não. É um produto cárneo industrializado, obtido de carne suína e ou bovina, adicionado de toucinho, ingredientes e embutido em envoltórios naturais e/ou artificiais, sendo a presença de “mofos” característicos, considerada consequência natural do seu processo tecnológico de fabricação (BRASIL, 2000).

O queijo é uma das formas mais antigas para conservar o leite, a forma mais simples para definir o queijo é como um produto fresco ou maturado, feito pela coagulação natural do leite ou pela ação das enzimas específicas, e depois separada do soro. É considerado um dos alimentos mais antigos da história, começando há milhares de anos a.C., porém, em relação a sua descoberta, há várias hipóteses, quase todas relacionadas com o uso de recipientes de couro ou um recipiente feito de estômago de um animal, em que o leite era guardado e transportado. As enzimas presentes no couro ou no estômago provocaram acidentalmente a coagulação do leite (HOHENDORFF, C. G. 2006).

Para avaliar a qualidade do salame colonial acrescido de queijo e ervas finas, desenvolvidos no laboratório de alimentos do SENAI, Toledo, PR, foram necessárias análises microbiológicas e físico-químicas. O objetivo deste trabalho é desenvolver o salame e verificar as características físico-químicas, atestando

a conformação com as exigências determinadas pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para salames estabelecidos pela Instrução Normativa (IN) n° 22, de 31 de julho de 2000 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Além disso, avaliar se o salame desenvolvido atende às exigências microbiológicas, legisladas na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n° 12 de 02 de janeiro de 2001 do Ministério da Saúde (MS).

A elaboração do salame com queijo e ervas finas visa oferecer ao consumidor um produto diferenciado e que atenda as suas necessidades, com uma porcentagem de proteína maior e uma porcentagem de lipídeos bem inferior, devido à substituição da gordura animal (toucinho) por queijo.

Materiais e Métodos

A elaboração e as análises do salame colonial com queijo e ervas finas foram realizadas pelo aluno, representante deste trabalho, nos laboratórios do SENAI, Toledo, Paraná, no período de fevereiro a agosto de 2015.

A elaboração do salame foi realizada seguindo as normas de boas práticas de fabricação (BPF) e os procedimentos regidos pela legislação, referentes a ingredientes obrigatórios, substituindo a gordura animal (toucinho) por queijo, elaborando um novo produto “salame colonial com queijo e ervas finas” e demais ingredientes, conforme tabela 1.

Tabela 1: Formulação do salame tipo colonial com queijo e ervas finas

Matéria-prima	Peso em gramas (g)
Carne suína	6.440
Carne bovina	1.600
Queijo tipo caccio cavalo	1.300
Ingredientes	
Sal (cloreto de sódio)	300
Nitrato e nitrito de sódio	150
Alho em pó	100
Eritorbato de sódio	70
Ervas finas (orégano, salsa, alecrim, sálvia, manjeriço, tomilho)	40

Fonte: Adaptado de Terra (1998)

O salame foi preparado, pesando-se a matéria-prima e demais ingredientes, moendo-se a carne suína e bovina em disco de 8 mm, o queijo foi cortado manualmente em cubos pequenos. Na etapa seguinte, as matérias-primas e demais ingredientes foram colocados no misturador durante 30 minutos. Em seguida, deixado na câmara fria maturando por 24 horas em temperatura de 2 a 5 graus Celsius (°C). Após isso, embutido em envoltório artificial de celulose, moldando-se as peças com 30 cm e colocando-as na câmara de maturação durante 30 dias, com temperatura inicial de 24°C e diminuindo gradativamente até 12°C, segundo Terra (1998).

Os valores de umidade e cinzas foram determinados gravimetricamente, conforme método da AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*, por aquecimento de estufa e mufla a 105°C e 600°C durante 6 horas, respectivamente. A análise de teor de proteína bruta foi baseada no processo semi-micro Kjeldahl, no qual se determina o nitrogênio contido na matéria orgânica, incluindo o nitrogênio proteico propriamente dito e outros compostos não proteicos, tais como: aminas, amidas, lecitinas e aminoácidos. Também conforme técnicas da AOAC (1990). Para extração dos lipídios totais, foi empregado o método de extração de gordura a quente, *Gold Fish* segundo Silva (1990). As análises físico-químicas de (Cinzas, Proteínas, lipídios e umidade) foram realizadas em duplicata no tempo zero e 30 dias. A análise de atividade de água foi realizada em triplicata, após a retirada do salame elaborado da câmara de maturação, conforme instruções descritas no medidor de atividade de água (Modelo:SN: S40001901; Marca DECAGON DEVICES,USA)

A medida de pH foi realizada em duplicata no tempo zero e, após trinta dias de fabricação, em aparelhos medidor de pH portátil, marca Marke MB-10P, modelo mPA. 210 P.

As análises microbiológicas de *Coliformes termotolerantes*, *Stafilococos coagulase* positiva, no tempo zero, *Clostridium sulfito redutor* e *Salmonela sp* após 30 dias da fabricação sendo feitas em duplicata por laboratório credenciado pelo MAPA. As análises da comparação de cor do salame elaborado, com uma amostra de salame colonial comercial foram realizadas na superfície das amostras cruas, tomando cinco pontos diferentes de leitura por amostra, utilizando o colorímetro Minolta CR400 (Minolta Corporation, Ramsay, NJ, USA) com esfera de integração e ângulo de visão de 450, ou seja, iluminação d/45 e iluminante

D e os valores de L*(luminosidade), a* (componente vermelho-verde), b* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIALAB (*Commission International for Illumination*). O uso de * caracteriza os padrões determinados por esta Comissão. A análise de textura foi realizada no texturômetro, marca TA. HD. *Plus texture analyser*. As análises de cor e textura foram realizadas em triplicata, expressas como média e desvio padrão.

Resultados e Discussão

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados das análises físico-químicas com suas respectivas análises estatísticas e diferença entre médias e seus valores referentes, representadas na tabela 2.

Tabela 2: Análise físico-química de salame tipo colonial com queijo e ervas finas, realizadas no tempo zero (amostra A) e após 30 dias de fabricação (amostra B)

Análises	IN 22	Amostra A (tempo zero)	Amostra B (30 dias)
Cinzas %	NC	2,6147±0,08	4,7119±0,41
Proteína %	>18	17,37±0,60	24,32±0,23
Lipídeos %	<30	4,3695±0,82	4,4519±0,56
Umidade %	<70	70,97±0,87	64,87±0,47
Aw	<92	NR	0,8322
pH	<5,3	5,40±0,00	5,20±0,00
Textura (kgf)	NC	NR	3,58±0,30

IN: Instrução Normativa número 22 de 31 de julho de 2000 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento; NC: Não Consta NR; Não Realizada. Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

A legislação vigente não define um teor para a análise de cinza, mas o percentual médio dos resultados encontrados nas análises de cinza e seus respectivos desvios-padrão, encontrados no tempo zero (amostra A) foi de (2,61±0,08) e após trinta dias de fabricação (amostra B) foi de (4,71±0,41), foram considerados bem próximos aos teores encontrados por outros autores, como Santa (2008), comparando amostras de salames artesanais, encontrou teores de cinzas entre 3,76% a 8,84%. Como demonstrado por Capeletto, Damo e Binko (2011), nas análises realizadas no desenvolvimento de linguiça toscana com queijo, obtiveram teores de cinza de 3,53% a 7,00%. Já os resultados encontrados em análise físico-química de salames coloniais, Silva et al., (2011) encontrou teores de cinza de 3,85% a 5,95%.

Os resultados obtidos neste trabalho para análise de proteínas foram satisfatórios, pois se apresentaram acima do mínimo exigido pela legislação brasileira, que é superior a 18% (BRASIL, 2000), com uma média de $(17,37 \pm 0,60)$ (amostra A) e $(24,32 \pm 0,23)$ (amostra B). Os teores de proteínas sofreram aumento devido à desidratação das peças. Macedo (2005) ressalta que a perda de água, devido à desidratação, promove a concentração dos demais componentes. Durante o processamento em seu trabalho, obteve salames com teores de proteínas entre 21,81% e 24,78% após 28 dias de processamento. Nas amostras de Silva *et al.*, (2011), em análise físico-química de salames coloniais, encontrou teores de proteína entre 19,76% a 28,52 %. Para Stefanello *et al.*, (2015), os teores de proteína encontrados variam entre 13,99% a 14,48%, em efeito da adição de extrato de cogumelo do sol em linguiça suína e avaliação da estabilidade oxidativa e microbiológica do produto.

Para a análise de teores de lipídios, o resultado encontrado foi para a amostra A de $(4,36 \pm 0,82)$, e para a amostra B de $(4,45 \pm 0,56)$, estando em conformidade com a legislação vigente, que é menor que 18%. Com a substituição da gordura animal (toucinho) por queijo, o resultado obtido foi um produto com um teor de lipídios reduzido e considerado satisfatório. Lima (2009) encontrou valores de lipídios variando de 13,62 % a 13,51 %, em elaboração e caracterização de salame de cordeiro Santa Inês. Em análise físico-química de salames coloniais, Silva *et al.* (2011) obteve valores variando entre 6,52 % a 26,7%. Para Santa (2008), comparando amostras de salames artesanais, encontraram-se teores variando entre 31,68% a 34,83%, no final do processamento (14 dias).

Para a análise de umidade, os resultados encontrados para a amostra A $(70,97 \pm 0,87)$ e para amostra B $(64,87 \pm 0,47)$ estão de acordo com a IN 22. Este elevado teor de umidade proporciona textura macia aos salames coloniais, mas, por outro lado, valores maiores de umidade conferem maior susceptibilidade ao crescimento de micro-organismos. Seganfredo e Rodrigues (2013) encontraram teores de umidade de 62,50% a 67,50%, em análises realizadas em elaboração de linguiça toscana com teor reduzido de sódio. Em análise físico-química de salames coloniais, Silva *et al.* (2011) obteve teores de

umidade que variam entre 29,6% a 63,44%. O conteúdo de umidade das amostras analisadas por Santa (2008), comparando amostras de salames artesanais variou de 20,97% a 55,11%.

A atividade de água (aw) indica a quantidade de água disponível para as reações bioquímicas, físico-químicas e enzimáticas necessárias para o desenvolvimento de micro-organismos. A média encontrada na análise de aw, realizada em triplicata de um salame comercial e do salame elaborado aos trinta dias após fabricação foi idêntica de (0,83%), estando em conformidade com a legislação IN 22, que é menor que 0,92%. Para Lima (2009), o resultado encontrado foi de 0,91%, em elaboração e caracterização de salame de cordeiro Santa Inês. Antoni (2005) avaliando salames tradicionais no mercado brasileiro elaborados com carne bovina e suína, encontrou valores que variaram de 0,89 a 0,91. Amostras analisadas por Santa (2008), comparando amostras de salames artesanais a aw variou de 0,87% a 0,89%. Degenhardt (2006), em sobrevivência de *listeria monocytogenes* em salame tipo italiano de baixa acidez, produzido sob condições brasileiras de fabricação, os valores de aw variaram de 0,88% a 0,89%, após 28 dias de maturação.

Segundo Almeida (2005), o valor do pH da carne tem grande importância, uma vez que influencia na microbiota do produto, ajuda a classificar seu estado de conservação e é um importante fator para determinação da cor. Os valores de pH encontrados no salame elaborado para amostra A é de $(5,4 \pm 0,0)$, um pouco acima da legislação, mas não é consumido sem maturar e amostra B é de $(5,2 \pm 0,0)$ dentro da legislação que é menor que 5,3. Degenhardt (2006), em sobrevivência de *listeria monocytogenes* em salame tipo italiano de baixa acidez, produzido sob condições brasileiras de fabricação, obteve valores de pH variando de 5,10 a 5,19, após 28 dias de maturação. Cirolini *et al.*, (2008), trabalhando com culturas startes nativas em salame italiano em comparação com culturas comerciais, encontraram valores finais de pH entre 4,87 e 5,48. Lima, (2009), encontrou valores de pH variando de 5,1 a 5,2, em elaboração e caracterização de salame de cordeiro Santa Inês.

A textura do salame foi determinada através do texturômetro, a média obtida em kgf para o salame elaborado foi de $(3,58 \pm 0,30)$, após 30 dias de fabricação,

bem próximo dos valores obtidos por outros autores. Em estudos com carne suína e ovina, Reis e Soares (1998) elaboraram salames adicionados de glicose, ácido ascórbico e cultura de maturação em doses únicas e parceladas. Eles obtiveram para força de cisalhamento, valores entre 3,56 Kgf e 5,35 Kgf. Esses valores são semelhantes aos encontrados nessa pesquisa. Cavenaghi (1999) avaliando marcas de salame tipo italiano tradicional, encontrou valores entre 4,5 Kgf a 6,8 Kgf, para salame tipo italiano *light* 5,0 Kgf e para embutido fermentado obteve 3,4 Kgf.

ANÁLISES DE COR

A formação da cor em produtos cárneos processados, como embutidos fermentados, depende principalmente das modificações químicas do pigmento natural da carne, devido às suas reações com o cloreto de sódio refinado e com os sais de cura (nitrito). A cor constitui o primeiro impacto sobre o consumidor, despertando neste o desejo de consumir ou de rejeitar o produto, além de também fornecer uma indicação, embora nem sempre correta, sobre o grau de conservação do alimento. A cor é uma das características de qualidade da aparência dos alimentos de maior importância (CHAVES, 1980).

A cor dos produtos cárneos depende do teor de mioglobina presente na matéria-prima. Foram feitas análises em triplicata de (L, a, b, h), no salame elaborado e em uma amostra comercial. A média dos valores de L, que indicam luminosidade, no salame elaborado, foi de 36,49 e na amostra comercial, de 40,29. Garcia, Gagleazzi e Sobral (2000) obtiveram valores de luminosidade de 36, em salame tipo italiano após 20 dias de processamento. O valor de “a” que mede a intensidade de vermelho, a média obtida foi de 12,26, para o salame elaborado e de 15,75 e para amostra comercial. Cavenaghi e Oliveira (1999), trabalhando com várias marcas de salame tipo Italiano, encontraram valores que variaram de 11,6 a 15,5. Macedo (2005) obteve valores de 15,57 a 14,41 para variação da cor vermelha durante 28 dias de processamento. Os valores de “b” que avalia a intensidade de amarelo, a média do salame elaborado foi de 12,43 e para amostra comercial foi de 12,11. Estes valores estão próximos ao encontrados por Macedo (2005) que variou de 12,98 a 12,59 durante 28 dias de processamento. Para

os valores de “h”, que é a medida derivada (a e b), a média dos valores encontrados para o salame elaborado foi de 47,17 e para a amostra comercial foi de 37,55. Para Stefanello et al., (2015), em efeito da adição de extrato de cogumelo do sol em linguiça suína e avaliação da estabilidade oxidativa e microbiológica do produto, a média obtida foi de 41,77 após 28 dias de armazenamento.

ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Todos os resultados encontrados nas análises microbiológicas realizadas estão dentro do padrão definido pela RDC nº 12, que estabelece o Regulamento Técnico dos Padrões Microbiológicos para carnes e produtos cárneos, indicando que o produto foi elaborado com matéria-prima de boa qualidade e procedência, em condições higiênico-sanitárias corretas, sem risco de consumo desse. As análises não realizadas (NR) no tempo zero devem-se ao produto não consumido imediatamente após a fabricação. E a não realizada aos trinta dias ocorre porque não apresentou contagens no tempo zero. Logo, a adição dos condimentos aliados ao tempo de maturação, contribuíram para aumentar a qualidade do produto final e dispensa a realização das análises.

Através das análises microbiológicas, são investigados micro-organismos indicadores que podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação de origem fecal, provável presença de patógenos ou deteriorantes, além de indicar condições sanitárias inadequadas durante o processamento, produção ou armazenamento (SIQUEIRA, 1995).

Conclusão

A aceitação de novos produtos pelo mercado consumidor que busca praticidade, qualidade e segurança nos alimentos é um desafio e uma necessidade para as indústrias de alimentos na elaboração desses, seguindo as normas da legislação vigente. Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que o salame colonial com queijo e ervas finas elaborado atendeu à legislação nos parâmetros tanto físico-químicos quanto microbiológicos, alcançando o objetivo proposto, apresentando um produto com teor maior para proteína e um teor menor para lipídeos, devido à substituição da gordura animal (toucinho) pelo queijo.

Referências

1. Almeida, C de O. Avaliação físico-química e microbiológica de linguiça toscana porcionada e armazenada em diferentes embalagens, sob condições de estocagem similares às praticas em supermercado. 150 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, **2005**.
2. Antoni, I. Influência dos micro-organismos *Staphylococcus xylosum*, *Lactobacillus plantarum* e *Staphylococcus carnosus* no perfil aromático de salames de peru. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, **2005**.
3. Bacus, J. Utilization of Microorganisms in Meat Processing – A handbook for meat plant operators. Letchworth: Research Studies Press Ltd, 1984. In: DEGENHARDT, ROBERTO. sobrevivência de *Listeria monocytogenes* em salame tipo italiano de baixa acidez, produzido sob condições brasileiras de fabricação. Dissertação (Mestrado), disponível em : <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89063/244637.pdf?sequence=1>> Acesso em 16 fevereiro **2015**.
4. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa n. 22, de 31 de julho de 2000. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 03 de agosto, **2000**.
5. Cavenaghi, A. D.; OLIVEIRA, M. N. Influência de algumas características físico-químicas e sensoriais na qualidade do salame tipo italiano fabricado no Brasil. Revista Nacional da Carne, n. 263, p. 44-47, **1999**.
6. Cavenaghi, A.D. Uso da associação de culturas starter na fabricação do salame tipo Italiano.. 151 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, **1999**.
7. Capeletto; E.; DAMO; J; C.; BINKO; K; T; C. Desenvolvimento de linguiça toscana com queijo, Trabalho de Conclusão do Curso (TCC) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, **2011**.
8. Cirolini, A. *Staphylococcus xylosum* e *Lactococcus lactis* ssp *lactis* nativos utilizados na elaboração de salame tipo italiano. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, **2008**.
9. Chaves, J.B.P. Controle de qualidade para a indústria de alimentos: princípios gerais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, **1980**. 18p. [Apostila].
10. Degenhardt, R. Sobrevivência de *Listeria monocytogenes* em salame tipo italiano de baixa acidez, produzido sob condições brasileiras de fabricação. 2006. Disponível em <<http://repositorio.ufsc.br/>>. Acesso em 15 de outubro **2015**.
11. Garcia, F. T.; Gagleazzi, U. A.; Sobral, P. J. A. Variação das propriedades físicas e químicas do salame tipo italiano durante secagem e fermentação. Brazilian Journal of Food Technology, v. 3, p. 151-158, **2000**.
12. , C. G. Produção de queijos, 2006. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAEn2cAC/producao-queijo>> Acesso em 15 março **2015**.
13. Lima, I. A. Elaboração e caracterização de salame de cordeiro santa inês. Itapetinga, 76 f. Dissertação (Pós-graduação de mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, **2009**.
14. Macedo, R. E. F. Utilização de culturas lácticas probióticas no processamento de produto cárneo fermentado. 193 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, **2005**.
15. Reis, A. G. B.; Soares, G. J. D. Salame colonial processado com carne suína e ovina. Revista Brasileira de Agrociência, v.2, n.2, p.115-120, **1998**.
16. Santa, O. R. D. Avaliação da qualidade de salames artesanais seleção de culturas starter para a produção de salame tipo italiano. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, **2008**.
17. Seganfredo, D.; Rodrigues, S. Elaboração de linguiça toscana com teor reduzido de sódio. Trabalho de Conclusão do Curso (TCC) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, **2013**.
18. Silva, D. J. Análise de alimentos (Método químicos e biológicos). Viçosa, MG: Universidade 314 Federal de Viçosa, **1990**. 165p.
19. Silva, C.; Savariz, F. C; Follmann, H. M.; Nuñez, L.; Chapla, V. M.; Silva, C. F. Análise físico-química de salames coloniais comercializados no município de Toledo, Estado do Paraná. Technology Acta Scientiarum, v. 33, n. 3, p. 331-336, **2011**.
20. Siqueira, R.S. Manual de microbiologia de Alimentos. Brasília: EMBRAPA, **1995**.
21. Stefanello, F. S.; Cavalheiro, C. P.; Ludtke, F.L., Silva, M. S.; Fries, L. L. M.; Kubota, E. K. Efeito da adição de extrato de cogumelo do sol em linguiça suína e avaliação da estabilidade oxidativa e microbiológica do produto. Ciências Agrárias, Londrina – PR, v.36, n.1, p.171-186, jan/fev. 2015. Disponível em:<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/16702/pdf_579>. Acesso em: 25 ago. **2015**.
22. Terra, A. B. M.; FRIES, L. L. M.; TERRA, N. N. Particularidades na fabricação de salame. São Paulo: Varela, 2004. Disponível em: <http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_31450.pdf> Acesso em 15 março **2015**.
23. Terra, N. N. Apontamentos de tecnologia de carnes. São Leopoldo. Editora, Unisinos. 216p. **1998**

Sérgio A. Ullmann & Cassandra M. T. Ribeiro

Faculdades da Indústria SENAI Toledo. Curso Superior de Tecnologia em Alimentos. Rua Júlio de Castilhos 3465. Vila Industrial. CEP 85-904-175, Toledo,Paraná, Brasil.

E-mail: cassandra.ribeiro@pr.sanai.br

Peptídeos Bioativos de Soja *Glycine* *Max* (L.) Merrill: uma Breve Revisão

Carolina S. B. Damasceno, Letícia F. de Oliveira,
Marilis D. Miguel & Obdulio G. Miguel

A soja é a principal cultura no agronegócio brasileiro, incorporada aos poucos no cerrado, levou o Centro-Oeste a se tornar uns dos maiores produtores do grão, especificamente, o estado de Goiás, que se encontra entre os maiores produtores nacionais. A soja possui grande importância nutricional, devido ao teor proteico, entretanto, no processamento, a fragmentação proteica gera peptídeos, que podem exercer funções biológicas e serem denominados bioativos. Nesse contexto, esta revisão buscou enfatizar a importância dos peptídeos bioativos de soja e suas principais propriedades funcionais, verificando-se, assim, que estes podem ser explorados pela indústria alimentícia, na busca de alimentos com apelos funcionais.

Palavras-chave: *cerrado; agronegócio; propriedades funcionais.*

Soya is the main crop in Brazilian agribusiness, incorporated gradually at the savana, induced the Midwest region to become one of the largest soybean producers, specifically, the state of Goiás, which is among the largest national producers. Soybean has great importance due to nutritional protein content, however, in the processing, the protein fragmentation generates peptides, that can exert biological functions and are called bioactive. In this context, this review search to emphasize the importance of bioactive peptides from soybean and its main functional properties, verifying, that these can be exploited by the food industry, in food search with functional appeal.

Keywords: *Savanna; agrobusiness; functional properties.*

Introdução

O cultivo da soja (*Glycine max (L.) Merrill*), família *Fabaceae*, no Brasil e, sobretudo, na região do Cerrado, adquiriu grande importância econômica e política a partir de 1990, em virtude do crescimento da demanda interna e externa de grãos, farelo e óleo^{1,2,3}. Dois fatores foram os principais responsáveis por esta expansão. Primeiro, a Europa passou a demandar uma quantidade maior de soja para a alimentação bovina, depois da crise da vaca louca do final da década de 1980 e também para o consumo humano em virtude da substituição do consumo carne pela proteína de soja. Em segundo lugar, a China após sua entrada no mercado consumidor internacional, em 2001, tornou-se um dos maiores importadores de soja brasileira, consolidando sua adesão à Organização Mundial do Comércio (OMC)^{2,3,4}.

Em função da exportação da soja, pesquisas para o desenvolvimento de cultivares mais resistentes e programas de engenharia genética têm sido estimulados, a fim de aumentar a produtividade e fortalecer o agronegócio brasileiro. Entre as leguminosas, a soja destaca-se, pela importância nutricional inerente ao teor proteico de 40%, superior aos demais cereais. A hidrólise proteica desta pode gerar peptídeos, considerados compostos bioativos utilizados na nutrição funcional, devido os benefícios à saúde e à melhoria da qualidade de vida, representando moléculas de grande interesse para a indústria alimentícia e farmacêutica.

A funcionalidade desses peptídeos oriundos da soja possuem atividade baseada na sequência de aminoácidos^{5,6}. Estes peptídeos podem atuar em diversas biológicas, como anti-hipertensiva, antitrombótica, antioxidante, antitumoral e no tratamento de inflamações cutâneas^{7,8}. Os peptídeos também tornaram-se importantes para a indústria de cosméticos, como ingredientes ativos, devido ao seu potencial antioxidante e fácil absorção^{9,10}. Além da capacidade de regenerar a matriz extracelular, aumentando a produção de colágeno¹¹.

Neste contexto, devido ao alto teor proteico da soja, vários estudos têm focado o potencial dessa leguminosa na formação de peptídeos bioativos. Portanto, esta revisão, tem como objetivo fazer um levantamento da importância econômica da soja no Brasil, especificamente no estado de Goiás, bem como as principais propriedades funcionais dos peptídeos bioativos oriundos da soja.

Levantamento Bibliográfico

A PRODUÇÃO DE SOJA NO BRASIL E NO ESTADO DE GOIÁS

A cadeia produtiva da soja é a mais bem-sucedida no agronegócio brasileiro, ofertando grãos, farelos e óleos para o abastecimento do mercado interno e externo¹². A crescente produtividade dessa oleaginosa deve-se à utilização de tecnologia adequada por parte dos produtores e às pesquisas para obtenção de cultivares mais produtivas e resistentes às condições adversas no cultivo¹³.

O cultivo da soja no Brasil teve início na década de 1960, na região Sul do país, como cultura de verão em sucessão ao trigo, expandindo-se para outras regiões, atingindo o Cerrado e hoje vem atingindo o bioma amazônico. Há anos que o complexo: soja, grão, óleo e farelo, estabeleceu-se, como a principal atividade agropecuária do país, pela sua importância tanto territorial, como econômico-comercial^{14,15}. Atualmente, o Brasil encontra-se em segundo lugar no ranking de maior produtor e primeiro, como exportador de soja a nível mundial¹⁶.

A partir da década de 70, com a expansão e modernização da agricultura, em quase todo o território nacional, o cerrado goiano também passou por importantes transformações. Alguns fatores contribuíram para a modernização da agricultura no estado de Goiás, destacando-se o rodoviário, a construção de Goiânia e Brasília (DF), e os programas Polocentro (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados) e Proceder (Programa de Cooperação Nipo-brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados)¹⁷.

Neste contexto, o cerrado foi incorporado gradativamente ao processo de modernização, tornando-se atrativo para a produção de soja, favorecendo o aumento na demanda pelo produto nos mercados internacionais. Dessa forma, o cerrado goiano passa a ter alta produtividade, exportando excedentes consideráveis para o país e para o exterior¹⁸. A ocupação das áreas de cerrado resultou na alteração do perfil da região, levando à mecanização da zona rural, com a pecuária extensiva e cultura de exportação e ao crescimento instantâneo da zona urbana, bem como o próprio cerrado sofreu grandes alterações no seu conteúdo, dando espaço às

culturas de soja, milho, algodão, tomate, sorgo, cana-de-açúcar ou vastas áreas cobertas por pastagens^{19, 20}. Observa-se que o estado de Goiás, ao longo dos últimos anos, tem se especializado cada vez mais nas culturas da soja e da cana-de-açúcar. Nesse sentido, a região Centro-Oeste tornou-se referência nacional como área de grande potencial agrícola, principalmente na produção de grãos^{20, 21}.

A região do Cerrado brasileiro destaca-se como um polo nacional na produção de grãos²². Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a Região Centro-Oeste, principal produtora da oleaginosa no país, confirmou o incremento de 4,5% em relação à safra de 2014/2015, apresentando a maior produtividade em relação aos demais estados brasileiros (Gráfico 1). O estado de Goiás ocupa a quarta posição no cenário nacional quanto à produção e o segundo lugar no Centro-Oeste, perdendo apenas para o estado de Mato Grosso (Gráfico 2)¹.

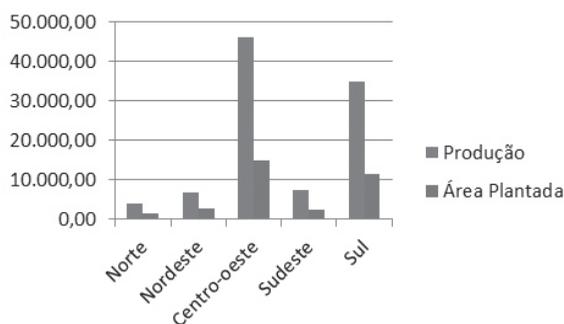


Gráfico 1: Comparativo de Produção de soja (em mil t) e Área plantada (em mil há), nas safras de 2015/2016, entre as regiões brasileiras. Dados: Conab (2016).

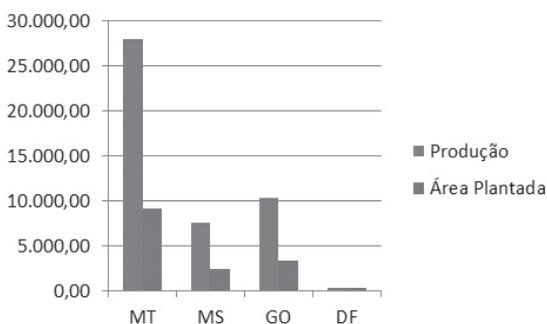


Gráfico 2: Comparativo de Produção de soja (em mil t) e Área plantada (em mil há), nas safras de 2015/2016, nos estados da região Centro-Oeste. Dados: Conab (2016).

Embora o excesso de chuvas e falta de luminosidade no início de janeiro de 2016 tenham prejudicado o enchimento de grãos, houve aumento de 18,8% na produção da soja em relação à safra de 2014/2105 no território goiano. Segundo levantamento do CONAB¹, para a safra de 2015/2016, para uma colheita de 65% da área plantada no leste goiano houve produtividade média de 56 sacas/hectare; no sudoeste foi estimada a produtividade média de 55 sacas/hectare de aproximadamente 85% das lavouras colhidas; no sul e centro-oeste goiano houve uma média produtiva de 53 sacas/hectare para 80% e 90% de área colhida respectivamente. O norte goiano apresentou cerca de 50% colhido com uma produtividade média de 52 sc/ha.

SOJA COMO ALIMENTO FUNCIONAL

Os alimentos funcionais são aqueles que, além de contribuir com a nutrição, contêm substâncias que podem ser consideradas biologicamente ativas, produtoras de benefícios clínicos ou de saúde. São capazes de reduzir o risco de algumas doenças e auxiliar em funções fisiológicas do organismo²³. Essa classe de alimentos contém substâncias capazes de modular as respostas metabólicas do indivíduo, resultando em maior proteção e estímulo à saúde. Promovem o bem-estar dos indivíduos, prevenindo o aparecimento precoce de doenças degenerativas e permitindo o aumento da longevidade com qualidade de vida. Portanto, são alimentos que contêm uma ou mais substâncias capazes de atuar no metabolismo ou na fisiologia do ser humano, promovendo benefícios à saúde²⁴.

As substâncias ou compostos funcionais caracterizam-se por apresentar propriedades que são benéficas ao ser humano como, por exemplo, a ação antioxidante²⁵. A presença desses componentes nos alimentos é vista como vantagem, que deve ser informada ao consumidor e pode impactar a comercialização do produto. O órgão norte-americano que regulamenta alimentos e medicamentos, FDA (*Food and Drug Administration*), aprovou, em 1999, uma alegação funcional em rótulos de produtos enriquecidos com proteína de soja, relacionando-os à redução do LDL-colesterol e do teor de colesterol total, atuando na prevenção de doenças cardiovasculares²⁶. Esses produtos incluem alimentos compostos ou derivados de soja integral e alimentos que contêm ingredientes proteicos de soja.

O Brasil, como segundo maior produtor mundial de soja, apresenta enorme potencial para participação no crescente mercado dos alimentos funcionais. Nesse sentido, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) atualizou, em janeiro de 2005, a lista de produtos com alegação de benefícios à saúde. São substâncias com propriedades funcionais, de saúde, novos alimentos ou ingredientes, substâncias bioativas e probióticos. Para a proteína de soja pode constar a alegação “o consumo diário de no mínimo 25 g de proteína de soja pode ajudar a reduzir o colesterol. Seu consumo deve estar associado a uma dieta equilibrada e hábitos de vida saudáveis”, e determina que o rótulo apresente a quantidade de proteína de soja contida na porção diária do produto pronto para consumo, próximo a alegação²⁷.

PEPTÍDEOS BIOATIVOS

A palavra “peptídeo” vem do termo grego, traduzida como “pequenas partes digeridas”. Estruturalmente, os peptídeos são curtas cadeias de aminoácidos ligados através de ligações peptídicas. Uma ou mais subunidades de polipeptídeos constituem uma molécula de proteína. As proteínas são componentes essenciais dos tecidos em organismos biológicos e participam em um grande número de processos fisiológicos no interior das células. Nos alimentos, as proteínas constituem um macronutriente importante, que serve como fonte de energia e aminoácidos, essenciais para crescimento e manutenção normal do corpo. As proteínas também são responsáveis por várias propriedades físico-químicas e sensorial nos alimentos e podendo também atuar como ingrediente funcional na promoção da saúde^{28, 29}.

Um papel importante das proteínas, reconhecido mais recentemente, é o regulador que peptídeos originários da proteína podem ter no organismo humano. Esses peptídeos, que são fragmentos específicos de proteínas, ocorrem naturalmente no alimento, no seu processamento ou pela digestão incompleta da proteína no sistema digestório e são absorvidos como tal. Alguns desses peptídeos possuem um impacto positivo nas condições e funções corporais, podendo influenciar na saúde³⁰.

As proteínas hidrolisadas podem ser obtidas mediante a ação de enzimas, resultando em peptídeos e aminoácidos livres³¹, podendo assim apresentar propriedades bioativas³².

OBTENÇÃO DE PEPTÍDEOS BIOATIVOS

Os peptídeos bioativos são considerados inativos quando “presos” à sequência proteica, mas irão exercer funções específicas após sua liberação da cadeia proteica pelas enzimas digestivas durante o trânsito gastrointestinal, fermentação ou amadurecimento, processamento de alimentos e ainda por enzimas derivadas de micro-organismos ou plantas, sendo a hidrólise enzimática a maneira mais comum para a produção de peptídeos bioativos^{6, 33}.

A hidrólise química é um processo de difícil controle, que origina produtos com reduzida qualidade nutricional, devido à formação de D-aminoácidos e de substâncias tóxicas, como a lisinoalanina. Portanto, a hidrólise enzimática apresenta uma série de vantagens sobre a hidrólise química, como especificidade, controle do grau de hidrólise, condições moderadas de ação, disponibilidade comercial em larga escala, custo moderado, menor teor de sal no produto final e formação mínima de subprodutos³⁴.

Uma desvantagem encontrada no processo de hidrólise enzimática é o desenvolvimento de sabor amargo no decorrer da catálise, o qual parece estar relacionado à liberação de grupamentos hidrofóbicos que se encontravam no interior das moléculas proteicas. Esta característica representa um dos principais obstáculos na aplicação generalizada dos hidrolisados. Uma forma de resolver esta questão, bem como de proteger estes compostos contra a degradação enzimática gástrica ou intestinal, seria através da microencapsulação desses³⁵.

A fermentação microbiana representa outro processo de obtenção de peptídeos bioativos podendo ser natural ou controlada. A fermentação microbiana envolve culturas iniciadoras de produtos lácteos, usadas industrialmente, com capacidade proteolítica. Tratam-se de bactérias ácido-lácticas, que degradam proteínas do seu meio circundante quando do seu crescimento, levando à produção de sequências de aminoácidos ou de aminoácidos livres. O grau de proteólise depende das espécies envolvidas, bem como, das condições físicas em que decorre a fermentação. Esta propriedade é tradicionalmente explorada pela indústria alimentar, uma vez que os peptídeos e os aminoácidos resultantes da degradação das proteínas do leite, durante a fermentação, contribuem para o flavor, o aroma e a textura típica dos produtos³⁶.

Os peptídeos podem ser rapidamente hidrolisados em presença das proteases presentes em nosso organismo, e podem apresentar baixa atividade oral e plasmática³⁷. Outras características relacionadas à dificuldade de transporte, excreção rápida pelo fígado ou rins e baixa seletividade podem também dificultar sua utilização terapêutica. Este conhecimento tem despertado estudos que através de deleção, adição e modificação racional da sequência de aminoácidos, grupos ionizáveis e/ou esqueleto peptídico visam desenvolver análogos de peptídeos biologicamente ativos com propriedades físicas e químicas capazes de agonizar ou antagonizar as suas ações, aumentar ou diminuir as suas potências e alterar as suas estabilidades frente a proteases e/ou seletividades. Este tipo de estudo é chamado de exploração da relação-estrutura atividade (SAR) e depende exclusivamente da síntese de peptídeos. Muitas vezes, entretanto, o estudo de SAR de um peptídeo biologicamente ativo tem como único objetivo elucidar o modo de ação desse.

Em linhas gerais, os análogos sintéticos são inicialmente obtidos para determinar a contribuição individual de cada um dos aminoácidos da sequência natural na expressão da atividade biológica. Em etapa posterior, é definido como as cadeias laterais essenciais à atividade devem estar dispostas espacialmente. O objetivo final é a obtenção, mediante sínteses individuais e paralelas ou pela química combinatória, de estruturas parcial ou totalmente isentas de esqueleto peptídico (peptidomiméticos), que possam ser usadas como drogas. A exploração de SAR de vários hormônios peptídicos tem gerado compostos comerciais utilizados de forma terapêutica. Recentemente, também os peptídeos antimicrobianos passaram a ser estudados usando esta abordagem³⁷.

Peptídeos bioativos podem também se originar de proteínas endógenas, aumentando, assim, as funções reguladoras das proteínas codificadas pelo genoma. A esse proteoma específico foi atribuído o nome de “criptoma”, pois codifica “criptídeos” (do Inglês ‘cryptides’), peptídeos bioativos ‘escondidos’ nas proteínas endógenas, liberados após sua digestão parcial³⁸. Por extensão, os peptídeos bioativos de alimentos também vêm sendo descritos como “encriptados” (do Inglês ‘encrypted’) na sequência original, sendo liberados tanto pelo processamento como pela digestão incompleta da

proteína no trato digestório. Esta é uma área em franco desenvolvimento e novos peptídeos e suas funções vêm sendo descritos na literatura, tanto de origem endógena como proveniente dos alimentos.

FUNÇÕES DOS PEPTÍDEOS BIOATIVOS

Os principais sistemas de corpo, ou seja, o cardiovascular, digestivo, imunológico e sistema nervoso, podem ser afetados pelos peptídeos bioativos (Tabela 1), dependendo da sua sequência de aminoácidos. Por esta razão, o potencial dos peptídeos bioativos na promoção da saúde humana, reduzindo o risco de doenças crônicas ou aumentando a proteção imune natural tem despertado um grande interesse científico nos últimos anos. Estes efeitos benéficos para a saúde podem ser atribuídos a inúmeras sequências peptídicas conhecidas exibindo, por exemplo, ação antimicrobianas, antioxidante, anti-trombótica, anti-hipertensiva e atividades imunomoduladoras. A atividade desses peptídeos é baseada na composição inerente ao aminoácido e à sequência desses. O tamanho das sequências ativas pode variar desde dois a vinte resíduos de aminoácidos^{5, 6}.

Tabela 1. Principais funções dos peptídeos bioativos

Sistema Cardiovascular	Sistema Nervoso	Sistema Digestório	Sistema Imunológico
Antihipertensivos	Opioides agonistas	Atividade antimicrobiana	Atividade imunomoduladora
Antioxidantes	Opioides antagonista	Carreadores de minerais	Atividade antimicrobiana
Antitrombóticos			Modulação celular
Hipocolesterolêmicos			

Fonte: Adaptado de Korhonen e Pihlanto (2006).

Usualmente, são empregadas fórmulas sintéticas constituídas de misturas de aminoácidos livres ou hidrolisados proteicos contendo peptídios de baixo peso molecular, de preferência di e tripeptídios, para o tratamento clínico de pacientes que apresentam complicações gastrointestinais, desnutrição decorrente de processos tumorais, queimaduras ou outros traumas, diarreia aguda ou crônica, alergias alimentares, ou desordens no metabolismo de aminoácidos, como na fenilcetonúria^{34, 39}.

Na alimentação enteral, dá-se preferência aos hidrolisados proteicos, ricos em peptídios de baixo peso molecular, devido à excelente absorção gastrointestinal e a sua baixa osmolalidade, sendo estes melhor utilizados pelo organismo do que as proteínas intactas ou os aminoácidos livres^{40,41}.

Outro campo de estudo e de aplicação para os hidrolisados proteicos é a obtenção de peptídios pequenos, biologicamente ativos, os quais podem desempenhar várias funções, regulando ou inibindo a atividade enzimática, atuando como antibióticos, hormônios, agentes antivirais e antibacterianos ou imunomoduladores⁴².

A aplicação dos hidrolisados varia em função da distribuição do peso molecular dos peptídios. Assim, peptídios com pesos moleculares entre 5 e 20 kDa são utilizados geralmente como fontes de nitrogênio, em alimentos para fins especiais e suplementos alimentares para adultos. Já peptídios com pesos moleculares menores que 5 kDa são oriundos de proteínas altamente hidrolisadas, sendo frequentemente utilizados em formulações hipoalergênicas⁴³.

Formulações à base de hidrolisados proteicos com alto teor de aminoácidos ramificados (ACR), valina, leucina e isoleucina, e com um baixo conteúdo em aminoácidos aromáticos (AA), fenilalanina e tirosina, podem ser empregadas com sucesso no tratamento dietético de pacientes com lesões hepáticas crônicas, incluindo a encefalopatia hepática. Observou-se que uma relação ACR/AA, denominada de “Relação de Fischer” maior que 3,0, contribui para melhoria significativa no quadro clínico dos pacientes, atribuída à normalização da concentração plasmática de aminoácidos e à manutenção de um aporte proteico adequado^{44, 45}.

PEPTÍDEOS BIOATIVOS DA SOJA

A soja constitui um alimento bastante estudado quanto aos seus peptídeos bioativos, sendo estes relacionados, principalmente, às atividades anti-hipertensiva, hipocolesterolemia, antiobesidade, antioxidante, anticâncer e imunomodulatória⁴⁶.

Os peptídeos bioativos da soja podem estar presentes naturalmente ou ser produzidos por meio da hidrólise das proteínas durante seu processamento industrial. Esses peptídeos são resistentes à digestão e podem atuar

como moduladores fisiológicos das funções corporais em relação ao envelhecimento e ao desenvolvimento de doenças crônicas típicas da velhice, tais como câncer, hipertensão, obesidade, hipercolesterolemia e redução da função imunológica, entre outras. Além disso, os peptídeos bioativos da soja podem retardar o processo de envelhecimento devido à eliminação dos radicais livres e à inibição da peroxidação de lipídios enzimáticos e não enzimáticos⁴⁷.

Entre os peptídeos bioativos da soja, a Lunasina é de longe o mais/melhor estudado e sua eficácia contra carcinógenos químicos e oncogêneses foi demonstrada em células de mamíferos e modelos animais. Lunasina é um peptídeo contendo 43 resíduos de aminoácidos, com 9 Asp carbóxi-terminais, um motivo de adesão celular Arg-Gly-Asp, e hélice com homologia estrutural a região conservada de proteínas ligadoras de cromatina⁴⁷.

A tabela 2 mostra alguns peptídeos bioativos da proteína de soja, com seus respectivos efeitos biológicos observados.

Tabela 2. Estudos com peptídeos bioativos derivados da proteína de soja.

Fonte	Precursor de peptídeo e/ou peptídeo identificado	Efeito observado	Referência
Farinha de soja desengordurada	Amostra de hicolisado solúvel foi fracionada com resina de troca catiônica	Hipotensivo	Wu e Ding (2001)
Proteína de soja desengordurada	Met-Leu-Pro-Ser-Tyr-Ser-Pro-Tyr	Anticâncer	Kim et al. (2000)
Proteína de soja concentrada	Peptídeos com diferentes pesos moleculares foram separados de material digerido por ultrafiltração	Aumento da captação e degradação de LDL por receptores de células HEPG2	Arnoldi et al. (2001)
Glicina da soja	LPYPR	Peptídeo hipocolesterolêmico	Yoshikawa et al. (2000)
B-conglicina	MITLAIPVNKPGR; MITLAIPVN; MITL	Imunomodulação	Yoshikawa et al. (2000)

O efeito de peptídeos, preparados a partir da proteína de soja, foram estudados usando a enzima alcalase em ratos hipertensivos⁴⁸. Os resultados sugerem que os peptídeos proporcionaram efeito hipotensivo. Alguns pesquisadores⁴⁹ purificaram e isolaram um peptídeo anticâncer a partir da proteína de soja. Proteína de soja desengordurada foi hidrolisada com thermoase e os peptídeos hidrofóbicos foram extraídos com etanol. O extrato de peptídeo foi fracionado e analisado por cromatografia. A atividade anticâncer de cada fração foi analisada pela medida *in vitro* da citotoxicidade em P388D1, uma célula macrofágica de rato. A fração de peptídeo de Sephadex G-25 foi 0,16 mg/mL. Essa fração de peptídeo a 1 mg/mL afetou significativamente o progresso do ciclo da célula, prendendo P388D1 a fase G2/M. Finalmente, o peptídeo purificado por HPLC tinha peso molecular de 1157 Da com sequência Met-Leu-Pro-Ser-Tyr-Ser-Pro-Tyr.

Alguns pesquisadores⁵⁰ estudaram amostras de Croksoy⁷⁰, uma amostra comercial obtida tratando uma proteína de soja concentrada extrusada com rápido aquecimento sob alta pressão e submetem essas amostras a ensaios biológicos, visando avaliar seu efeito sobre o colesterol. Estudos em humanos e em animais têm sugerido que o mecanismo de ação da proteína de soja pode estar diretamente associado à ativação direta dos receptores de LDL (lipoproteína de baixa densidade) em células de fígado. As frações isoladas pela ultrafiltração foram submetidas aos mesmos ensaios biológicos. Os resultados confirmam as propriedades de produtos de soja na redução do colesterol, talvez exercida apenas pelos peptídeos formados durante a digestão.

Vários tipos de peptídeos bioativos que podem atuar na prevenção de doenças são liberados de proteínas de origem vegetal ou animal após digestão enzimática. Peptídeos inibidores da enzima conversora de angiotensina I com efeito anti-hipertensivo tem sido isolado da digestão enzimática de várias proteínas. LKPNM, que foi isolado da digestão da termolisina de bonito desidratado foi ativada e demonstrou um efeito prolongado após administração oral. Dois peptídeos vasorelaxantes, Ovokonin (Phe-Arg-Ala-Asp-His-Pro-Phe-Leu) e Ovokinin (2-7) (Arg-Ala-Asp-His-Pro-Phe), com efeito anti-hipertensivo após administração oral foram obtidos da digestão da ovoalbumina. Eles encontraram que peptídeos com baixo peso molecular

derivados de proteínas alimentares reduziram o colesterol sem aumentar a excreção de ácidos biliares. Um peptídeo imunoestimulante, isolado a partir de uma digestão enzimática de proteína de soja, impediu a alopecia induzida por quimioterapia⁵¹.

PEPTÍDEOS ANTIOXIDANTES

Antioxidantes são definidos como substâncias que, quando presentes em baixas concentrações em relação ao substrato oxidável, são capazes de inibir ou retardar substancialmente a oxidação daquele substrato. Os antioxidantes não se tornam radicais livres pela doação de elétrons, pois eles são estáveis em ambas formas⁵².

Peptídeos ou fragmentos de proteínas são curtas cadeias de aminoácidos produzidos pela hidrólise enzimática ou pela digestão gastrointestinal dos alimentos. Alguns peptídeos possuem funções bioativas, entre elas destaca-se a capacidade antioxidante²⁹.

A oxidação afeta lipídeos, proteínas e carboidratos. No entanto, a oxidação lipídica é a principal causa de deterioração de alimentos, levando à redução da vida útil⁵³. Dessa forma, a oxidação lipídica é a maior causa de perda de aroma, valor nutritivo e diminuição da vida útil de produtos contendo gordura. Com o intuito de diminuir este problema, antioxidantes sintéticos como butil-hidroxil tolueno (BHT) e butil-hidroxil anisol (BHA) têm sido amplamente utilizados na indústria alimentícia. Porém, os efeitos adversos causados por estes compostos estimularam o uso de antioxidantes naturais, tais como catequinas, tocoferóis, ascorbato, ácido rosmarínico e vários extratos fenólicos de plantas. A procura por antioxidantes naturais se estendeu para proteínas e peptídeos de origem animal e vegetal como proteínas de soja, zeína, germen de trigo, albumina do ovo, proteínas lácteas^{54,55}.

Os hidrolisados proteicos de soja possuem atividade antioxidante e são capazes de reduzir a oxidação lipídica em produtos cárneos. Estudos mostram que a proteína hidrolisada de soja possui habilidade em inibir o radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH) e o etilbenzotrisolona-6-ácido sulfônico (ABTS)^{55,56}.

O maior efeito antioxidante da proteína de soja está atribuído a seis peptídeos compostos por 5-16 resíduos de aminoácidos⁵⁷. Peptídeos com massa molecular inferior a 1 kDa e prevalente de resíduos de aminoácidos aromáticos possuem maior capacidade antioxidante⁵⁶.

Embora vários estudos tenham mostrado o sequestro de radicais livres, a inibição da peroxidação lipídica e quelação de íons metálicos de transição, o mecanismo responsável pela atividade antioxidante de peptídeos não está completamente esclarecido. As propriedades antioxidantes estão mais relacionadas à composição, estrutura e hidrofobicidade dos aminoácidos⁵⁸.

Oliveira⁵⁹ estudou a hidrólise da proteína de soja através de uma protease produzida por *Chryseobacterium sp.*, a fim de verificar a capacidade antioxidante e aplicação do hidrolisado em diferentes tipos de carnes para evitar a oxidação lipídica. A eficácia da hidrólise foi determinada através da proteína solúvel utilizando o método de Folin enquanto que a atividade antioxidante foi avaliada pelos métodos referentes à captura do radical DPPH e ABTS. Os hidrolisados foram adicionados em carne de porco e peixe e foi verificada a inibição da oxidação lipídica. A influência de três parâmetros (temperatura, pH, relação enzima/substrato) na hidrólise foi estudada. Como respostas, foram avaliadas a atividade antioxidante (DPPH e ABTS), atividade quelante de ferro, proteína solúvel, capacidade de formação de espuma e capacidade emulsificante. Observou-se um aumento na concentração de proteína solúvel em função do tempo, sendo que os hidrolisados foram capazes de inibir tanto o radical DPPH quanto o ABTS. Os hidrolisados inibiram em parte a oxidação lipídica em carne suína e peixe. Ainda foi possível concluir que dependendo da finalidade para que se deseja o hidrolisado, diferentes condições devem ser utilizadas. Os resultados demonstram uma potencial aplicação da protease microbiana para gerar hidrolisados antioxidantes da proteína de soja.

PEPTÍDEOS ANTIMICROBIANOS

Mais de 700 peptídeos antimicrobianos já foram identificados em todas as espécies vivas, incluindo bactérias, fungos, insetos, moluscos, crustáceos, aracnídeos, plantas, pássaros, anfíbios, peixes, mamíferos, entre outros. Em geral, são moléculas pequenas de até 5 kDa que exibem um alto teor de aminoácidos básicos e, pelo menos, 50% de aminoácidos hidrofóbicos⁶⁰.

Apresentam um amplo espectro de atividade contra bactérias, fungos, vírus e parasitas. O mecanismo de ação mais bem conhecido é através da sua inserção na membrana celular dos micro-organismos, o que causa a destruição

ou a permeabilização dessa, levando o micro-organismo à morte. Alternativamente, os peptídeos antimicrobianos podem se ligar a um receptor da membrana, levando a uma perda específica de sua função. Além disso, ao se translocarem através da membrana, essas moléculas podem atuar intracelularmente, impedindo a síntese de metabólitos importantes para o micro-organismo. Por atuarem em diferentes compartimentos celulares, esses compostos tornam-se candidatos promissores para o desenvolvimento de drogas importantes no combate a patógenos resistentes aos antibióticos convencionais⁶¹.

Nascimento⁶² desenvolveu um procedimento metodológico para extrair, purificar e caracterizar bioquimicamente os peptídeos catiônicos antimicrobianos presentes em sementes maduras de soja, e avaliar a ação desses peptídeos contra as bactérias *Ralstonia solanacearum* e *Clavibacter michiganensis*, visando à utilização desses peptídeos como compostos biologicamente ativos para o controle de doenças em humanos, outros animais e plantas. Os peptídeos de semente madura de soja foram extraídos, na proporção 1:5 (gramas semente:mL tampão), em tampão fosfato de sódio 25 mM, pH 7,4, contendo KCl 100 mM, EDTA 2 mM, PVP 1,5% (p/v), tiourea 2 mM, PMSF 1 mM e benzamidina 1 mM por homogeneização do extrato durante 2 horas a 4°C, em banho de gelo. O extrato obtido foi centrifugado a 20.300 x g a 4°C e o sobrenadante obtido após o final da extração foi fracionado com sulfato de amônio sólido 35% sat. e centrifugado sob as mesmas condições. O sobrenadante foi aquecido a 80°C por 15 minutos e novamente centrifugado sob as mesmas condições. Após a diálise do extrato em membrana de exclusão de 1.000 Da, foram realizadas as cromatografias de troca iônica, de exclusão e a de fase reversa, para obtenção dos peptídeos catiônicos purificados. A análise em espectrômetro de massa das frações eluídas do HPLC indicou a presença de compostos de massas moleculares menores do que 500 Da, 678, 61 Da e 700,60 Da, a presença de peptídeos com massas moleculares de 5.809,11 Da, 8.526,97 Da e 14.113,18 Da. A sequência de aminoácidos do peptídeo de 5.809,11 Da foi determinada e mostrou alta homologia com as cadeias B da pró-insulina humana e de vários outros organismos, da insulina bovina e da insulina de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*). Os compostos presentes em dois pools eluídos da cromatografia de exclusão molecular, pool 2 e pool 3, inibiram o crescimento

da bactéria Gram-negativa *Ralstonia solanacearum*, enquanto que, para a bactéria Gram-positiva *Clavibacter michiganensis*, somente o pool 3 exerceu alguma ação, mas com a inibição do crescimento muito menor do que a obtida para a *Ralstonia solanacearum*. Assim, estes compostos apresentam potencial antimicrobiano a ser explorado na indústria agrícola.

Considerações Finais

Verificou-se, neste trabalho, que os peptídeos são obtidos pela hidrólise enzimática de proteínas, podendo sofrer alteração no perfil durante o processamento dos alimentos. Isso leva a perspectivas futuras e promissoras, de exploração pela indústria na área de alimentos funcionais. Dessa forma, os peptídeos bioativos a partir da soja, uma das principais culturas agrônômicas no Brasil, fonte de proteína vegetal, podem fornecer novas alternativas no âmbito de alimentos funcionais. Assim, é possível otimizar o teor de compostos bioativos em produtos à base de soja, ou adicioná-los a outros produtos alimentícios, ou ainda utilizar na suplementação alimentar. Os peptídeos bioativos, portanto, agregam mais valor econômico e tecnológico à soja, beneficiando os produtores, consumidores e a indústria alimentícia.

Referências

1. Conab. Companhia Nacional de Abastecimento, **2016**. 182 p.
2. Bickel, U. Dissertação, **2003**. 169p.
3. Castro, B. S. Dissertação, **2006**. 166p.
4. WWF. Produção e exportação de soja brasileira e o Cerrado, **2001**.
5. Hartmann, R., Meisel, H. Curr Opin Biotechnol, **2007**, 18, 166.
6. Korhonen, H., Pihlanto, A. Int Dairy J. **2006**, 16, 960.
7. Zhang, L., Li, J., Zhou, K. Bioresour Technol, **2010**, 101, 2089.
8. Lang, R. e Kofler, B. The galanin peptide family in inflammation. Neuropeptides, **2011**, 45, 1,8.
9. Vivo-Sesé, I. e Pla, M. Anal Cosm. Prod. **2007**, 389.
10. Xie, Z., Huang, J., Xu, X., Jin, Z. Agriculture, **2008**, 111, 376.
11. Sadick, N.S. Dermatol Clinics, **2014**, 32, 1, 21.
12. Cunha, R.C., Espíndola, C.J. GeoTextos, **2015**, 11, 1.
13. Silva, T.A., Silva, P. B., Silva, E. A. A., Nakagawa, J., Cavariani, C. Cienc. Rural, **2016**, 46, 2, 232.
14. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa. **2012**.
15. Secex - Secretaria de Comércio Exterior. **2014**.
16. USDA, United States Department of Agriculture. **2015**.
17. Silva, J. M., Mendes, E. P. P. Espaço em Revista, **2012**, 14, 1, 65.
18. Mendonça, M. R. Tese. **2004**, 457p.
19. Martins, J. S. A chegada do estranho. **1997**.
20. Pires, L. M. Dissertação, **2007**. 13 p.
21. Carrijo E.L.O. , Miziara F. Rev. Econ. **2009**, 5, 2,121.
22. Bottega, E. L., Queiroz, D. M., Pinto, F. A. C., Márcio, C. Souza, Alves. Rev. Ciênc. Agron. **2013**, 44, 1, 9.
23. Roberfroid, M.B. J. Nutr. **2007**, 137,3,837.
24. Pacheco, M. T. B.; Sgarbieri, V. C. Embrapa, **2001**.
25. Angelis, R. C. Arq. Gastroenterol. **2001**, 38, 4, 271.
26. FDA. Food and Drug Administration. Fed Reg. **1999**, 57,733.
27. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **2005**.
28. Shahidi, F., Zhong, Y. Bioactive peptides. J AOAC Int. **2008**, 91, 4, 931.
29. Dziuba, J., Iwaniak, A., Minkiewicz, P. Polimery, **2003**, 48, 53.
30. Kitts, D. D., Weiler, K. Curr. Pharm. Des, **2003**, 9, 1309-1323.
31. Zavareze, E. R., Silva, C. M., Salas-Mellado, M., Prentice-Hernández, C., Quím. Nova, **2009**, 32, 7, 1739-1743.
32. Cudennec, B., Ravallec-Pléc, R., Courois, E., Fouchereau-Peron, M. Food Chem., **2008**, 111, 970-975.
33. Moller, N. P., Scholz-ahrens, K. E., Roos, N., Schrezenmeir, J. Eur J Clin Nutr., **2008**, 47, 171- 182.
34. Clemente, A. Trends Food Sci Tech, **2000**, 11, 254-262.
35. Favaron, S. H. F., Ivanov, N. K., Pacheco, M. T. B., Souza, A. S., Silva, V. S. N, Cardozo, G. M. B. Q., Liserre, A. M. EMBRAPA/IAC/ITAL, **2010**, 6p.
36. Eça, R.I, Ferreira, I. M. P. L.V.O. Revista da SPCNA, **2006**, 12, 3, 108-119.
37. Machado, A., Liria, C. W., Proti, P. B., Remuzgo, C., Miranda, M. T. M. Quím. Nova, **2004**, 27, 5, 781-789.
38. Samir, P., Link, A. J. The AAPS Journal, **2011**, 13, 2, 152-158.
39. Frokjaer, S. Food Technol., **1994**, 48, 10, 86-88.
40. Adibi, S. A. J Lab Clin Med., **1989**, 113, 6, 665-673.

41. Siemensma, A. D., Weijer, W. J., Bak, H. J. Trends Food Sci Tech, **1993**, 4, 16-21.
42. Gill, I., López-Fandiño, R., Jorba, X., Vulfson, E. N. Enzyme Microb. Technol., **1996**, 18, 162-183.
43. Mahmoud, M.I. Food Technol., **1994**, 48, 10, 89-95.
44. Bautista, J., Hernandez-Pinzon, I., Alaiz, M., Parrado, J., Millan, F. J. Agric. Food Chem., **1996**, 4, 967-971.
45. Fischer, J. E., Bower, R. H. Surg Clin North Am, **1981**, 61, 3, 653-660.
46. Wang, W., Mejia, E. G. de. Comp Rev Food Sci Food Safety., **2005**, 4, 63-78.
47. Mejia, E. G de., Wang, W., Vasconez-Costa, M., Nelson, R.; Lumen, B. O. **2007**.
48. Wu, J., Ding, X. J. Agric. Food Chem., **2001**, 49, 1, 501-506.
49. Kim, S. E., Kim, H. H., Kim, J. Y., Kang, Y. I., Woo, H. J., Lee, H. J. BioFactors, **2000**, 12, 1-4, 151-155.
50. Arnoldi, A., D'agostina, A., Boschini, G., Lovati, M. R., Manzoni, C., Sirtori, C. R. Biologically active phytochemicals in Food, **2001**, 269, 103-106.
51. Yoshikawa, M., Fujita, H., Matoba, N., Takenaka, Y., Yamamoto, T., Yamauchi, R. T. H., Takahata, K. BioFactors, **2000**, 12, 1-4, 143-146.
52. Hall III, C. A., Cuppett, S. L. AOCS Press, **1997**, 141-172.
53. Philanto, A. Int. Dairy J., **2006**, 16, 1306-1314.
54. Xue, Z., Yu, W., Liu, Z., Wu, M., Kou, X., Wang, J. J. Agric. Food Chem., **2009**, 57, 5287-5293.
55. Zhang, L., Li, J., Zhou, K. Bioresour Technol, **2010**, 101, 2084-2089.
56. Beermann, C., Euler, M., Herzberg, J., Stahl, B. Eur Food Res Technol, **2009**, 229, 637-644.
57. Chen, H. M., Muramoto, K., Yamaguchi, F. J. Agric. Food Chem., **1995**, 43, 574-578.
58. Sarmadi, B. H., Ismail, A. Peptides, **2010**, 31, 1949-1956.
59. Oliveira, C. F. de. Dissertação de mestrado, **2011**. 85p.
60. Andreu, D., Rivas, L. Biopolymers, **1998**, 47, 415-433.
61. Lohner, K. Horizon Scientific Press, **2001**, 149-165.
62. Nascimento, D. G. 2003. Tese, 101p.

Carolina S. B. Damasceno,
Letícia F. de Oliveira*, Marilis
D. Miguel & Obdulio G.
Miguel

Programa de pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Departamento de Ciências da Saúde, Campus Jardim Botânico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

*E-mail: lela-freire@hotmail.com

Teor de Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante do Extrato Seco da Semente de Jabuticaba

Adriana A. de Carvalho, Henrique Páscoa, Frederico S. Martins, Daniela C. Orsi & Edemilson C. da Conceição

O objetivo deste estudo foi determinar as melhores condições para a extração de compostos fenólicos da semente de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*). O processo de otimização dos parâmetros para a obtenção de extrato líquido da semente de jabuticaba padronizado em teor de compostos fenólicos foi conduzido conforme planejamento Box Behnken (BBD) e Metodologia de Superfície de Respostas (MSR). A capacidade do extrato seco da semente de jabuticaba em sequestrar radicais livres foi medida utilizando o oxidante DPPH. O extrato apresentou maior velocidade cinética que o padrão BHT, atingindo o máximo de consumo do DPPH antes de findar o primeiro minuto da reação, com %DPPH remanescente menor que 10. Assim, é evidente o elevado potencial do extrato de semente de jabuticaba como substituto do BHT que é amplamente utilizado como antioxidante pela indústria de alimentos.

Palavras-chave: *Jabuticaba; compostos fenólicos; atividade antioxidante.*

The aim of this study was to determine the best conditions for extraction of phenolic compounds from seed jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) and optimize the drying parameters to maximize the yield of phenolic compounds in a dry extract. The Box Behnken factorial design and Response Surface Methodology (RSM) to generate a model that best describe the responses. We obtained the coefficients R^2 of 0.97 and 0.92 for the extraction and the drying process, respectively. For the determination of antioxidant was used to test DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). The dry extract showed antioxidant activity above 90% and proved to be better than the standard BHT used in the food industry. Thus, it is clear the high antioxidant potential of the seed extract jabuticaba.

Keywords: *jabuticaba seed; phenolic compounds; antioxidant activity.*

Introdução

As indústrias de beneficiamento de frutas investem no aumento da sua capacidade de processamento, adquirindo um problema crescente. Ao longo de sua cadeia produtiva, é gerada uma quantidade considerável de resíduos, o que ocasiona desperdícios econômicos e grandes impactos ambientais (SCHIEBER et al., 2001; LOUSADA et al., 2001). Os principais subprodutos que compõem os resíduos agroindustriais do processamento das frutas são a casca, o caroço ou sementes e o bagaço, os quais possuem em sua composição vitaminas, minerais, fibras e compostos antioxidantes importantes para as funções fisiológicas (CONTRERAS-CALDERON et al., 2011; UCHOA et al., 2008; MATIAS et al., 2005). Estudos têm demonstrado que as frutas são ricas em muitos nutrientes e compostos antioxidantes e que esses constituintes se concentram majoritariamente nas cascas e sementes (GUO et al., 2003, SOONG & BARLOW, 2004; CONTRERAS-CALDERON et al., 2011).

A jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* (Mart) O. Berg), fruto nativo do Brasil, possui de 3 a 4 sementes largas (ANDERSEN & ANDERSEN, 1989) que são descartadas durante o processamento industrial e junto com a casca chegam a representar 50% do peso do fruto (LIMA et al., 2010). Mesmo sendo popularmente conhecida, poucos são os relatos encontrados na literatura com relação à presença de compostos bioativos na polpa, casca e semente, estando reportada somente a presença de ácido ascórbico, taninos e glicosídeos cianidínicos e peonidínicos (REYNERTSON et al., 2006).

Na busca por processos produtivos sustentáveis, uma metodologia utilizando extração com solvente e ultrassom foi otimizada para extrair compostos fenólicos da casca da jabuticaba com o mínimo de degradação destes constituintes (SANTOS et al., 2010). A partir dessa otimização, foi elaborado um extrato líquido com alta atividade antioxidante. Todavia, os extratos líquidos são menos estáveis do ponto de vista químico, físico-químico e microbiológico. Neste contexto, destaca-se a importância dos extratos secos que além de apresentar tal estabilidade ainda são mais fáceis de serem padronizados. Além disso, não está ainda descrito procedimento para obtenção de extrato seco da semente de jabuticaba.

Dessa maneira, surge a necessidade de realizar investigação científica e tecnológica que propicie o aproveitamento desse subproduto de forma eficiente, econômica e com o mínimo de degradação dos compostos fenólicos.

Parte Experimental

OBTENÇÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS

As sementes de jabuticaba foram cedidas pela indústria produtora de fermentados de jabuticaba localizada em Nova Fátima, Goiás, Brasil. Elas foram coletadas diretamente da linha de produção logo após o processo de fermentação. Em seguida, foram transportadas em temperatura ambiente (25 °C) e armazenadas (18 °C) no Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia da UFG. Após serem descongeladas por 12h à temperatura de 10°C, as sementes foram secas a 40°C em estufa de circulação de ar (NO 35/5, Solab, São Paulo, Brasil) por cerca de 43h até a redução de 68% do peso inicial. Em seguida, foram trituradas em micromoinho (Willye TE-648, Tecnal, São Paulo, Brasil) para obtenção de partículas de até 0,5 mm. A amostra triturada foi classificada num conjunto de três peneiras arredondadas, com aberturas de malhas de 150, 250 e 350 mesh e uma base, de modo que a granulometria das partículas ficasse entre 0,5 mm e 0,106 mm retidas na malha de mesh 150; partículas entre 0,105 mm e 0,067 mm retidas na malha de mesh 250 e partículas entre 0,066 mm e 0,045 mm retidas na malha de mesh 350.

REAGENTES E PADRÕES

Foram adquiridos da Sigma-Aldrich Co (St. Louis, MO) os reagentes 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH•) e Folin-Ciocalteu, o padrão de ácido gálico e o solvente álcool etílico. O padrão 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT) foi adquirido da Merck (Hohenbrunn, Germany).

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O processo de otimização dos parâmetros para a obtenção de extrato líquido da semente de jabuticaba padronizado em teor de compostos fenólicos foi conduzido conforme planejamento Box Behnken (BBD) e Metodologia de Superfície de Respostas (MSR)^{13,14}. Para isso, foram escolhidas três variáveis

independentes com três níveis e três repetições do ponto central a partir de estudos preliminares. Foram elas: tempo (min, X1), abertura da malha da peneira (mesh, X2) e teor alcoólico (%), X3). O rendimento da extração dos compostos fenólicos (Y) foi considerado como a resposta (variável dependente) no desenho experimental. Os dados experimentais foram ajustados ao seguinte modelo polinomial de segunda ordem e foram obtidos os coeficientes de regressão:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=2}^k \beta_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

em que β_0 , β_i , β_{ii} , e β_{ij} , são os coeficientes de regressão para interceptar termos lineares, quadráticos e de interação, respectivamente, e X_i e X_j são as variáveis independentes; k é o número de variáveis ($k=3$). O modelo determinado foi testado através da Análise de Variância (ANOVA) e teste t dos coeficientes relativos aos seus erros padrões. O software Statistica 7 foi utilizado para gerar a superfície de resposta, mantendo a variável denominada teor de compostos fenólicos (%) constante no modelo.

Para os procedimentos de secagem, foi utilizado o planejamento estatístico fatorial 2² 13. Foram executadas três repetições do ponto central para dar a estimativa do erro experimental. As variáveis independentes utilizadas para avaliar o rendimento do teor de compostos fenólicos (%), foram: temperatura (min, X1) e o teor de adjuvante (%), X2). O modelo determinado foi testado através da Análise de Variância (ANOVA) e teste t dos coeficientes relativos aos seus erros padrões. O software Statistica 7 foi utilizado para gerar a superfície de resposta, mantendo a variável teor de compostos fenólicos (%) constante no modelo.

OBTENÇÃO DO EXTRATO LÍQUIDO

A partir da otimização das condições de extração no planejamento Box Behnken, foi utilizado o teor alcoólico de 60% e partículas com granulometria variando entre 0,5 mm a 0,106 mm que foram valores mais próximos da sugestão do modelo polinomial para obtenção da maior

quantidade possível de compostos fenólicos. Para isso, 1 Kg de pó de semente foi macerado por 24 h com 2 L de solvente (60%). Depois de concluída a maceração, foi iniciado o processo de percolação em percolador de inox com gotejamento de 12 gotas/min. Foram produzidos 10 L de extrato líquido da semente de jabuticaba.

OBTENÇÃO DO EXTRATO SECO

O extrato recolhido do processo de percolação foi concentrado em equipamento evaporador rotativo (R-220SE, Büchi Labortechnik, AG) a 40 °C e pressão 65mBar até conter 5% sólidos totais, medido por método gravimétrico em analisador com fonte de radiação halógena (Ohaus Inc., Pine Brook, EUA). Cerca de 100 mL do extrato concentrado foi atomizado em um mini spray dryer (LM MSD1.0, Labmaq do Brasil Ltda, Ribeirão Preto, Brasil) utilizando os parâmetros delineados pelo planejamento (temperatura e teor de adjuvante). Antes de realizar o procedimento de secagem, foi realizada a incorporação da mistura de adjuvante (60% de maldodextrina e 40% de goma arábica) durante 30 min mediante agitação magnética. Em seguida, o spray drier foi ajustado às condições de fluxo de alimentação da amostra de 5 mL/min, pressão de ar de 4,0 bar, vazão do ar de secagem de 3,0 m³/min, fluxo de ar comprimido a 40 L/min e bico injetor com orifício de 1,2 mm de diâmetro.

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (SINGLETON & ROSSI, 1965) com modificações (HASSIMOTO et. al, 2003). Uma alíquota de 0,25 mL dos extratos líquidos foi adicionada a 2 mL de água destilada e 0,25 mL do reagente de Folin-Ciocalteu. Após três minutos à temperatura ambiente, adicionou-se 0,25 mL de solução de carbonato de sódio 7,5% e os tubos foram agitados e levados em banho a 37 °C durante 30 min. A absorbância foi medida em espectrofotômetro (Femto 700 plus, Femto, São Paulo, Brasil), a 750 nm. O teor de compostos fenólicos foi calculado a partir da equação da reta obtida da curva padrão do ácido gálico:

$$y = 28,18297x - 0,03913 \quad (R^2 = 0,99977).$$

Para os extratos secos, foi realizada diluição prévia em uma concentração que permitisse leitura da absorbância dentro da faixa de concentrações do ácido gálico utilizado para a construção da curva. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico por 100 gramas da amostra (mg EAG/100 g).

DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO EXTRATO SECO

A capacidade do extrato seco da semente de jaboticaba em sequestrar radicais livres foi medida utilizando o oxidante DPPH (BRAND-WILLIAMS et al., 1995) com modificações. O extrato foi diluído em metanol na concentração de 0,2 mg/mL. Uma alíquota de 1,5 mL da solução de DPPH a 20 mg/L em metanol foi acrescentada a 750 µL dos extratos. O potencial antioxidante do extrato foi comparado ao padrão BHT também a 0,2 mg/mL. O decréscimo da absorbância foi monitorado minuto a minuto em espectrofotômetro (Femto 700 plus, Femto, São Paulo, Brasil) durante 20 minutos de reação. O respectivo branco do extrato e do padrão foram preparados utilizando-se uma alíquota de 750 µL do extrato ou da solução de BHT e 1,5 mL de metanol. A atividade de sequestro do radical DPPH foi calculada pela Equação (1):

$$\% \text{ de descoloração do DPPH} = \frac{[1 - (\text{Absorbância da amostra} - \text{Absorbância do branco da amostra})]}{\text{Absorbância do branco do ensaio do DPPH}} \times 100$$

Equação (1)

Para avaliar a cinética da reação entre o extrato e o radical DPPH, foi realizado o monitoramento através do registro da absorbância minuto a minuto até que a reação atingisse um platô de estabilidade. Os percentuais de DPPH remanescentes foram calculados e plotados em função do tempo da reação. Como parâmetro para avaliação da atividade antioxidante, também foi monitorado o comportamento do padrão BHT nas mesmas condições.

MORFOLOGIA DA PARTÍCULA DO EXTRATO SECO

Amostras do extrato seco foram fixadas na parte superior de uma fita adesiva condutora de carbono, colada em stubs de 12 mm de diâmetro e 10 mm de altura. Em seguida, realizou-se a metalização (sputtering) (Sputter

Coater Balzers SCD050, Industry Road, Hatfield) a uma corrente de 40 mTorr durante 180 segundos, tendo como gás de arraste o argônio a um vácuo de 0,05 mbar. As amostras foram observadas em Microscópio Eletrônico de Varredura (Jeol, JSM – 6610, Thermo scientific NSS Spectral Imaging, Waltham, MA). As imagens foram tratadas pelo software ImageJ 1.45s e o tamanho das partículas foram determinadas através de medida direta do diâmetro das estruturas esféricas utilizando-se a escala das figuras. O diâmetro médio de cada partícula foi estimado com a média entre duas medidas perpendiculares. Também foram tomadas as medidas das esferas de menor e maior diâmetro.

Resultados e Discussão

OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS

O delineamento experimental e as respostas para o teor de compostos fenólicos extraídos estão apresentados na Tabela 1. Os coeficientes de regressão de intercessão, linear, quadrático e de interação dos termos do modelo foram calculados usando a técnica dos mínimos quadrados (Tabela 2). Ficou evidente que os coeficientes lineares X3 e os quadráticos X22 e X32 são significativos ao nível de $p < 0,05$ e que os coeficientes X3 e X32 são ainda significativos ao nível de $p < 0,01$. Os coeficientes das variáveis independentes determinadas para o modelo polinomial de segunda ordem são mostrados na Equação (2):

$$\% \text{ Compostos fenólicos} = -9,27209 + 0,04881X1 + 0,01047X2 + 0,40389X3 - 0,00106X12 - 0,00004X22 - 0,00353X32 + 0,00009X1X2 + 0,00011X1X3 - 0,00001X2X3$$

Equação (2)

Com a análise de variância (Tabela 2), observou-se um R^2 de 0,9745, o que faz com que este seja capaz de explicar 97,45% do resultado da extração de compostos fenólicos da semente de jaboticaba. Geralmente, a exploração e otimização da metodologia de superfície de resposta pode induzir ao erro, a menos que o modelo apresente um bom ajuste, tornando então a adequação do modelo essencial¹⁸. Na Figura 1, é possível verificar a interação dos três fatores, variáveis independentes, no rendimento da extração de compostos fenólicos. A

Tabela 1. Planejamento Box Behnken com três fatores, três níveis, três pontos centrais e resultados experimentais e previstos para extração de compostos fenólicos da semente de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*).

Ordem padrão ^a	Ordem de execução ^b	Fator 1 (X ₁)		Fator 2 (X ₂)		Fator 3 (X ₃)		Teor de compostos fenólicos (%)	
		Tempo (min)		Abertura da peneira (mesh)		Teor alcoólico (%)		Previsto	Experimental
1	10	15 (-1)		150 (-1)		60 (0)		3,67	3,80
2	6	45 (+1)		150 (-1)		60 (0)		3,85	4,10
3	8	15 (-1)		350 (+1)		60 (0)		1,93	1,66
4	1	45 (+1)		350 (+1)		60 (0)		2,67	2,52
5	7	15 (-1)		250 (0)		40 (-1)		2,15	2,25
6	5	45 (+1)		250 (0)		40 (-1)		2,61	2,53
7	3	15 (-1)		250 (0)		80 (+1)		1,43	1,43
8	4	45 (+1)		250 (0)		80 (+1)		1,89	1,84
9	15	30 (0)		150 (-1)		40 (-1)		2,95	2,71
10	14	30 (0)		350 (+1)		40 (-1)		1,49	1,68
11	9	30 (0)		150 (-1)		80 (+1)		2,23	2,04
12	12	30 (0)		350 (+1)		80 (+1)		0,77	0,96
13	11	30 (0)		250 (0)		60 (0)		3,67	3,68
14	13	30 (0)		250 (0)		60 (0)		3,67	3,66
15	2	30 (0)		250 (0)		60 (0)		3,67	3,66

^a Não randomizado
^b Randomizado

Tabela 2. Coeficientes de regressão para o modelo polinomial quadrático e análise de variância (ANOVA) para os resultados experimentais da extração de compostos fenólicos da semente de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*).

Modelo	Coefficiente de regressão	Erro padrão	p
	-9,27209	2,183400	0,008118
Linear			
X ₁	0,04881	0,051001	0,382543
X ₂	0,01047	0,008473	0,271486
X ₃	0,40389	0,046907	0,000349
Quadrático			
X ₁ ²	-0,00106	0,000615	0,145489
X ₂ ²	-0,00004	0,000014	0,032967
X ₃ ²	-0,00353	0,000346	0,000155
Interação			
X ₁ X ₂	0,00009	0,000089	0,339072
X ₁ X ₃	0,00011	0,000443	0,807592
X ₂ X ₃	-0,00001	0,000067	0,932845
R²	0,97455		

partir do modelo gerado é possível atingir o máximo da extração de compostos fenólicos utilizando os seguintes valores para a combinação: 33 min (X₁ = tempo), 163 mesh (X₂ = abertura da malha da peneira) e 57 % (X₃ = graduação alcoólica).

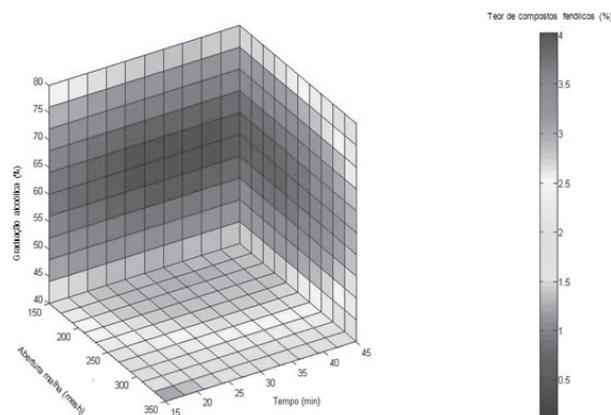


Figura 1. Superfície de resposta demonstrando o efeito do tempo de extração (min), granulometria das partículas retidas na malha (mesh) e graduação alcoólica (%) no teor de compostos fenólicos (%).

OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SECAGEM DO EXTRATO

Os dados da Tabela 3 apresentam o delineamento experimental e as respostas para o rendimento compostos fenólicos no produto final. Os coeficientes de regressão de intercessão, linear e de interação dos termos do modelo foram calculados usando a técnica dos mínimos quadrados e são apresentados na Tabela 4. Os coeficientes das variáveis independentes determinadas para o modelo são mostrados na Equação (3) de primeira ordem:

$$\% \text{ Compostos Fenólicos} = 35,95992 - 0,012178 * X_1 + 0,052938 * X_2 - 0,0000903383 X_1 X_2$$

Equação (3)

A análise de variância (Tabela 4) apresentou um R² de 0,9203, o que faz com que este seja capaz de explicar 92,03% do resultado do rendimento do teor de compostos fenólicos no extrato seco da semente de jabuticaba. Apesar do coeficiente R² ser elevado, nenhuma das variáveis independentes foi significativa ao nível de p<0,05 apenas o coeficiente de intercessão.

Tabela 3. Planejamento fatorial completo 2² com três pontos centrais e resultados experimentais e previstos para rendimento de compostos fenólicos no extrato seco da semente de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*).

Ordem padrão ^a	Ordem de execução ^b	Temperatura (°C)	Adjuvante (%)	Teor de compostos fenólicos (%)	
				Previsto	Experimental
1	7	80 (-1)	5 (-1)	35,92	35,21
2	4	120 (1)	5 (-1)	35,89	34,71
3	6	80 (-1)	20 (1)	36,03	35,90
4	1	120 (1)	20 (1)	36,00	35,34
5	5	100 (0)	12,5 (0)	35,96	33,21
6	3	100 (0)	12,5 (0)	35,96	34,07
7	2	100 (0)	12,5 (0)	35,96	33,11

^a Não randomizado

^b Randomizado

Tabela 4. Coeficientes de regressão para o modelo linear e análise de variância (ANOVA) para os resultados experimentais da secagem do extrato da semente de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*).

Modelo	Coefficiente de regressão	Erro padrão	p
Linear	35,95992	2,611788	0,005234
X ₁	-0,01218	0,025611	0,681298
X ₂	0,05294	0,179167	0,795488
Interação			
X ₁ X ₂	-0,00009	0,001757	0,963665
R ²	0,92039		

ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO EXTRATO SECO

O comportamento cinético da reação do DPPH com o extrato seco da semente de jabuticaba e o padrão BHT, na concentração de 0,2 mg/mL, é mostrado na Figura 2, através da curva relativa ao decréscimo da porcentagem de DPPH remanescente em função do tempo (min). É possível observar que o extrato apresentou maior velocidade cinética que o padrão BHT, atingindo o máximo de consumo do DPPH antes de findar o primeiro minuto da reação, com % DPPH remanescente menor que 10. Dessa maneira, tendo em vista que o tempo de reação é um parâmetro importante na avaliação da capacidade antioxidante (SANCHEZ-MORENO et al., 1998), é possível afirmar que o grupo de compostos fenólicos presentes no extrato seco da semente de jabuticaba foi mais eficiente que o padrão BHT. Assim fica evidenciado que o extrato seco da semente de jabuticaba exibe um forte potencial antioxidante e que os parâmetros utilizados no ensaio de secagem com o maior rendimento de compostos fenólicos não foi capaz de interferir em sua atividade.

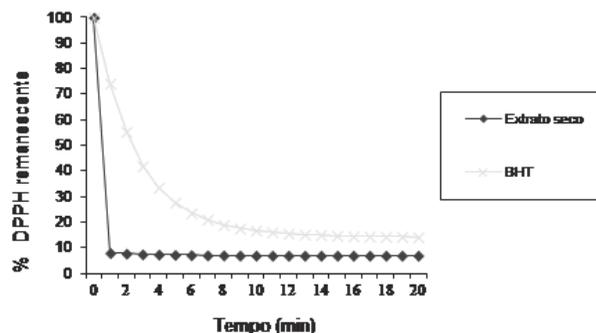


Figura 2. Comparação do comportamento cinético do extrato seco de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) e do padrão BHT frente ao radical DPPH.

EFEITO DAS CONDIÇÕES DE SECAGEM SOBRE A MICROESTRUTURA DA PARTÍCULA DO EXTRATO SECO

O extrato seco da semente de jabuticaba (Figuras 3 e 4) apresentou partículas de tamanhos diferenciados. Todavia, existiu uma maior frequência (80%) para o tamanho de 1 µm (Figura 5). As micropartículas podem ter diâmetros variando entre unidades de micrometros até milímetros e apresentar diversas formas, dependendo dos materiais e métodos usados para sua obtenção. Essas partículas são classificadas de acordo com o seu tamanho em nanopartículas (0,01 a 0,2 µm) ou em micropartículas (1 a 100 µm) (MARTIN, 1993). Dessa maneira, as partículas produzidas neste experimento podem ser consideradas como micropartículas. Avaliando ainda as imagens (Figuras 3 e 4), é possível constatar a presença de algumas microesferas de aspecto rugoso. Se o material de parede forma microcápsulas livres de qualquer deformação, maior será a capacidade deste material em reter e proteger o material ativo, neste caso, os compostos fenólicos (ROSENBERG et al. 1985). A formação de microestruturas com superfície rugosa, característica indesejável, pode afetar as condições de escoamento do material (ROSENBERG et al. 1990). As imperfeições superficiais ocorrem quando o processo de formação de filme durante a secagem das gotículas atomizadas é lento (RE, 1998). Apesar do aumento da temperatura de secagem, por sua vez, o aumento da taxa de formação de filme na superfície da gota evita o aspecto rugoso (RE, 1998), neste estudo ocorreu o contrário. Há

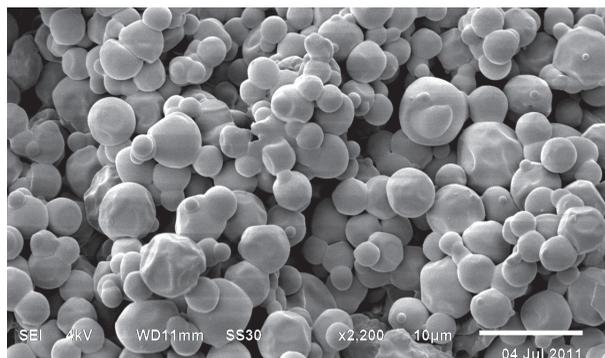


Figura 3. Fotomicrografia obtida por microscopia eletrônica de varredura (MEV) do extrato seco de semente de jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) por processo de secagem em spray dryer, cujas condições foram: Temperatura 72°C e Adjuvante 12,5%. SEI: Signal; 4kV=Acc Voltage; SS35 = Spotsize; x2200 = aumento.

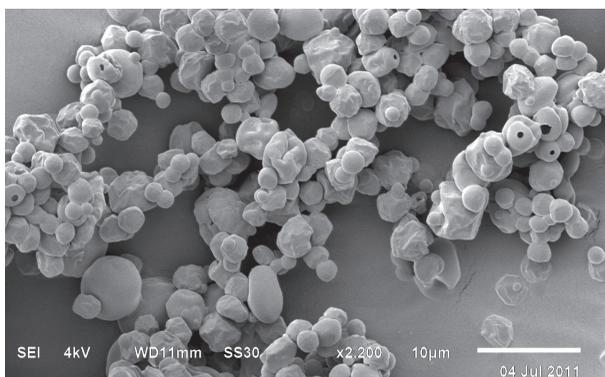


Figura 4. Fotomicrografia obtida por microscopia eletrônica de varredura (MEV) do extrato seco de semente de jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) por processo de secagem em spray dryer, cujas condições foram: Temperatura 128°C e Adjuvante 12,5%. SEI: Signal; 4kV=Acc Voltage; SS25 = Spotsize; x2200 = aumento.

maior predominância de microesferas de superfície lisa no ensaio com temperatura de 72°C (Figura 3). Dessa maneira, o sucesso na formação de microesferas de superfície lisa dependerá dos parâmetros de processo e da concentração da mistura e do tipo de adjuvante utilizado no sistema (ASCHERI et al. 2003) e não somente da temperatura do processo.

Conclusão

O alto teor de compostos fenólicos e sua respectiva atividade antioxidante observado no extrato seco da semente de jaboticaba sugerem que as sementes podem ser uma boa fonte de compostos bioativos. Além disso, a obtenção deste extrato poderá propiciar várias aplicações industriais, tendo em vista que este mostrou ser mais eficiente que o BHT. Adicionalmente, este extrato também poderá ser utilizado na suplementação de dietas e na formulação de novos alimentos com alegações de propriedades funcionais. Também, a sua produção seria uma alternativa para diminuir os impactos ambientais gerados pelo descarte de resíduos agroindustriais no solo.

Agradecimento

Os autores agradecem à Fazenda Jaboticabal pela doação das amostras de semente de jaboticaba, à CAPES/CNPq pela concessão da bolsa de estudos e ao Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução (LABMIC) do Instituto de Física da UFG pela realização das fotomicrografias.

Referência

- Ascheri, D. P. R.; Marquez, M. O. M.; Martucci, E. T. Microencapsulação de óleo essencial de laranja: seleção de material de parede. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.23, p. 1-6, **2003**.
- Andersen, O.; Andersen, V. U. *As frutas silvestres brasileiras*. São Paulo: Globo, **1989**. 203 p.
- Contreras-Calderón, J.; Calderón-Jaimes, L.; Guerra-Hernández, E.; García-Villanova, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, Barking, v. 44, p. 2047–2053, **2011**.
- Barros Neto, B.; Scarminio, I. S.; Bruns, R. E.; *Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria*, 2a ed., Ed. Unicamp: Campinas, **2002**.

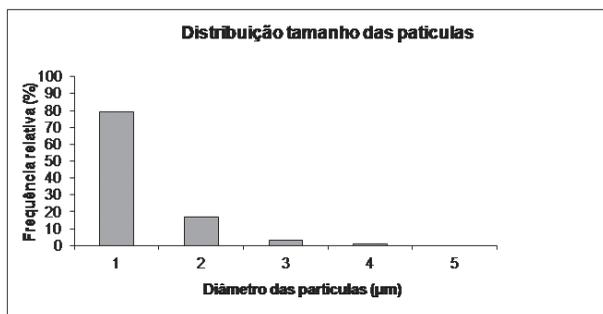


Figura 5. Distribuição do tamanho das partículas do extrato seco da semente de jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*).

5. Box, G. E. P.; Hunter, W. G.; Hunter, J. S.; Statistic for Experimenters: an Introduction to design, data analysis and model building. Wiley: New York, **1978**.
6. Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.; Berset, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Journal of Food Science and Technology, Mysore*, v. 28, n. 1, p. 25-30, **1995**.
7. Guo, C.; Yang, J.; Wei, J.; Li, Y.; Xu, J.; Jiang, Y. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research, Tarrytown*, v. 23, n. 12, p. 1719-1726, **2003**
8. Hassimoto, N. M. A.; Genovese, M. I.; Santos, R. J.; Lajolo, F. M. Determinação do conteúdo de fenólicos totais em frutas. *Revista de Ciências Farmacêuticas, Araraquara*, v.39, 167-169, **2003**.
9. Lima, A. J. B., Corrêa, A.D., Alves, A. P. C., Abreu, C. M. P., & Dantas-Barros, A. M. Caracterização química do fruto jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Caracas*, v. 58, p. 416-421, **2008**.
10. Lousada Junior, J. E.; Neiva, J. N. N.; Rodriguez, N. M.; Pimentel, J. C. M. P.; Lôbo, R. N. B. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa*, v.34, n.2, p.659-669, **2005**.
11. Martin, A. N.; Physical pharmacy: Physical chemical principles in the pharmaceutical sciences, Ed. Lea & Febiger: USA, **1993**.
12. Matias, M.F.O.; Oliveira, E.L.; Gertrudes, E.; Magalhães, M.A. Use of fibres obtained from the cashew (*Anacardium occidentale*, L) and guava (*Psidium guajava*) fruits for enrichment of food products. *Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba*, v.48, p.143-150, **2005**.
13. RE, M. I. Microencapsulation by spray drying. *Drying technology*, v.16, n.6, p. 1195-1236, **1998**.
14. Reynertson, K. A.; Wallace, A. M.; Adachi, S.; Gil, R. R.; Yang, H.; Basile, M. J. Bioactive depsides and anthocyanins from Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*). *Journal Natural Products, Washington*, v. 69, p. 1228-1230, **2006**.
15. Rosenberg, M.; Kopelman, I. J.; Talmon, Y.; Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 38, n. 5, p. 1288-1294, **1990**.
16. Rosenberg, M., Kopelman, I. J.; Talmon, Y., A study of microencapsulation by scanning electron microscopy. *Journal of Food Science*, v.50, p. 139-144, **1985**.
17. Sanchez-Moreno, C.; Larrauri, J. A.; Saura-Calixto, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 76, 270-276, **1998**.
18. Santos, D. T., Veggi, P. C., M. Angela A. Meireles. Extraction of antioxidant compounds from jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) skins: yield, composition and economical evaluation. *Journal of Food Engineering, London*, v. 101, p. 23-31, **2010**.
19. Singleton, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture, Davis*, v. 16, n. 3, p. 144-158, **1965**.
20. Schieber, A., Stintzing, F. C., Carle, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds — recent developments. *Trends in Food Science and Technology, Cambridge*, v. 12, p. 401-413, **2001**.
21. Soong, Y. Y.; Barlow, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Chemistry, Washington*, v. 88, n. 3, p. 411-417, **2004**.
22. Uchôa, A. M. A.; Costa, J. M. C.; Maia, G. A.; Silva, E. M. C.; Carvalho, A. F. F. U.; Meira, T. R. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. *Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas*, v.15, n.2, p.58-65, **2008**.
23. Toneli, J. T. C. L.; Park, K. J.; Murr, F. E. X.; Negreiros, A. A. Efeito da umidade sobre a microestrutura da inulina em pó. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v. 28, n.1, p. 122-126, **2008**.

Adriana A. de Carvalho^{1*},
Henrique Páscoa², Frederico
S. Martins², Daniela C.
Orsi² & Edemilson C. da
Conceição²

¹Instituto SENAI de Tecnologia em Alimentos e Bebidas, Rua Professor Lázaro Costa nº 348, Vila Canaã, CEP: 74415-420, Goiânia, Goiás, Brasil.

²Laboratório de PD&I de Fitoterápicos, Fitocosméticos e Nutracêuticos, Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás, Av. Universitária com 1ª Avenida s/n, Setor Universitário, CEP: 74605-220, Goiânia, Goiás, Brasil

*Email: adrianaantunes.senai@sistemafieg.org.br

Elaboração e Análise Sensorial de Biscoito Tipo *Cookie* com Castanha-do-Brasil e Óleo de Pequi

Renata K. M. Caetano, Raíza C. Fonseca & Rosário M. A. Cobucci

Este trabalho teve como objetivo a elaboração e a análise sensorial de um biscoito tipo *cookie* com polpa de castanha-do-Brasil e óleo de pequi. A partir da formulação desenvolvida, foi realizada a análise sensorial quanto à aceitabilidade, utilizando-se uma escala hedônica de nove pontos. A formulação foi bem aceita pelos provadores, obtendo média global 8,0 (gostei muito).

Palavras-chaves: *pequi; castanha-do-Brasil; cookie.*

This study aimed the development and sensory analysis of a *cookie* type cookie with pulp-nut Brazil and pequi oil. From the formulation developed sensory analysis was performed as to the acceptability, using a hedonic scale of nine points. The formulation was well accepted by the panelists, obtaining global average 8.0 (liked very).

Keywords: *pequi seed oil; Brazil nut; cookie.*

Introdução

O fruto do pequi é uma drupa com casca verde clara, apresenta endocarpo espinhoso e sua polpa aderida ao caroço é comestível¹⁴. O pequi é considerado um fruto com um alto valor nutricional, uma vez que possui vitaminas A, E, C, ácidos graxos, fósforo, potássio e magnésio. Essas substâncias são importantes ao consumo humano, pois estão ligadas ao bom funcionamento do organismo¹¹. Algumas características do fruto pequi são bastante importantes para o mercado *in natura*, como frutos maiores e de melhor aparência visual, frutos que possuam maiores massas de polpa e de amêndoa¹⁶. A polpa do pequi fornece cerca de 358 Kcal/100gramas, sendo correspondentes a cerca de 18% das necessidades calóricas de um adulto ao se analisar uma dieta de 2.000 Kcal¹¹. O fruto, após atingir o ponto de maturação, tem um curto período de conservação em sua forma *in natura*, por isso, necessita ser consumido num período curto após a sua colheita. Devido sua produção ser sazonal, gera-se a necessidade de técnicas para a conservação destes alimentos para seu consumo posterior¹⁰.

Gorduras e óleos são constituintes de suma importância na preparação de uma enorme lista de produtos alimentícios, bem como recheios, coberturas, produtos de panificação, sorvetes. Com isso, é de suma importância que se conheçam todas as propriedades físicas e químicas para que se tenha todo controle no processamento e estabelecimento dos padrões para cada uso específico do produto a ser fabricado⁵. Foi feita a caracterização e avaliação do óleo de pequi, *Caryocar brasiliense Camb* e avaliaram sua estabilidade térmica mostrando um patamar de estabilidade até cerca de 180°C⁴. Estudos sobre a influência da exposição do óleo de pequi à luz podem contribuir para uma correta orientação dos produtores e comerciantes, no que se refere ao armazenamento correto dos óleos de pequi, visando à comercialização de óleos com uma boa qualidade e que apresentem, de fato, significativos teores dos componentes funcionais³.

A castanheira (*Bertholletia excelsa H. & B.*) é uma espécie nativa da Amazônia tendo por *habitat* terra firme. É uma árvore cujo fruto apresenta alto valor alimentar e com expressão no comércio internacional, constituindo-se em um dos principais produtos extrativistas da pauta de exportação da Amazônia, principalmente, do estado

do Pará¹⁸. A Castanha-do-Brasil também chamada de “carne vegetal” por ser um alimento rico em vitaminas, proteínas e minerais. A amêndoa da Castanha-do-Brasil constitui um alimento bastante apreciado pelos consumidores não só pelo seu sabor como também pelas suas qualidades nutritivas, principalmente, devido à qualidade e quantidade de aminoácidos que apresenta. Diversos estudos mostram que a castanha-do-Brasil apresenta 60 a 70% de lipídios e de 15 a 20% de proteína de boa qualidade biológica, além de vitaminas e minerais. Quanto aos minerais, pode ser citada a presença de fósforo, potássio, sódio, magnésio e o selênio. Sendo este último elemento o de maior destaque, por superar em até três vezes o valor da quantidade diária recomendada para um indivíduo adulto¹⁵. A Castanha-do-Brasil tem tido a pesquisa focada na presença de Selênio, por sua ação antioxidante nos processos metabólicos. Pesquisas associam também como ação do Se a proteção contra ação nociva de metais pesados e na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis e no aumento da resistência no sistema imunológico. A recomendação nutricional para um indivíduo adulto é de 55 mg/dia. A ingestão de uma única amêndoa da castanha por dia é o suficiente para suprir a dose nutricional recomendada pelo *National Research Council (NRC)*, dos Estados Unidos. Uma ingestão a partir de 750 mg/dia de Selênio leva a toxicidade e a de 11mg/dia, à deficiência desse elemento¹⁵. Há várias vantagens com o consumo da Castanha-do-Brasil, contudo é necessário informar sobre a possibilidade de desenvolvimento de alergias se consumidas em grande quantidade, em um período longo. A quantidade recomendada é a ingestão de três castanhas por dia para desfrutar de seus benefícios¹⁵.

São muitas as formas de classificar um biscoito. Uma classificação muito utilizada é a baseada na forma de modelagem e/ou corte²: laminados e estampados: a massa é laminada e o produto é cortado e estampado por cortadores rotativos ou por prensas. Exemplos: *Maria* e *Cream Cracker*; rotativos ou moldados: a massa é prensada nas cavidades de um rolo moldador, com crivos impressos com o desenho desejado, como exemplo tem-se os recheados; extrusados e cortados por arame: o biscoito é formado por extrusão através de uma trafilha (peça que dá o formato desejado produto). O processo pode ser contínuo e o corte feito por guilhotina, por

fio ou arame, exemplos: rosquinhas, *cookies* e barras recheadas; depositados ou pingados: são produzidos a partir de uma massa quase líquida e depositados sobre a esteira do forno, em formas ou em bandejas, exemplos: champanha, suspiro e *waffer*. Qualquer que seja sua origem, o biscoito é um produto consumido internacionalmente por todas as classes sociais. Cada país tem naturalmente sua preferência por determinada classe, que tomadas juntas formam uma extensa seleção de formas, tamanhos, tipos e sabores. Embora não constitua um alimento básico como o pão, os biscoitos são aceitos e consumidos por pessoas de qualquer idade¹³. O termo “*cookie*” empregado nos Estados Unidos e na Inglaterra, pode ser considerado como sinônimo de biscoito. Estes biscoitos são formulados com a intenção de implementar sua fortificação com fibra e, ou proteína, devido ao forte apelo nutricional existente nos dias atuais para a melhoria da qualidade da dieta⁸. A característica primária de todos os biscoitos é a crocância, devido à atividade de água situando-se entre 0,1 e 0,3 e umidade geralmente entre 2 e 8%. Os *cookies* são classificados como biscoitos não fermentados, tendo uma formulação bastante simples, contendo poucos ingredientes básicos que são: farinha de trigo, gordura, açúcar, que quando combinados em diferentes proporções e adicionados ao sal e a outros ingredientes específicos, tais como cereais, açúcares, gorduras, leite em pó, aditivos, aromas, ovos, frutas, cacau e condimentos resultam em grandes variedades de produtos¹⁹. Os biscoitos tipo *cookies* apresentam grande consumo, longa vida de prateleira e boa aceitação, sobretudo entre as crianças⁸.

As indústrias alimentícias têm buscado cada vez mais identificar e atender aos anseios dos consumidores em relação a seus produtos, pois só assim sobreviverão num mercado cada vez mais competitivo. A análise sensorial possui várias aplicações na indústria de alimentos e nas instalações de pesquisas, destacando-se análises sensoriais nas etapas de desenvolvimento de novos produtos; análise no controle de qualidade; na seleção de métodos industriais instrumentais que tenham correlação com atributos sensoriais de alimentos. Por meio da análise sensorial, as características ou propriedades de interesse relativas à qualidade sensorial do alimento são identificadas e adequadamente estudadas, com base em metodologias

sensoriais de coleta de dados e em métodos estatísticos de avaliação e interpretação dos resultados do estudo sensorial desse alimento¹². Dessa maneira, as características de qualidade sensorial, tais como sabor, textura e aparência, precisam ser monitoradas desde o momento da percepção e escolha desta qualidade por meio de estudos do consumidor⁶. Existem várias escalas para medir a aceitação, sendo a mais utilizada a escala hedônica. É uma escala facilmente compreendida pelos consumidores, sendo utilizada por muitas empresas que obtiveram resultados válidos e confiáveis¹².

O Biscoito tipo *cookie* é um alimento de grande aceitação pela sua praticidade, e aceitabilidade por parte dos consumidores, sobretudo, crianças. Este é um alimento para refeições rápidas e práticas. Visando a inovação e utilização de um novo produto regional no mercado, este trabalho teve como objetivo a elaboração e a avaliação de aceitabilidade de um biscoito tipo *cookie* de Castanha-do-Brasil e óleo de pequi.

Materiais e Métodos

MATERIAIS

Foram utilizados os seguintes ingredientes na formulação do biscoito tipo *cookie*: farinha de trigo; margarina, açúcar mascavo; óleo de pequi, castanha-do-Brasil; bicarbonato de sódio e ovos. Os materiais utilizados foram balança semi-analítica; forno semi-industrial; batedeira planetária; silpat- tapete de silicone antiaderente para panificação; bandejas; colheres; tabuleiros; bacias de inox; copos descartáveis de 200 mL.

MÉTODOS

Processamento

A formulação foi desenvolvida a partir de testes feitos em laboratório. As formulações foram obtidas de uma receita caseira, a partir desta receita, foram testadas quatro formulações para que se obtivesse a formulação do biscoito proposto. Após cada teste, era realizada degustação pelos alunos do curso de engenharia de alimentos e professores dos cursos de engenharia de alimentos e gastronomia. Os comentários obtidos nortearam as melhorias para a formulação que atendessem ao propósito do trabalho.

A elaboração dos biscoitos foi dividida em etapas, sendo a pesagem dos ingredientes a primeira. Esta etapa é muito importante para que se obtenha um produto final padronizado. A mistura dos ingredientes ocorreu em duas etapas. Inicialmente, os ingredientes (margarina, açúcares mascavo e refinado e ovo) foram misturados em uma batedeira planetária, em velocidade máxima, até a obtenção de uma massa homogênea. Em seguida, a massa foi colocada em uma vasilha e acrescentaram-se farinha de trigo, bicarbonato, sal, óleo, castanha-do-Brasil e a polpa de pequi, nas formulações que possuem estes ingredientes. Esta mistura foi realizada até a obtenção da consistência desejada.

Na etapa seguinte, para a modelagem após a massa pronta, esta foi enrolada em filme PVC transparente em forma de cilindro. A próxima etapa foi a de descanso, em que a massa passou por um processo de resfriamento em geladeira por um período de 24 horas. Este processo torna a massa mais endurecida, facilitando a próxima etapa. Após ser retirada da geladeira, essa massa foi cortada em forma de moeda. Após o corte, foi levada ao forno elétrico semi-industrial, a temperatura de 180°C por cerca de 15 minutos. Ao finalizar o assamento, os biscoitos foram deixados para resfriar em temperatura ambiente por cerca de 30 minutos. Então, os biscoitos foram acondicionados em sacos plásticos de polipropileno e armazenados até o dia seguinte em local seco e arejado.

Avaliação Sensorial

O teste foi realizado no laboratório de Análise Sensorial da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. A escala hedônica expressa o gostar ou desgostar, conhecendo-se desta forma o “*satus afetivo*” dos consumidores com relação ao produto. Dos valores relativos à aceitabilidade, pode-se inferir a preferência, ou seja, as amostras mais aceitas são as preferidas⁹.

Para estudos de aceitação com adultos, a escala hedônica de 9 pontos é a mais usada. Essa escala possui uma numeração de 1 a 9, em que o provador, ao avaliar a amostra, marca o valor que ele atribui para cada amostra, de acordo com o descrito na ficha do teste de aceitação. A nota nº 1 corresponde à opção “desgostei muitíssimo”; nº 2 “desgostei muito”; nº 3 “desgostei moderadamente”; nº 4 “desgostei ligeiramente”; nº 5 “indiferente – não gostei nem desgostei”; nº 6 “gostei ligeiramente”; nº 7 gostei moderadamente”, nº 8 “gostei muito” e nº 9 “gostei muitíssimo”⁶.

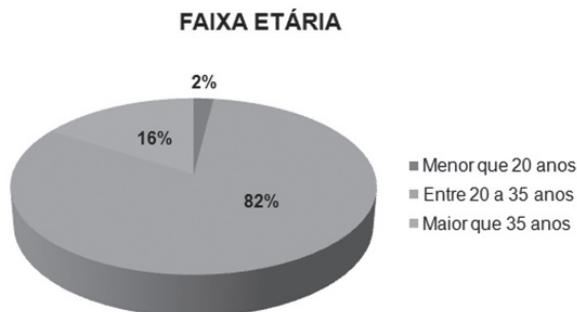


Figura 1. Faixa etária dos provadores. Fonte: Autores, 2015.

Os resultados da escala hedônica podem ser avaliados pela análise da distribuição de frequência dos valores hedônicos, obtidos em cada amostra, por meio de histogramas. Os histogramas tornam possível a visualização da segmentação dos valores hedônicos de cada amostra, revelando o seu nível de aceitação ou rejeição e permitindo a comparação dos desempenhos de duas ou mais amostras. Outra forma de analisar os resultados da escala hedônica é por meio da análise de variância (ANOVA), que considera conjuntamente as avaliações de todos os consumidores e assume que todos apresentam o mesmo comportamento, desconsiderando suas individualidades¹².

As amostras foram codificadas com três dígitos aleatórios e apresentadas aos provadores a temperatura ambiente. Juntamente à amostra, foi entregue a cada provador na bandeja uma ficha para a avaliação do biscoito e um copo com água. O procedimento se deu em uma sala de avaliação sensorial com cabines individuais, sob luz branca equivalente à luz do dia. O julgamento de aceitação consistiu em cada provador marcar uma das opções na escala hedônica de nove pontos. A ficha apresentada também avaliou a intenção de compra por parte dos provadores em relação ao produto apresentado.

Resultados e Discussão

PROCESSAMENTO

Com base na formulação padrão, foram realizados os testes iniciais para obtenção da formulação melhorada selecionada para a análise sensorial.

No teste 1, utilizou-se apenas óleo de pequi em sua formulação, os resultados obtidos, após as degustações, apontaram que o produto apresentou sabor muito fraco de pequi mas com uma textura adequada de biscoito tipo *cookie*.

Desta forma, optou-se em realizar mais dois testes: um com acréscimo somente da polpa (teste 2) e outro com a utilização de polpa e óleo (teste 3), pois acreditava-se que a polpa iria realçar o sabor. Como os cookies elaborados nos testes 2 e 3, apresentaram-se com consistência não característica de biscoito tipo *cookie* (ficaram muito mole e quebradiços), e o sabor permaneceu muito fraco foi necessário realizar o teste 4. Optou-se por aumentar a quantidade do óleo de pequi e retirar a polpa da formulação.

Os resultados obtidos após as degustações da formulação 4 indicaram um biscoito com sabor agradável, além de o produto apresentar textura e consistência adequadas para biscoito tipo *cookie*. A partir desta formulação, foram produzidos os biscoitos para a análise de aceitação por parte dos provadores.

ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial foi conduzida com um grupo de 50 provadores, do sexo masculino e feminino, alunos da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Todos os testes foram realizados com provadores não-treinados, sendo composta por estudantes e funcionários da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Em relação à idade dos provadores, foi verificado que a maioria possuía idade entre 20 a 35 anos, (82%) sendo que 2% tinham idade inferior a 20 anos e 16% tinham idade superior a 35 anos, como mostrado na Figura 01. A faixa etária entre 20 a 35 anos é a mais usada para aplicar o teste sensorial referente a produtos em geral. Esta faixa recebe maior atenção dos fabricantes, pois além de representar grande porcentagem da população, ela também possui grande potencial de consumo e também por que os hábitos alimentares são formados nessa faixa etária. Já acima de 35 anos, os consumidores tendem a serem mais econômicos devidos a gastos familiares¹².

Na Figura 2 a seguir, pode-se observar que a maior parte dos provadores que participaram da análise sensorial dos biscoitos tipo *cookie* era do sexo feminino com 62% e apenas 38% do sexo masculino.

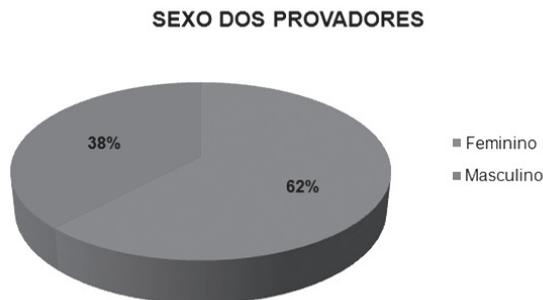


Figura 2. Sexo dos Provadores. Fonte: Autores, 2015.

As diferenças de consumo entre pessoas do sexo masculino e feminino estão cada vez diminuindo, embora as mulheres ainda sejam mostradas como as que adquirem mais bens de consumo e possuem o poder de decisão de compra^{12,7}. Conforme pesquisa realizada pela Latin Panel em 2005 e divulgada pela ABRAS (Associação Brasileira de Supermercados) foi constatado que o público feminino determina tendência de mercado, tornando-se, dessa forma, os maiores alvos da pesquisa de marketing.

Após a aplicação do teste de aceitação, os resultados foram tabulados e foi obtida a média da aceitação global e o gráfico de distribuição de frequências das notas. O biscoito apresentou uma média global igual a 8,0 na escala hedônica de 9 pontos que corresponde à descrição “gostei muito”. Os resultados sobre a aceitação global dos biscoitos tipo *cookie* com Castanha-do-Brasil e óleo de pequi mostraram que em geral o *cookie* foi bem aceito. De acordo com o gráfico de frequência das notas (Figura 3), aproximadamente metade dos provadores (46%) “gostaram muitíssimo” do produto.

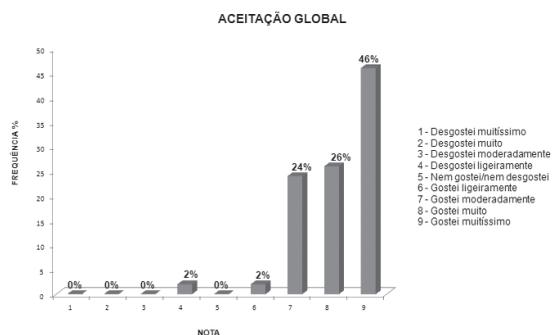


Figura 3. Resultados da análise sensorial do teste de aceitação do biscoito tipo *cookie* com Castanha-do-Brasil e óleo de pequi. Fonte: Autores, 2015.

A ficha usada na avaliação sensorial possuía a opção para que os provadores pudessem expressar a sua opinião sobre o produto no campo: “caso queira, dê sua opinião sobre esse produto”. Conforme mostrado na Figura 4, verificou-se que a grande maioria dos provadores (70%) não fez nenhum comentário, e a outra parcela dos provadores (30%) comentou que o biscoito ficou com uma ótima textura, formato e sabor, contudo um pouco oleoso, este comentário é de suma importância para que o produto possa ser melhorado.

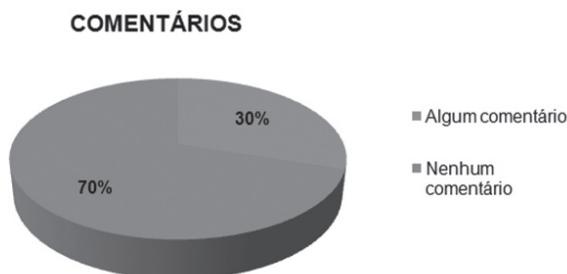


Figura 4. Comentários dos provadores.

Ao solicitar aos provadores “qual seria sua atitude, caso encontrasse esse produto a venda” verificou-se como mostrado na Figura 5, que o biscoito tipo *cookie* foi bem avaliado no requisito intenção de compra, já que a maioria dos provadores no caso 54% afirmou que certamente compraria este produto caso encontrasse a venda. Esse critério avaliado faz com que seja comprovada a boa aceitação do produto desenvolvido neste trabalho.

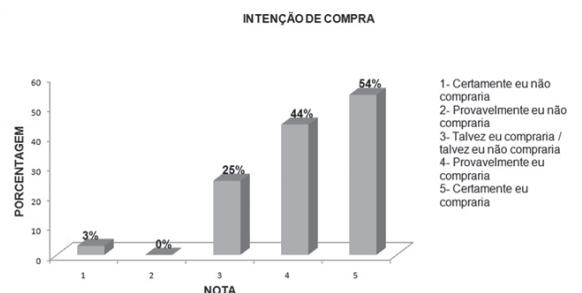


Figura 5. Intenção de compra dos provadores sobre o biscoito tipo cookie de Castanha-do-Brasil e óleo de pequi.

Conclusão

Para o desenvolvimento de novos produtos, é necessário empenho e dedicação em busca de ingredientes e formulações adequadas, que resultem em produtos de qualidade e que atendam as necessidades e anseios por parte dos consumidores. A avaliação da aceitação de um novo produto por parte do consumidor é um ponto de extrema importância, pode-se utilizar métodos afetivos, os quais medem aceitação ou preferência de um produto, podendo ser de forma individual ou em comparação a outros produtos.

Os resultados obtidos, mediante a realização da análise sensorial do cookie por meio do teste de aceitação escala hedônica, mostrou que o produto foi bem aceito podendo ser uma opção para a utilização de um subproduto derivado da Castanha-do-Brasil e óleo de pequi, sendo que o resultado de intenção de compra vem comprovar este fato já que os provadores certamente comprariam o produto.

A partir dos resultados da análise sensorial, sugere-se a realização de trabalhos futuros para caracterização físico-química do produto e determinação do *shelf-life* do mesmo, bem como demais características importantes para a sua possível comercialização no mercado, visto que foi um produto bem aceito na análise realizada.

Referências

1. Araújo, W. M. C.; Borgo, L. A.; Botelho, R. B. A.; Montebello, N. D. P. *Alquimia dos Alimentos*. 2. ed. Brasília: SENAC-DF, 2009. 560p.
2. Azevedo, R. G. Melhoria do fornecimento de biscoitos em forno à lenha com processo em batelada. Santa Cruz do Sul, março de 2007. Disponível em: <<http://btd.unisc.br/Dissertacoes/RafaelGuedesdeAzevedo.pdf>>. Acesso em 24 de set. de 2012.
3. Brasil, R. V.; Cavallieri, A. L. F.; Costa, A. L. M.; Gonçalves, M. A. B. Caracterização Física e química do óleo de pequi exposto a diferentes condições de armazenamento. UFG. Goiânia – Go, 2011. 14p. Disponível em: <http://www.ufg.br/conpeex/2011/pibic/RENATA_V.PDF> Acesso em : 13 de Set. de 2012.
4. Brandão, K. S. R.; Nascimento, U. M.; Silva, F. C.; Souza, A. G.; Conceição, M. M. Avaliação da estabilidade térmica do óleo de pequi. (Caryocar seed oil). In Congresso Brasileiro De Análise Térmica E Calorimetria. 5 ed. Poços de Caldas, 2006. Livro de resumos. Poços de Caldas. ABRATEC, 2006. 172 p
5. Castanheira, L. S. Extração de Polpa e de Óleo de Pequi utilizando Prensa Mecânica. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) PUC – Goiás, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2005. 64p.
6. Dutcosky, S. D. Análise sensorial de alimentos. 2. ed. Curitiba: Champagnat, 2007. 239 p.

7. Faria, E. V.; Yotsuyanagi, K. Técnicas de análise sensorial. Campinas: ITAL/LAFISE, **2002**. 116p.
8. Fasolin, L. H.; Almeida, G. C.; Castanho, P. S. Netto-Oliveira, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. *Ciência Tecnologia alimentos*, Campinas, v. 27, n. 3, 524 – 529 p, 2007. Disponível:<www.scielo.br/pdf/cta/v27n3/a16v27n3.pdf> Acesso em : 24 de Set. de **2012**.
9. Ferreira, V. L. P.(Coord.). *Análise sensorial: teste discriminativo e afetivo*. Campinas – SP. SBCTA, **2000**. 127 p.
10. Furtado, G. F.; Porto, A. G.; Zela, S. P.; Silva, F. S. Avaliação físico-química do pequi submetido á secagem em camada delgada. UNEMAT – campus universitário Barra do Bugres, 2008. Disponível:<http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos_conic/Expandido_00416.pdf> Acesso em : 19 de set. de **2012**.
11. Lima, A. (Ed.); Silva, A. M. O. E; Trindade, R. A.; Torres, R. P.; Mancini-Filho, J. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (Caryobar brasiliense Camb). *Rev. Bras. Frut. Jaboticabal* – SP. V 29, nº3, **2008**. 695 – 698 p.
12. Minim, V. P. R. *Análise sensorial: estudos com consumidores*. Viçosa: Editora UFV, **2006**. 225 p.
13. Moraes, K. S.; Zavareze, E. R.; Miranda, M. Z.; Salas-Mellado, M. L. M. Avaliação tecnológica de biscoitos tipo cookie com variações nos teores de lipídio e de açúcar. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 30(Supl.1): 233-242, 2010. Disponível:<www.scielo.br/pdf/cta/v30s1/36.pdf> Acesso em : 24 de set. de **2012**.
14. Oliveira, M. E. B.; Guerra, N. B.; Maia, A.H.N.; Alves, R. E.; Xavier, D. S.; Matos, M. S. Caracterização física de frutos de pequi nativos da chapada do Araripe – CE. *Revista Brasileira de fruticultura*. V. 31, n. 4, 2009. Disponível:<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-29452009000400038&script=sci_arttext> Acesso em : 24 de set. de **2012**.
15. Pacheco, A. M.; Scussel, V. M. *Castanha- do - Brasil: Da Floresta Tropical ao Consumidor*. Florianópolis, SC: editograf, **2006**. 176 p.
16. Ramos, K. M. C. Variabilidade genética e uso dos frutos de pequi (*Caryocar coriaceum Wittm.*) na região meio – norte do Brasil. *Dissertação (Programa Regional de Pós- Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente)*, UFPI. Teresina, Universidade Federal do Piauí, **2010**. 31 p.
17. Ribeiro, A. P. B.; Moura, J. M. L.; Grimald, R.; Gonçalves, L. A. G. Interesterificação química: alternativa para obtenção de gorduras zero trans. *Química Nova*, Vol. 30, No. 5, 1295-1300, 2007. Disponível:<www.scielo.br/pdf/qn/v30n5/a43v30n5.pdf> Acesso em: 19 de set. de **2012**.
18. Salomão, R. P. Densidade, estrutura e distribuição espacial de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em dois platôs de floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional brasileira. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, Belém, v. 4, n. 1, p. 11-25, 2009. Disponível:<www.museugoeldi.br/editora/bn/artigos/.../densidade(salomao).pdf> Acesso em: 24 de set. de **2012**.
19. Sarantópoulos, C. I. G. L.; Oliveira, L. M.; Canavesi, E. Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis. Campinas: CETEA/ITAL, **2001**. 213 p.

Renata K. M. Caetano^{1*}, Raíza C. Fonseca² & Rosário M. A. Cobucci¹

¹ Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Engenharia - Engenharia de Alimentos. Avenida Engler, s/n - Jardim Mariliza, BLOCO G - Campus II . CEP: 74885-460, Goiânia, Goiás, Brasil.

² Instituto SENAI de Tecnologia em Alimentos e Bebidas, Escola SENAI Vila Canaã – Rua Professor Lázaro Costa nº 348, Vila Canaã, CEP: 74415-420, Goiânia, Goiás, Brasil.

*E-mail: renataklicia@gmail.com

Aplicando Conceitos de 5S em um Sistema de Gestão de Estoques numa Indústria Alimentícia e Impactos na Racionalização de Recursos

Paula V. P. Naves

A integração de conceitos como 5S e gestão não necessita de grandes investimentos para sua implementação, permitindo discutir as vantagens que as organizações alcançam com a adoção do Programa 5S na Gestão dos Estoques. Este artigo apresenta conceitos revisados que podem ser replicados a qualquer segmento industrial e um estudo de caso de um fabricante de alimentos que através do Programa 5S preparou a empresa para implantação das normas ISO, observando impacto positivo na gestão de estoques, sobre as operações de movimentação, armazenagem e de pessoal, gerando otimização de recursos e uma maior motivação aos colaboradores.

Palavras-chave: *gestão; alimentos; armazenagem.*

The integration of concepts such as 5S management and does not require large investments for its implementation, allowing discuss the benefits organizations achieve by adopting the 5S Program in Stockpile Management. This article presents revised concepts that can be replicated to any industrial sector and a case study of a food manufacturer that through the 5S Program prepared the company for the implementation of ISO standards, noting positive impact on inventory management on handling operations, storage and personnel, generating resource optimization and greater motivation to reviewers.

Keywords: *management; foods; storage.*

Introdução

Segundo Bizelli (2002)¹, após a abertura do mercado brasileiro em 1990, diversas empresas tiveram que se adaptar aos novos produtos surgidos além das fronteiras. Essa adaptação exigiu adequações tecnológicas sem precedentes na história da indústria brasileira, com renovações completas de antigos parques industriais. Surge, então, uma nova forma de competitividade. Os produtos tornaram-se *commodities*, ou seja, seus níveis de diferenciação são mínimos (Ex.: celulares) e as empresas devem buscar novas formas de lucrar com seus produtos. Uma das alternativas de maior destaque que se apresenta para esse fim é redução de custos. Diversos autores da área logística concordam: a logística é o ponto chave de economia de custos para a empresa. Como escreve Ballou (1993)²: “Na firma individual, atividades logísticas absorvem uma porção significativa de seus custos individuais. Estes custos, que são em média cerca de 22% das vendas (...) determinam muitas vezes se a firma será competitiva. Boa administração é essencial”. (p.38).

Verifica-se, portanto, a necessidade de estudo e aplicação de estratégias e ferramentas para alcançar a redução de custos que apresentem uma maneira eficaz de trazer vantagens sobre a concorrência e conquistar o cliente. A logística abrange um amplo campo de atividades dentro da Cadeia de Suprimentos. Podem ser encontrados diversos segmentos a serem trabalhados separadamente e que, em conjunto, proporcionam os resultados de redução de custo esperados. Um programa de capacitação de fornecedores pode ter resultados tão bons quanto à melhoria de localização dos centros de distribuição. Assim como a melhoria de arranjo físico pode impactar diretamente na lucratividade da empresa. Concordando com Slack (2002)³: “Mudanças relativamente pequenas na localização de uma máquina numa fábrica ou dos produtos em um supermercado ou até mesmo a mudança de salas em um centro esportivo, podem afetar o fluxo de materiais e pessoas por meio da operação. Isso, por sua vez, pode afetar os custos e a eficácia geral da produção”.

Fonte de Dados

Esta pesquisa teve natureza qualitativa em relação aos temas tratados, foram realizadas pesquisas em

literaturas científicas e em normas técnicas publicadas nos últimos dez anos. Do ponto de vista dos objetivos, este estudo classifica-se como exploratório e em relação aos seus procedimentos técnicos como bibliográfico; como base de dados, foram utilizadas dissertações, livros técnicos, artigos e periódicos que abordassem o assunto, além de consulta a sites. O tema, em princípio, foi contextualizado frente à competitividade empresarial, foi feita uma revisão bibliográfica sobre o conceito 5S, suas vantagens, etapas de implantação e exemplos de aplicação, seguido de uma revisão sobre gestão de estoques e a apresentação de estudo de caso envolvendo uma organização do ramo alimentício, levando à finalização com a análise conclusiva do artigo.

O programa 5S

A ferramenta 5S, também chamada de *Housekeeping* (conservação da casa), surgiu no Japão nos anos 50, após a 2ª Guerra Mundial, com o objetivo de reorganizar o país quando vivia a chamada crise da compatibilidade, no Programa de Recuperação das Empresas Japonesas⁴. Segundo Nadia Vanti (1999)⁵: “o Programa 5S de Administração nasceu no Japão, quando pais ensinavam a seus filhos os princípios educacionais até a fase adulta.” No Brasil, o programa foi lançado no início da década de 1990, conforme Bertaglia (2003)⁶. Consistindo num “sistema de padronização e organização do local de trabalho”, o objetivo do 5S é criar um local de trabalho visual: autoexplicativo, auto-organizativo e automelhorável, que evidencie aos funcionários uma situação fora do padrão, bem como permita sua correção de forma simples e imediata. Um ambiente limpo, bem organizado, e que fala com você⁷. O Programa tem como objetivo administrar de forma participativa e melhorar o ambiente de trabalho proporcionando qualidade de vida, qualidade de serviço e facilidade na implantação de outros programas de melhoria. Para aplicação do 5S, é necessária uma modificação do comportamento dos colaboradores, do contrário, não poderá ser concluído. Como afirma Falconi (2004)⁸, “O programa 5S não é somente um evento episódico de limpeza, mas uma nova maneira de conduzir a empresa com ganhos efetivos de produtividade.”

Caso não haja comprometimento dos colaboradores, assim como da alta direção da empresa, o programa não funcionará, como constata a pesquisa SEBRAE feita em 2000, sobre a Gestão da Qualidade Total aplicada às empresas de serviços. Nela, verificou-se que, dos programas 5S implantados pelas empresas, 72% fracassaram devido à falta de comprometimento.

DENOMINAÇÃO DO 5S

O programa consiste em 5 Passos relacionados aos “5 Sentos”, conforme tabela 1, que apresenta a Denominação dos Conceitos do 5S. Cada senso se aplica sequencialmente para que se possa chegar ao resultado esperado, conforme mostra a Figura 1. A seguir, cada senso e seu significado dentro do programa 5S:

Tabela 1. Sentos Programa 5S

Denominação		Conceito	Objetivo Particular
Português	Japonês		
Utilização/ Seleção	Seiri	Separar os desnecessários	Eliminar do espaço de trabalho o que seja inútil
Ordem	Seiton	Situar os necessários	Organizar o espaço de trabalho de forma eficaz
Limpeza	Seiso	Suprimir os supérfluos	Melhorar o nível de limpeza
Saúde e Higiene	Seiketsu	Sinalizar as anomalias	Prevenir o aparecimento de doenças, supérfluos e a desordem
Disciplina	Shitsuke	Seguir melhorando	Incentivar esforços de aprimoramento

SEIRI: SENSO DE UTILIZAÇÃO

Basicamente o senso Seiri é saber utilizar sem desperdiçar. Inicia-se pela classificação dos materiais necessários e desnecessários na empresa. Dentro desta, aplicam-se subdivisões como: necessário e de uso frequente; necessário e de uso esporádico; necessário, porém precisa de recuperação; desnecessário, porém útil para outros; desnecessário, porém útil para outros fins e desnecessário e inútil. Após a classificação, realiza-se a correta destinação dos materiais como a guarda, envio para reparo, remessa para outro departamento ou descarte.

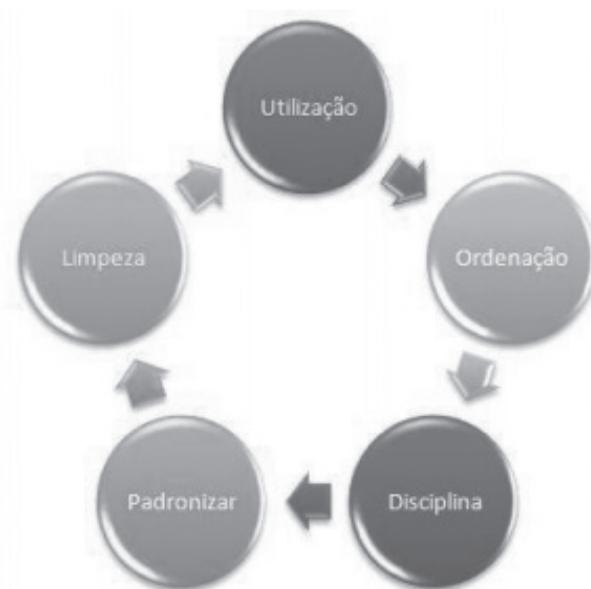


Figura 1. Sequência de aplicação Programa 5S

Fonte: <http://dijandebarrs.wordpress.com>

Seiton: Senso de organização

No senso Seiton, a chave é saber utilizar sem desperdiçar e de forma organizada. Para a gama de materiais classificados como necessários no estágio anterior, deve-se propor a correta estocagem, de forma ordenada, sistematizada e padronizada, de modo a facilitar seu uso, manuseio, localização e guarda.

Seiso: Senso de limpeza

O terceiro senso consiste em eliminar a sujeira ou objetos estranhos, por meio da identificação de sua origem. Resolver o problema-raiz, resultando na manutenção de um ambiente limpo. Dados e informações também devem ser mantidos sempre atualizados.

Seiketsu: Senso de saúde

Após a aplicação e consolidação dos três primeiros S, o senso de saúde será cumprido quando tiverem sido criadas condições favoráveis à saúde física e mental, garantindo um ambiente não agressivo e livre de agentes poluentes de qualquer forma, abrangendo até a forma visual.

Shitsuke: Senso de autodisciplina

Este senso finaliza o ciclo do 5S, exigindo para seu cumprimento, a autodisciplina. Aqui os colaboradores entram com uma grande influência e importância. Eles devem seguir as regras e procedimentos criados pelos sentidos anteriores, a fim de manter o Programa em funcionamento.

Conforme Oliveira (1997)⁹, aplicando-se os conceitos do 5S obtêm-se como resultados positivos: altos níveis de qualidade pessoal e ambiental; manifestação espontânea de criatividade em grupo ao realizar suas tarefas; diminuição dos acidentes; redução do desperdício; conservação de energia física e mental; melhoria do clima organizacional e satisfação coletiva.

Aplicação do Programa 5S

O programa 5S pode ser aplicado em qualquer empresa, de qualquer ramo e para seu início um projeto de implantação deve ser desenvolvido. É necessária a montagem de grupos de promoção para divulgar o programa, realização de palestras de conscientização e envolvimento dos funcionários, capacitando-os para a realização dos sentidos. Preferencialmente, um responsável da diretoria deve participar deste grupo, a fim de demonstrar comprometimento da alta direção aos demais colaboradores. Um grupo de padronização também deverá ser montado para estabelecer regras e procedimentos em cada etapa. Por fim, um grupo de controle é essencial para acompanhar e monitorar os resultados, apontando metas para cada objetivo pré-estabelecido, pelo grupo de padronização. Um dia de lançamento do programa também se mostra interessante como o Dia D, patrocinado pela empresa, para que todos os envolvidos percebam que uma mudança ocorre e motivem-se a fazer parte desta.

Segundo Alencar (1998)¹⁰, citado por Nadia Vanti⁵, “a motivação é considerada o componente mais importante no âmbito do indivíduo quanto da organização”. Embora sejam recursos e competências de gerenciamento que tornam a inovação possível, a motivação é o elemento catalisador das ações voltadas para a inovação”.

Etapas de Implantação do 5S

A implantação do 5S pode ser dividida em 03 etapas:

5S Ativos, 5S Eficazes e 5S Preventivos. A sequência dos procedimentos em cada etapa é seguinte: Separar; Classificar (organizar); Limpar; Padronizar; Manter.

5S Ativos: envolvem a introdução dos conceitos no sentido de “colocar em ordem” o ambiente de trabalho.

5S Eficazes: buscam tornar um hábito a aplicação desses conceitos, mantendo a ordem conseguida por meio do 5S ativos e abrangendo um número maior de setores/atividades no local de trabalho, detalhando e aplicando os sentidos em cada um deles.

5S Preventivos: buscam aumentar a eficiência na aplicação dos conceitos que já se consolidaram como hábito, por meio da prevenção. A prevenção se consegue pela busca da melhoria contínua na aplicação de cada senso mediante indagação permanente sobre quais motivos ainda levam a haver a ineficiência, e intervir nas suas causas.

Casos de Sucesso do 5S

O Programa 5S foi implantado numa empresa de transformação, demonstrando ser uma maneira fácil, eficiente e de baixo custo para auxiliar na perceptiva da qualidade total em produtos e serviços da empresa (SILVA, 2003)¹¹. Nos estudos realizados por Godoy, Belinaza e Pedrozzi (2001)¹², o 5S foi implementado trazendo resultados satisfatórios:

Empresa A: mostrou maior credibilidade no comprometimento dos funcionários, acréscimo na organização dos setores, aumento da competitividade e melhora no tratamento com os clientes.

Empresa B: apresentou aumento na organização dos setores e no tratamento dos funcionários com os clientes.

Empresa C: proporcionou melhoria no ambiente de trabalho, operacionalização dos fluxos de trabalho em graus significativos, acréscimo no relacionamento com as pessoas.

Empresa D: ofereceu maior organização dos ambientes de trabalho. Empregando o 5S associado a um estilo participativo de gestão em uma Biblioteca Universitária, de acordo com os estudos de Vanti (1999)⁵, alcançou-se como resultados a melhoria substancial na prestação

de serviços, criando um clima de confiança, autodisciplina e responsabilidade, além de aumentar a motivação dos funcionários. Numa empresa de armazenagem de médio porte em Minas Gerais, foi implantado o Programa 5S, resultando na Qualidade Total da empresa, apresentando melhoria na organização, maior organização no processo e nos itens utilizados, redução no tempo de busca pelos equipamentos, realização da filosofia de “não sujar” e, em fase de implantação, de programas de saúde e de treinamento aos funcionários (CANTO, SANTOS e GOHR, 2006)¹³.

Facetas da Logística

Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2007)¹⁴: “a logística refere-se à responsabilidade de projetar e administrar sistemas para controlar o transporte e a localização geográfica dos estoques de materiais, produtos inacabados e produtos acabados pelo menor custo total”. Abrangem-se, em um estudo aprofundado da cadeia de suprimentos: processamento de pedidos, transporte, informações, gestão de estoques, armazenamento e manuseio de materiais. Bertaglia (2003)⁶, por sua vez, destaca como parte integrante da logística o planejamento, compras, produção e a distribuição. Analisando detalhadamente o processamento de pedidos, engloba a previsão de demanda e o nível de troca de informações entre os fornecedores e a empresa, otimizando a comunicação via sistemas EDI e MRP, a fim de obter o melhor resultado em valor economizado.

Entenda-se - EDI (*Electronic Data Interchange*) ou Intercâmbio Eletrônico de Dados, uma ferramenta que viabiliza a troca de documentos comerciais eletronicamente e, com isso, possibilita diminuir a quantidade de erros gerados pela redigitação e o volume de papel ao mesmo tempo em que aumenta a eficiência e a rapidez na comunicação entre os parceiros comerciais. É a única ferramenta de *ecommerce* (comércio eletrônico) que está adequada a um contexto automatizado e globalizado.

MRP é a sigla de *Material Requirement Planning*, que pode ser traduzido por planejamento das necessidades de materiais. O MRP usa uma filosofia de planejamento. A ênfase está na elaboração de um plano de suprimentos de materiais, seja interna ou externamente. O MRP

considera a fábrica de forma estática, praticamente imutável. O transporte encontra-se em toda a cadeia, seja na entrada de insumos, como no deslocamento dos mesmos dentro da empresa. Nessa etapa das operações, adiciona-se o estudo da movimentação de materiais. A cadeia logística também engloba a distribuição, ou seja, analisar a melhor alternativa de custo total para se colocar um produto disponível para aquisição do cliente final, levando em conta questões e alternativas de roteirização que, segundo Novaes (2007)¹⁵, consiste em construir o melhor roteiro para a entrega de um produto e seu modal, considerando fatores de restrições de carga e veículos, distância e localização dos centros produtivos. As informações permeiam toda e qualquer atividade da cadeia de suprimentos, sendo sua velocidade de troca extremamente importante para o funcionamento de uma cadeia enxuta. Exigem-se, para isso, sistemas integrados de informação com participação de fornecedores e clientes, com softwares do tipo ERP (*Enterprise Resource Planning* ou Sistemas Integrados de Gestão Empresarial (SIGE ou SIG), consiste em uma plataforma de software desenvolvida para integrar os diversos departamentos de uma empresa, possibilitando a automação e armazenamento de todas as informações de negócios), com módulos específicos para as operações da área de Logística.

Gestão de Estoques

Sabe-se que equalizar a demanda e a oferta de produtos em um mercado é um grande desafio para todas as empresas. Flutuações cambiais, influências no comportamento e métodos de compra, datas comemorativas, crises de abrangência global e outros acontecimentos, afetam diretamente a procura pelos produtos, assim como sua produção e fornecimento. Como já mencionado, a oferta de produtos em um mercado internacional é globalizada, ou seja, os fornecedores se tornaram numerosos, oriundos de vários países, nos diversos continentes e o não atendimento a um pedido pode ocasionar perda direta de clientes⁷.

Faz-se necessária, portanto, a manutenção de estoques que são, conforme Slack (2002)³, “a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação”. Os estoques são uma das facetas da cadeia de suprimentos e também se mostram estratégicos para

ganhos de economia de escala em compras e transporte, além de proteger a empresa contra oscilações de preço e tempo de ressuprimento. Sabendo-se da necessidade de se manter estoques, surge uma ramificação da Cadeia Logística chamada de Gestão de Estoques, que tem como objetivo, assegurar qualidade no atendimento das necessidades dos clientes internos e externos da organização por meio da administração dos materiais, processos, recursos e informações de toda a cadeia de suprimentos. É importante ressaltar que a gestão de estoques deve ser equilibrada com a demanda e com os sinais do mercado. Interferências do ambiente de negócios devem ser consideradas na definição dos níveis de estoques.

Armazenamento e Movimentação

Os estoques são essenciais e sua administração adequada é imprescindível para o bom funcionamento da empresa. Para manter estoques, é preciso que as mercadorias estejam sob abrigo e guarda da empresa. Faz-se necessário o uso de depósitos para a recepção da mercadoria, sejam eles próprios ou terceirizados. A armazenagem consiste no espaço físico para as mercadorias estocadas. Os armazéns podem auxiliar na coordenação entre demanda e oferta e proporcionar diversos benefícios à cadeia logística como:

- Localização estratégica = rápido atendimento da demanda.
- Consolidação de mercadorias de mesmo destino = redução no custo de transportes.
- Necessidades de produção = queijos e vinhos que devem ficar armazenados por um período determinado antes de sua comercialização.

A movimentação é um conjunto de operações que envolve a mudança de posição dos recursos do estoque para a produção de bens ou diretamente para sua comercialização. Abrange também a alocação de materiais no armazém quando do recebimento de entregas de fornecedores. Representa uma importante etapa da cadeia logística. Geralmente, os produtos não são produzidos ou demandados no mesmo local em que estão estocados. Faz-se necessário o deslocamento dos bens para o local de processo, embarque ou compra.

Neste aspecto, a movimentação se une ao conceito da logística de distribuição. Por vezes, a movimentação representa a parte principal do atendimento a um pedido urgente ou necessidade inerente da produção. Sua correta administração é necessária para evitar os custos diretos de faltas. Contudo, segundo Ballou (1993)², os custos de armazenagem e movimentação de mercadorias podem absorver até 40% das despesas logísticas de uma empresa. Por este dado, verifica-se a necessidade da correta administração destes aspectos para o objetivo final de redução de custos mediante melhoria nos aspectos logísticos da empresa.

Custos de Estoques

Da mesma forma que há ganhos de custo com a adoção de estoques, também existem custos para a manutenção desses e que, caso não sejam bem controlados, podem influenciar até na sobrevivência da empresa. Para Ballou (1993)², há três categorias de custos de administração de estoques, que serão explanadas a seguir:

- Custo de manutenção de estoques: “são os custos necessários para manter certa quantidade de mercadoria por um período de tempo”. Pode-se identificar que qualquer erro na previsão de quantidade ou de tempo necessário para se manter um produto ou matéria-prima em estoque, imobiliza um capital que poderia estar empregado em outras atividades de lucro para a empresa. Impostos, depreciação, seguro e valores de armazenagem por período crescem à medida que a quantidade de produtos estocada aumenta. Controlar a quantidade em estoque e seu tempo de armazenagem é essencial para manter os custos a níveis aceitáveis.
- Custos de compra: Os custos de compra são todas as ações administrativas necessárias para se realizar uma compra, considerando-se o processamento e envio de pedidos, tempo necessário para acompanhamento do processo, recebimento e checagem da mercadoria na entrega e direcionamento para armazenagem. Todo o processo envolve esforço e tempo de funcionários, recursos tecnológicos e materiais, que possuem cada qual seu custo dentro da organização.
- Custos de falta: Os custos de falta podem ser definidos claramente pela fuga de um cliente devido a não entrega de um produto. A empresa

gastará tanto na tentativa de recuperação do cliente como na prospecção de novos consumidores. O atraso de entrega, causado por mercadorias em falta também deve ser considerado. O cliente poderá aceitar aguardar pela entrega, contudo terá o direito de reverter o pagamento de seus custos logísticos, como frete e seguro, para a empresa. Verifica-se, portanto que, uma adequada Gestão dos Estoques e seus custos é essencial, impactando diretamente na empresa, que, caso mal administrados, poderá trazer resultados que comprometam sua operação e até mesmo causem sua falência.

Aplicação de Sistemas de Qualidade na Gestão de Estoques

Segundo Bertaglia (2003)⁶, muitos são os sistemas de qualidade que podem ser aplicados na empresa para a redução de custos e alcance da competitividade, exigida para manter-se no mercado atualmente. Cada empresa adapta-se de forma diferente na utilização dos sistemas de qualidade, de acordo com seu objetivo final e tipo de processo / produto. De acordo com Bertaglia (2003)⁶, vários destes sistemas como Kanban, Just-in-Time e 5S, surgiram no Japão e o Ocidente os adaptou e aplicou e continua usando, a fim de chegar à melhor alternativa de custo total, dentro da cadeia de suprimentos. Desde os mais simples sistemas, de fácil implantação, até os mais complicados, essas ferramentas de gestão se apresentam como um recurso eficiente para a gestão dos estoques. Entre elas, destacam-se:

Programa 5S: Falconi (2004)⁸ afirma que o programa 5S é um sistema de organização do ambiente do trabalho, que envolve todas as pessoas da organização e é visto como uma nova maneira de conduzir a empresa com ganhos efetivos de produtividade. É um estilo participativo de gerenciamento.

Poka-yoke: Para Bertaglia (2003)⁶, o poka-yoke é um conceito “que visa prevenir os erros humanos nos postos de trabalho por meio da identificação de possíveis falhas por meio da inspeção na origem”, Considera-se que esta ferramenta previne o erro ocasionado pela atividade repetitiva e otimiza o tempo de retrabalho.

Kanban: Segundo Slack et al (2002)³ o Kanban é

um sistema para controle e redução dos estoques intermediários na operação de produção, feito através de cartões, operacionalizando o sistema de produção puxada.

Kaizen: Para Peinado (1999)¹⁶, o Kaizen é um sistema de melhoria contínua que pode contribuir na redução dos estoques e, conseqüentemente no seu custo.

Just-in-Time: Diversos autores atrelam o sistema JIT à economia de custos dentro da cadeia logística. De acordo com Gonçalves (2007)¹⁷: “(...) a metodologia *just-in-time* busca, como objetivo primordial, a produção de bens e serviços no exato momento em que são necessários, minimizando os custos, retrabalho e otimizando processos (...) procura eliminar perda diminuindo o estoque desnecessário.”

TQM: Também definido como o sistema para o Gerenciamento da Qualidade Total no qual todos os processos de trabalho da organização são desenvolvidos de acordo com os princípios de um Sistema da Qualidade. Segundo Falconi (2004)⁸, o TQM é baseado na participação de todos os setores da empresa e de todos os empregados no estudo e condução do controle de qualidade.

TPM: Segundo Bertaglia (2003)⁶, a TPM (*Total Productive Maintenance*) consiste em programa para manutenção com máquinas, equipamentos e acessórios de produção e de outras áreas da empresa na busca de um aumento de produtividade para a empresa. Seu objetivo principal é maximizar a eficiência na produção.

SISTEMA ISO 9000: Bertaglia (2003)⁶ afirma que a ISO (*Internacional Organization for Standardization*) 9000 “é garantia de qualidade total”. Sendo aceita mundialmente como a certificação maior da empresa, a ISO é tida hoje, concordando com Bertaglia⁶, como a confirmação de qualidade de que os produtos e serviços prestados pela empresa certificada estão de acordo com suas normas e podem ser aceitos em empresas globais, não importando a localização geográfica ou idioma. Sua variação, a ISO 14000 - ligada ao meio-ambiente - tomou força nas últimas décadas devido à grande preocupação das empresas e seus consumidores quanto à sustentabilidade do processo produtivo. Todas as ferramentas, se bem aplicadas, resultam em ganhos efetivos de produtividade, qualidade e redução de custo, cada qual em seu campo de atuação.

Contudo, para a implementação de qualquer programa de melhoria na empresa, é necessário que haja uma mudança de cultura. Os executores da mudança precisam integrar os novos aspectos às práticas do dia a dia e é preciso que haja uma preocupação com os aspectos de limpeza, organização e disciplina. Portanto, para início de qualquer modificação nas práticas de gestão, especificamente na gestão de estoques, é necessário implementar os programas que possuem modificações mais simplificadas inicialmente, ou seja, que façam uma mudança de cultura em toda a empresa, porém de forma sutil e que possa ser bem percebida pelos funcionários. Tendo o programa obtido êxito, pode-se partir para a implantação de outros sistemas e programas de qualidade, que exijam mudanças mais profundas de todo o sistema da empresa, como o programa ISO 9000.

Segundo Bertaglia (2003)⁶, o Programa 5S, um exemplo de sistema mais simples, representa não somente uma mudança de local físico de trabalho, mas também uma modificação no ambiente de trabalho que proporciona aos funcionários bem estar, melhor organização das ideias e conseqüentemente maior produtividade e redução de custos. Portanto, iniciar a implantação das ferramentas de qualidade pelo programa 5S é uma opção iniciar a adoção de Sistemas da Qualidade na empresa.

5S na Armazenagem e Movimentação

Explana-se abaixo a aplicação dos cinco sentidos em sua abrangência dentro de um ambiente de armazenagem e movimentação, a fim de economizar custos como resultado de uma gestão eficiente de estoques. Na aplicação do sentido de utilização, Seiri, pode-se exemplificar pela segregação de empilhadeiras de uso esporádico, descarte de pallets danificados e sem possibilidade de recuperação destinando-os a um sistema de reciclagem, separação de estantes não utilizadas para alocação de materiais, deixando-as disponíveis a outros departamentos onde haja necessidade identificada.

Itens armazenados ou SKU's (*Stock Keeping Unit*) (SKU), em português Unidade de Manutenção de Stock está ligado à logística de armazém e designa os diferentes

itens do estoque, estando normalmente associado a um código identificador (Dias, 2005)¹⁸ descontinuados, porém ainda em estoque, devem ser relacionados e informados ao departamento comercial para realização de ações promocionais, a fim de liberar o estoque e o espaço para alocação de produtos de venda atual. O sentido de organização, Seiton, pode ser aplicado na organização de corredores, alas e estantes. É possível também colocar materiais de reforço como cintas, lacres, plásticos e máquinas de *stretch* em áreas próximas à finalização de embalagens e da saída do material, assim como facilitar o acesso às caixas de papelão e fitas de fechamento.

Um quadro para organização das ferramentas de operação das empilhadeiras pode ser confeccionado e alocado próximo ao local no qual os equipamentos estarão segregados. Uma área reservada para as atividades de faturamento e emissão de documentos pode ser providenciada. O terceiro sentido (Seiso) relacionado à limpeza, em um ambiente de armazenagem é essencial. Muitas empresas levam seus clientes para conhecer os estoques, portanto a eliminação de focos de poeira assim como a redução de sua origem com telas de proteção em janelas, limpeza constante do chão e ambiente climatizado, devem ser providenciados.

A organização do sistema também deve ser realizada a fim de ordenar os produtos em ordem lógica e atual, resultando na economia de tempo na procura por itens. Para a aplicação do quarto sentido, Seiketsu, voltado à saúde, deve-se manter as condições de limpeza e higiene adotadas no Seiso. A comunicação visual clara também de corredores, alas, estantes, códigos de produtos e ordenação FIFO, (*First In - First Out* ou Primeiro que entra – primeiro que sai) devem ser visualmente atraentes e de fácil entendimento para evitar a poluição visual e possíveis acidentes. Informações simples também evitam a canalização do processo de *picking* em um único funcionário, proporcionando redução no tempo de processamento de pedido. O quinto sentido, de autodisciplina, Shitsuke, procura a manutenção da nova ordem estabelecida. Refere-se ao hábito de manter as regras e o que foi alcançado pelos sentidos anteriores. Cabe uma menção de fatores motivacionais, a fim de estimular os colaboradores a manter a ordem e tornar comuns as economias de custos alcançadas.

Os colaboradores devem participar de todo o processo e sentirem-se envolvidos com esse. Somente dessa forma, poderá ser atingido o quinto senso. Constante estímulo dos resultados, realização de eventos de comemoração do 5S e promoção de cursos relacionados ao tema, são algumas atitudes que podem ajudar na motivação dos participantes, dando sempre destaque aos resultados alcançados por eles mesmos.

ESTUDOS DE CASOS

A empresa estudada já tem quase 30 anos de existência e é especializada na produção de *snacks*. No início da década de 90, mudou suas instalações para uma nova sede, onde se mantém até hoje, agregando equipamentos modernos ao seu parque fabril. O avanço da tecnologia e a visão do seus fundadores incentivaram a empresa, no início dos anos 2000, a diversificar sua produção, passando a fabricar produtos de outras gramaturas e sabores. Assim, a partir do ano de 2016, iniciou-se a produção por terceirização, pois algumas empresas da região tinham o interesse em produzir *snacks* a partir de matérias-primas diversas, porém não tinham parque fabril estruturado, assim a empresa estudada começou a oferecer a terceirização de produção. Os últimos três anos foram marcados pela manutenção da produção com redução da mão de obra disponível.

A necessidade da aplicação do 5S surgiu após uma consultoria para implementação do *Lean Manufacturing*⁷ com o intuito de aumentar a produtividade da empresa. Nessa avaliação, foi verificado que, entre vários aspectos, os estoques de materiais produtivos e administrativos, embora armazenados, estavam desorganizados, o que dificultava sua rápida localização e posterior guarda, quando necessário. Com isso, a alta administração decidiu buscar uma solução que envolvesse, além dos estoques e pudesse dar uma nova sinergia à empresa. A ferramenta que melhor se encaixou no objetivo, segundo a administração da empresa, foi o 5S.

No ano de 2014, quando teve início a discussão sobre o Programa 5S, foram buscados no mercado casos de sucesso na implantação do programa, e quais os profissionais ou empresas capacitadas para tal. Após essa verificação, foram selecionadas pessoas de diversas áreas da companhia para que fossem treinadas e capacitadas

para a implantação e na multiplicação dos conhecimentos adquiridos. No decorrer do mesmo ano, foi elaborado o Projeto de Implantação do Programa 5S, contemplando todas as necessidades da ferramenta, adequada à realidade da companhia. Após quase um ano de planejamento e treinamento dos quase 50 funcionários e terceiros, no mês de abril de 2015 foi realizado o Dia da Limpeza, em que todos os funcionários dedicaram 3 horas do seu dia para aplicar os 3 primeiros 5S do programa na empresa. No dia seguinte, pode-se verificar a mudança visual da fábrica em relação à limpeza e organização dos espaços. Especialmente, na área de estoques, a mudança foi significativa e visivelmente perceptível. Os itens de estoques, SKUs ficaram mais organizados, identificados, os corredores livres, e “cada coisa no seu lugar”, utilizando sinalização por nomes. Os itens inservíveis e de baixo giro se tornaram facilmente identificados, demandando ações para reutilização ou descarte. Os inventários e controles operacionais diários foram facilitados, reduzindo o tempo de execução especialmente no processo de *picking*. A cada mês subsequente, foi realizada uma auditoria de verificação dos três primeiros 5S, e continuou-se também a aplicação dos outros 2S.

No início de 2016, a empresa possuía o 5S implantado, com 95% de efetividade, sendo comprovado por auditoria externa, efetuada por funcionários de outras empresas, que também implantaram o programa. O Programa 5S além de proporcionar a racionalização dos recursos, reorganização do ambiente de trabalho e estimular a participação colaborativa dos funcionários, permitiu à empresa preparar-se adequadamente para implantação do Sistema da Qualidade baseado nas normas ISO 9000 e 14000, pois a busca por estas certificações faz parte do planejamento estratégico desenvolvidos por esta empresa. A primeira auditoria deve ser realizada ainda em 2016.

Conclusão

Pode-se concluir que o pressuposto inicial do artigo mostrou-se verdadeiro a partir do estudo de caso apresentado, ou seja, é possível contribuir diretamente para a racionalização de recursos na gestão dos estoques das organizações com a aplicação do programa 5S, com a reorganização de espaços de estocagem, movimentação de materiais, redução dos itens de estoques SKUs

descontinuados, redução nos tempos de *picking*, embalagem e faturamento. Para que o programa alcance sucesso é necessário comprometimento de todas as escalas de hierarquia. A implantação de um programa 5S exige o comprometimento da alta direção e depende da participação de todos os funcionários.

O programa aplicado corretamente, também poderá trazer benefícios para as demais áreas da empresa, pois todas certamente terão materiais e espaços para serem reorganizados e os resultados alcançados beneficiarão a todos de forma integrada. A implantação de um programa 5S visa mudar a maneira de pensar das pessoas em direção a um melhor comportamento, tornando-se uma nova maneira de conduzir a empresa para otimização de recursos e conseqüentemente, ganhos financeiros efetivos.

Dentre os benefícios apresentados para a aplicação do 5S, destacam-se o aumento do comprometimento dos funcionários, maior organização nos setores, melhoria no ambiente de trabalho criando um clima de confiança, autodisciplina e responsabilidade além do aumento na motivação dos funcionários, melhoria substancial na prestação de serviços e no tratamento aos clientes, maior organização no processo produtivo e nos itens utilizados, redução no tempo de busca pelas ferramentas e equipamentos, implantação de programas de saúde e de treinamento aos funcionários e conseqüente aumento da competitividade dessa empresa.

Desta forma, este artigo evidenciou a relevância da aplicação conjunta dos conceitos de 5S e gestão de estoques, apresentando suas afinidades conceituais como agente facilitador para essa implantação. Por meio dos casos de sucesso apresentados, evidenciou-se também o efetivo potencial de contribuição dessa união para a melhoria da competitividade das indústrias fazendo desta uma alternativa para as empresas combaterem seus problemas organizacionais, buscando a sustentabilidade através do incremento no retorno financeiro, promoção de benefícios sociais e preservação do meio ambiente, fatores esses de importância relevante à busca contínua da excelência empresarial no mundo atual.

Referências

1. Bizelli, João S.: Barbosa, Ricardo Noções Básicas de Importação. 9. Ed. São Paulo: Aduaneiras, **2002**. 266p
2. Ballou, Ronaldo H., Logística Empresarial, 1.ed. São Paulo: Atlas, **1993**. 387 p.
3. Slack, Nigel et all. Administração da Produção. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747 p. Entrevista com consultor – Treinamento 5S. São Paulo (**2003**);
4. Granda, M. A. et al. Programa 5S na fábrica: um programa para implantação do Sistema de Gestão Integrada, 2006, p.55. Monografia (Gestão e Tecnologia da Qualidade), CEFET-MG, Belo Horizonte, **2006**.
5. Vanti, N. Ambiente de Qualidade em uma Biblioteca Universitária: aplicação do 5S e de um estilo participativo de administração. Ci. Inf., vol. 28, n. 3, p. 333-339, **1999**.
6. Bertaglia, Paulo R., Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento, 1.ed. São Paulo: Saraiva, **2003**, 509 p.
7. Dennis, P. Produção Lean Simplificada - Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. Porto Alegre: Bookman, **2008**.
8. Falconi, Vicente, TQC – Controle Total da Qualidade, 2.ed. Minas Gerais: INDG, **2004**. 256 p.
9. Oliveira, J. R. C. Aspectos humanos dos 5 sentidos: uma experiência prática. 2ªed. Rio de Janeiro: Qualitymark, **1997**.
10. Alencar, J. Como o programa dos oito sentidos (8S) pode ajudar na educação e qualificação profissional, reduzindo custos, aumentando a produtividade e combatendo o desemprego. In: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Niterói, **1998**.
11. Silva, Christian E. Implantação de um programa 5S, **2003**, 8 p. Artigo Científico – UNIFEI - Campus Minas Gerais.
12. Godoy, L. P.; Belinazo, D. P.; Pedrozzi, F. K. Gestão da Qualidade Total e as contribuições do Programa 5S's. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, **2001**.
13. Canto, L. C. C.; Santos, L. C.; Gohr, C. F. Implantação do sistema 5S no setor de armazenagem de uma empresa de pequeno porte do sul de Santa Catarina. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, **2006**.
14. Bowersox, Donald J., Closs, David J., CoopeR, M. Bixby, Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística, 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, **2007**. 442 p.
15. Novaes, Antonio G., Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição, 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, **2007**. 400 p.
16. Peinado, Jurandir. O papel do sistema de abastecimento KANBAN na redução de inventários., **1999**, 6p. Artigo Científico – UFSC Campus Curitiba
17. Gonçalves, C. et al. Avaliando o grau de implementação dos principais elementos do TPM: um estudo de caso. In: VIII SIMPEP, **2001**.
18. Dias, João Carlos Quaresma. Logística global e macrologística. Lisboa: Silabo, **2005**

Paula V. P. Naves

Instituto SENAI de Tecnologia em Alimentos e Bebidas,- Rua
Professor Lázaro Costa nº 348, Vila Canaã, CEP: 74415-420, Goiânia,
Goiás, Brasil

E-mail: pvpnaves@gmail.com

Instruções para Envio de Artigos para a Revista Processos Químicos

Prezado(a) autor(a),

Para que seu artigo possa entrar em nosso processo de avaliação, visando à possível publicação na revista Processos Químicos, o texto deverá satisfazer às seguintes condições:

- ▶ Utilizar somente o editor Microsoft Word, numerando todas as páginas;
- ▶ Conter, no máximo, 40 laudas, incluindo Figuras, Tabelas, Esquemas etc.;
- ▶ Conter Resumo e *Abstract*, ambos com até 100 palavras;
- ▶ Conter Palavras-chave e *Keywords*, ambos com até 3 palavras;
- ▶ Título com, no máximo, 20 palavras;
- ▶ Titulação do autor (créditos). Dados pessoais do autor: endereço, telefone, e-mail;
- ▶ As figuras, tabelas, esquemas etc. devem ser colocados após as referências e devidamente identificados. Se escaneados, devem ser em alta resolução (800 dpi/ bitmap para traços) com extensão TIF ou JPEG. As fotos ou desenhos com cor (300 dpi/grayscale) devem ser enviados com extensão tif/jpg, para não termos problemas ao aplicá-las no padrão da Revista. Outras extensões possíveis: CDR, EPS ou CDX. No caso particular de esquemas contendo estruturas químicas, estas deverão ter sempre a mesma dimensão, para que possam ser reduzidas uniformemente. Considerar que as figuras deverão ter largura máxima de uma coluna (8,5 cm) ou, excepcionalmente, de 2 colunas (17,5 cm).

► As figuras (gráficos, esquemas, etc.) deverão ter qualidade gráfica adequada (usar somente fundo branco).

► A primeira página deverá conter o título do trabalho, nome e endereço dos autores (para a revista, a menor unidade é o departamento). Havendo autores com diferentes endereços, estes deverão se seguir imediatamente ao nome de cada autor. Os autores devem ser agrupados por endereço. Indicar com asterisco(*) o autor para correspondência, colocando seu e-mail no rodapé desta página (um só e-mail). A segunda página deverá conter o título, o resumo e o *abstract* do trabalho;

► As referências bibliográficas deverão ser numeradas e todas citadas ao final do artigo. Será utilizada a abreviatura da revista como definida no *Chemical Abstracts Service Source Index* (ver <http://www.cas.org/sent.html>). Caso a abreviatura autorizada de uma determinada revista não possa ser localizada e não for óbvio como o título deve ser abreviado, deve-se citar o título completo. Exemplos de citações:

1. Varma, R. S.; Singh, A. P.; J. Indian Chem. Soc. **1990**, 67, 518.
2. Provstyanoi, M. V.; Logachev, E. V.; Kochergin, P. M.; Beilis, Y. I.; Izv. Vyssh. Uchebn. Zadev.; Khim. Khim. Tekhnol. **1976**, 19, 708.
3. Lemos, T. L. G.; Andrade, C. H. S.; Guimarães, A. M.; Wolter-Filho, W.; Braz-Filho, R.; J. Braz. Chem. Soc. **1996**, 7, 123;
4. Ângelo, A. C. D.; de Souza, A.; Morgon, N. H.; Sambrano, J. R.; Quim. Nova **2001**, 24, 473.
5. Regitz, M. Em Multiple Bonds and Low Coordination in Phosphorus Chemistry; Regitz, M.; Scherer, O. J., eds.; Georg Thieme Verlag: Stuttgart, **1990**, cap. 2.
6. Cotton, F.A.; Wilkinson, G.; Advanced Inorganic Chemistry, 5th ed., Wiley: New York, **1988**.

► Espaço duplo entre linhas;

► Fonte: *Times New Roman* 12;

► A linguagem empregada deve ser atual. Isso implica a não utilização de termos, tais como: destarte, outrossim, descrever-se-á.

► O texto deve apresentar discurso impessoal, ou seja, expressões, tais como: constatamos, verificamos, utilizamos devem ser substituídas por constatou-se, foi verificado, utilizou-se.

► Enviar uma cópia do artigo, acompanhada de carta de encaminhamento à Editoria da Revista Processos Químicos, por meio do site www.rpqsenai.org.br. Maiores informações podem ser obtidas mediante endereço eletrônico: revistapq.senai@sistefieg.org.br.

SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS QUE SE ENCAIXAM NA INDÚSTRIA

