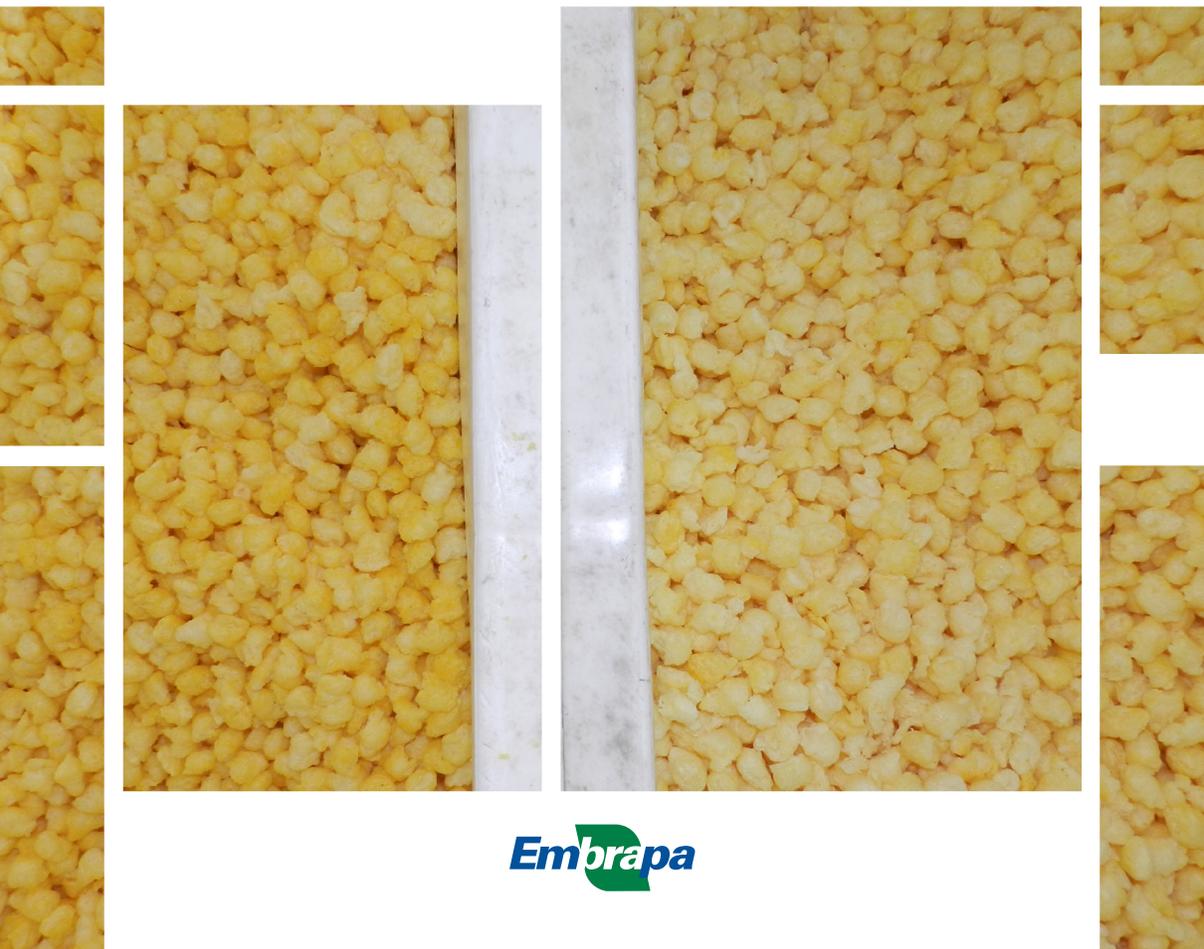


Elaboração de óleo de soja enriquecido
com carotenoides provitamínicos A
para aplicação em *snacks*



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria de Alimentos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
41**

**Elaboração de óleo de soja enriquecido
com carotenoides provitamínicos A
para aplicação em *snacks***

*Sidney Pacheco
Renata Galhardo Borguini
Carlos Wanderlei Piler de Carvalho
Daniela de Grandi Castro Freitas de Sa
Regina Isabel Nogueira
Manuela Cristina Pessanha de Araujo Santiago
Monalisa Santana Coelho De Jesus
Ronoel Luiz de Oliveira Godoy*

Embrapa Agroindústria de Alimentos
Avenida das Americas, 29501, Guaratiba
CEP: 23020-470, Rio de Janeiro, RJ
Fone: +55 (21) 3622-9600
Fax: +55 (21) 3622-9713
www.embrapa.br/agroindustria-de-alimentos
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações e Editoração
da Embrapa Agroindústria de Alimentos

Presidente
Karina Maria Olbrich dos Santos

Secretária-executiva
Virginia Martins da Matta

Membros
André Luis do Nascimento Gomes, Celma Rivanda Machado de Araujo, Daniela De Grandi Castro Freitas de Sá, Elizabete Alves de Almeida Soares, Janice Ribeiro Lima, Leda Maria Fortes Gottschalk, Marcos de Oliveira Moulin, Melicia Cintia Galdeano e Otniel Freitas Silva

Supervisão editorial
Otniel Freitas Silva

Revisão de texto
Marianna Ramos dos Anjos

Normalização bibliográfica
Celma Rivanda Machado de Araujo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
André Luis do Nascimento Gomes

Foto da capa
Sidney Pacheco

1ª edição
Publicação digital (2022): PDF

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroindústria de Alimentos

Elaboração de óleo de soja enriquecido com carotenoides provitamínicos A para aplicação em snacks / Sidney Pacheco ... [et al.]. – Rio de Janeiro : Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2022.

PDF 15 p. : il. color. ; 27 x 21 cm. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agroindústria de Alimentos, ISSN 0101-630X ; 41).

1. Alfa-caroteno. 2. Beta-caroteno. 3. Vitamina A. 4. Antioxidante. 5. Fortificação de Alimento. Tecnologia de Alimento. 6. Processamento. I. Pacheco, Sidney. II. Borguini, Renata Galhardo. III. Carvalho, Carlos Wanderlei Piler de. IV. Sa, Daniela de Grandi Castro Freitas de. V. Nogueira, Regina Isabel. VI. Santiago, Manuela Cristina Pessanha de Araujo. VII. Jesus, Monalisa Santana Coelho de. VIII. Godoy, Ronoel Luiz de Oliveira. IX. Série.

CDD (23. ed.) 664.52

© Embrapa, 2022

Celma Rivanda Machado de Araujo (CRB-07/5517)

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	11
Conclusões.....	14
Referências	15

Elaboração de óleo de soja enriquecido com carotenoides provitamínicos A para aplicação em *snacks*

Sidney Pacheco¹
Renata Galhardo Borguini²
Carlos Wanderlei Piler de Carvalho³
Daniela de Grandi Castro Freitas de Sa⁴
Regina Isabel Nogueira⁵
Manuela Cristina Pessanha de Araujo Santiago⁶
Monalisa Santana Coelho De Jesus⁷
Ronoel Luiz de Oliveira Godoy⁸

Resumo – Os carotenoides são pigmentos naturais responsáveis pela cor amarela, laranja ou vermelha de muitos alimentos. Alguns são precursores de vitamina A e podem ser utilizados no combate à deficiência desta vitamina. A presença de lipídeos na dieta é fundamental para a absorção dos carotenoides. Neste trabalho foi descrito o processamento para a elaboração de óleo de soja enriquecido com carotenoides provitamínicos A para aplicação em *snacks* de milho obtidos por extrusão, visando contribuir para o atendimento à Ingestão Diária Recomendada para vitamina A. O óleo de soja comercial e o enriquecido com carotenoides provitamínicos A foram aplicados aos *snacks*. O teor de carotenoides totais nos *snacks* elaborados com óleo enriquecido e com óleo comercial foi de 2.294 µg/100 g e 72 µg/100 g, respectivamente. Portanto, houve um incremento de 3.186% no teor de carotenoides. Os resultados da análise sensorial revelaram que a adição do óleo enriquecido ocasionou um aumento significativo das notas de aceitação (de 5,78% para 6,29%) do *snack*. Assim, obteve-se um ingrediente com diferencial nutricional e sensorial. A aplicação do óleo em *snacks* de milho demonstrou a viabilidade de utilização do produto e o seu potencial em oferecer um alimento que contribua para o atendimento da Ingestão Diária Recomendada para vitamina A.

Termos para indexação: α-caroteno, β-caroteno, retinol equivalente, “food-to-food fortification”.

¹ Químico, doutor em Ciências dos Alimentos, analista da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

² Engenheira-agrônoma, doutora em Saúde Pública, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências dos Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

⁴ Engenheira de alimentos, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

⁵ Engenheira de alimentos, doutora em Engenharia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

⁶ Engenheira química, doutora em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, analista da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

⁷ Química, doutora em Ciências dos Alimentos, analista da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

⁸ Farmacêutico, doutor em Química Orgânica, pesquisador aposentado da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

Elaboration of soybean oil enriched with provitamin A carotenoids for application in snacks

Abstract – Carotenoids are natural pigments responsible for the yellow, orange or red color of many foods. Some are precursors of vitamin A and can be used to combat vitamin A deficiency. The presence of lipids in the diet is essential for the absorption of carotenoids. In this work, the processing for the elaboration of soybean oil enriched with provitamin A carotenoids for application in corn snacks obtained by extrusion was described, aiming to contribute to meeting the Recommended Daily Intake for vitamin A. Commercial and enriched soybean oil with pro-vitamin A carotenoids were applied to snacks. The total carotenoid content in snacks made with oil enriched with pro-vitamin A and with commercial oil was 2,294 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ and 72 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, respectively. Therefore, there was an increase of 3,186% in the carotenoid content. The results of the sensory analysis revealed that the addition of the enriched oil caused a significant increase in the acceptance value (from 5.78% to 6.29%) of the snack. Thus, an ingredient with nutritional and sensorial differential was obtained. The application of the oil in corn snacks demonstrated the feasibility of using the product and its potential to offer a food that contributes to meeting the Recommended Daily Intake for vitamin A.

Index terms: α -carotene, β -carotene, retinol equivalent, food-to-food fortification.

Introdução

A Organização Mundial da Saúde (OMS) aponta a deficiência de vitamina A (DVA) como uma das três carências de micronutrientes com impactos mais significativos em saúde pública no mundo, juntamente com as deficiências de iodo e de ferro. A DVA é uma das causas mais importantes de cegueira infantil evitável e contribui para a morbidade e mortalidade por infecções, especialmente em crianças e mulheres grávidas, afetando os segmentos mais pobres das populações (World Health Organization, 2009).

A vitamina A é um micronutriente essencial à manutenção de muitas funções fisiológicas do organismo. A deficiência dessa vitamina é considerada como uma das mais importantes deficiências nutricionais nos países em desenvolvimento. No Brasil, nas últimas décadas, a DVA tem sido documentada na região Nordeste e em alguns locais da região Sudeste. Essas áreas possuem características de seca e de alto índice de pobreza da população (Brasil, 2009).

Os carotenoides são pigmentos naturais responsáveis pela cor amarela, laranja ou vermelha de muitos alimentos, o que é considerado uma propriedade de importância tecnológica uma vez que a cor é o atributo que mais influencia a aceitação dos alimentos. Porém, são seus efeitos benéficos à saúde que despertam o interesse da comunidade científica no mundo inteiro. Alguns são precursores de vitamina A e por isso os alimentos onde estão presentes são considerados fontes de provitamina A. Esses alimentos podem ser utilizados no combate à deficiência desta vitamina. Outras atividades biológicas têm sido atribuídas aos carotenoides, como fortalecimento do sistema imunológico e a diminuição do risco de doenças crônicas não transmissíveis como câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular e catarata (Rodriguez-Amaya et al., 2008).

A presença de lipídeos na dieta é fundamental para a absorção dos carotenoides (Van Het Hof et al., 2000). Desse modo, veicular os carotenoides em óleo garante a ingestão concomitante de lipídeo e carotenoides.

A eficiência de absorção de β -caroteno em óleo foi apontada como seis vezes maior do que a absorção do β -caroteno contido nos alimentos. Considerando que após a absorção do β -caroteno, seja do óleo ou do alimento, o metabolismo da molécula seja semelhante e que a razão de

equivalência de retinol (RE) do β -caroteno no óleo seja de 2:1 (ou seja, 2 μg de β -caroteno em óleo produz 1 μg de RE) e nos alimentos seja de 12:1 (12 μg de β -caroteno em óleo produz 1 μg de RE), a atividade provitamínica A do β -caroteno veiculado em óleo pode ser multiplicada por seis (IOM, 2001).

Neste trabalho foi descrito o processamento para a elaboração de óleo de soja enriquecido com carotenoides provitamínicos A para aplicação em *snacks* de milho obtidos por extrusão termoplástica, visando contribuir para o atendimento à Ingestão Diária Recomendada (IDR) para vitamina A.

Material e Métodos

Obtenção do óleo enriquecido

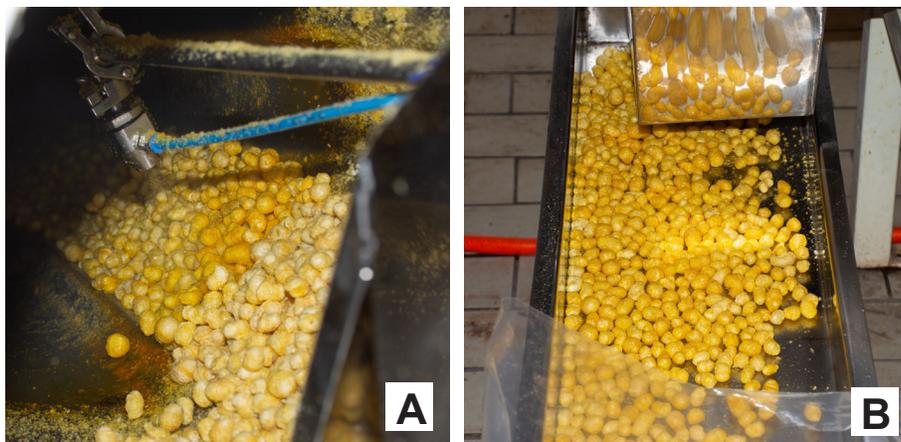
A cenoura (*Daucus carota* L.) foi utilizada como fonte de carotenoides pró-vitamínicos A (α e β -caroteno). Após lavagem, sanitização e fatiamento a cenoura foi submetida à desidratação por secagem convectiva em secador de cabine desenvolvido por Nogueira et al. (2015), à temperatura de 60 °C, durante 22 horas. O óleo de soja refinado foi adquirido no comércio local (controle).

O processo de preparação do óleo comestível enriquecido com carotenoides foi realizado em duas etapas: 1) extração dos carotenoides com óleo vegetal comestível da matriz desidratada (razão massa de cenoura/volume de óleo de 1/5) por agitação em blender (10.000 rpm) durante 5 minutos, à temperatura ambiente; 2) remoção do material sólido disperso no óleo após extração por filtração a vácuo em funil de *Buchner* (150 mm de diâmetro) e papel filtro quantitativo (filtração rápida) (Borguini et al., 2021).

Aplicação do óleo (enriquecido e controle) em extrudados expandidos

Os *snacks* foram elaborados a partir de *grits* de milho processados em uma extrusora monorosca MX40 (Inbramaq, Ribeirão Preto, Brasil), equipada com matriz circular de diâmetro de 3,8 mm e sistema de corte de quatro lâminas, nas seguintes condições: temperatura da matriz de formatação a 120 °C, teor de umidade do *grits* de milho a 14%, vazão de alimentação de 25 kg/h e velocidade dos parafusos a 400 rpm. Os *snacks* foram cortados em formato de esferas de aproximadamente 15 mm e levados por um sistema

pneumático ao secador de tambor rotativo a 110 °C, permanecendo por cerca de 60 minutos e, então, saborizados por meio da pulverização por bico aspersor com a seguinte formulação: 9 L de óleo, 450 g de aroma de cebola, 450 g de sal e 45 g de glutamato monossódico (Figura 1). Posteriormente, os extrudados expandidos foram secos em secador (60 °C) com ar forçado por 18 horas ou até que umidade final fosse inferior a 4% e embalados hermeticamente em embalagens plásticas.



Fotos: Sidney Pacheco

Figura 1. Pulverização por bico aspersor do óleo para saborização dos *snacks* (A) e *snacks* de milho enriquecidos com carotenoides (B).

Os *snacks* produzidos foram prontamente submetidos às análises para caracterização do produto e à avaliação de aceitabilidade por meio da análise sensorial, conforme descrito a seguir.

Caracterização dos extrudados expandidos

Os *snacks* de milho obtidos pela aspersão de óleo de soja (controle) e de óleo de soja enriquecido com carotenoides foram avaliados quanto ao teor e perfil de carotenoides.

Os carotenoides foram extraídos das amostras com acetona fria, seguida de partição para éter de petróleo (Rodríguez-Amaya e Kimura, 2004). O teor de carotenoides totais foi determinado por espectrofotometria a 450 nm.

Posteriormente, os extratos foram concentrados, através de evaporação do solvente sob fluxo de nitrogênio, e dissolvidos em acetona. O perfil de carotenoides por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) foi realizado nas seguintes condições: coluna cromatográfica (YMC Carotenoid 3 μ m 4.6 x 250 mm) a 33°C, fase móvel eluição em modo gradiente metanol/metil terc-butil éter (80:20 v/v) para (10:90 v/v) em 28 minutos com fluxo de 0,8 mL/min e detecção em Detector de Arranjos de Fotodiodos (DAD) em 450 nm (PACHECO et al., 2014).

As estimativas para a conversão de carotenoides provitamínicos A em vitamina A (retinol) são as seguintes: 1 μ g de atividade de retinol equivalente (μ g RE) seria igual a 1 μ g de all-trans-retinol, 12 μ g de β -caroteno, 24 μ g de α -caroteno ou β -criptoxantina e 2 μ g de β -caroteno em óleo (IOM, 2001). Assim, para o cálculo da atividade provitamínica A dos carotenoides, utilizouse a razão de equivalência de 2:1, uma vez que os carotenoides foram extraídos e veiculados em óleo de soja. Assim, o cálculo do retinol equivalente (RE) foi realizado de acordo com a Equação 1.

$$\text{Equação 1: } RE = \frac{\left[\left(\frac{\alpha \text{ caroteno}}{2} \right) + \beta \text{ caroteno} \right]}{2}$$

A composição centesimal dos *snacks* foi determinada pelas análises de umidade, cinzas, lipídios, fibras e proteínas, que foram realizadas de acordo com os métodos padrão da Association Of Official Analytical Chemists (2010). O conteúdo total de carboidratos foi determinado pela diferença dos demais componentes analisados.

A atividade de água dos *snacks* foi determinada por meio do medidor automático da marca Aqualab, modelo CX-2. A atividade de água foi expressa pela razão pressão de vapor da água do alimento sobre pressão de vapor da água pura a mesma temperatura.

A análise sensorial, por meio da avaliação da aceitabilidade dos *snacks* de milho (controle) e enriquecidos com carotenoides, foi realizada junto aos consumidores. A aceitabilidade foi verificada quanto aos atributos avaliação global, aparência e sabor por 120 consumidores não treinados, segundo método descrito por Meilgaard et al. (1991). Os consumidores deveriam gostar da categoria do produto. A amostra foi apresentada de forma monádica, em recipientes de louça branco, codificados com números de três dígitos

nas cabines individuais do Laboratório de Análise Sensorial e Instrumental da Embrapa Agroindústria de Alimentos, RJ. A aceitação do produto pelos consumidores foi avaliada através de escala hedônica de nove pontos, variando de: 1 – desgostei muitíssimo a 9 – gostei muitíssimo.

Resultados e Discussão

A partir do processo de extração de carotenoides em óleo de soja, foi obtido um ingrediente estável, com diferencial nutricional (rico em provitamina A) e sensorial (cor alaranjada intensa) em relação ao óleo de soja (Figura 2), para ser utilizado na formulação de *snacks* extrudados expandidos.



Foto: Sidney Pacheco

Figura 2. Óleo de soja comercial (A) e óleo de soja enriquecido com carotenoides pró-vitamínicos A (B).

A partir dos resultados de carotenoides (Tabela 1) foi possível observar um acréscimo de 2.222 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ no teor de carotenoides totais nos *snacks* elaborados com óleo enriquecido com carotenoides provitamínicos A, representando um incremento de 3.186%.

Tabela 1. Teor de carotenoides totais e perfil de carotenoides dos *snacks* elaborados com óleo de soja enriquecido e comercial (controle).

Snack	Carotenoides ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)*				
	Totais	α -caroteno	β -caroteno	13-cis β -caroteno	9-cis β -caroteno
Enriquecido	2.294	801	1.349	50	7
Controle	72	ND	ND	ND	ND

*Valores médios das análises em duplicata.

ND: não detectado.

Os carotenoides provitamínicos A podem ser observados como majoritários no cromatograma de carotenoides dos *snacks* enriquecidos (Figura 3).

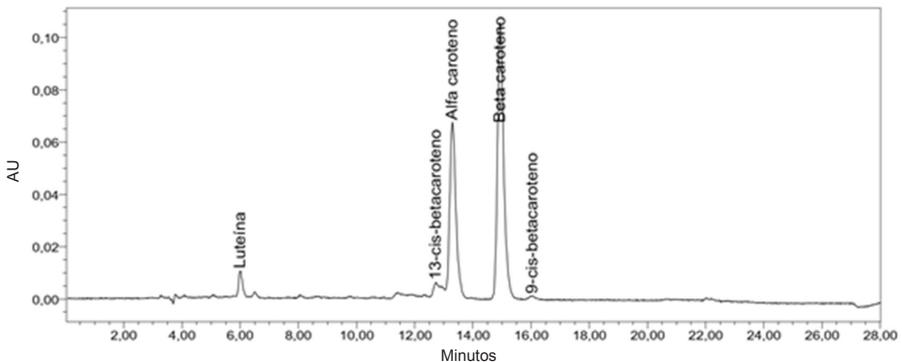


Figura 3. Cromatograma da análise de carotenoides dos *snacks* elaborados com óleo enriquecido com provitamínicos A.

Considerando que os carotenoides foram veiculados no óleo, utilizou-se o fator de conversão 2 para o cálculo de retinol equivalente (Equação 1), resultando em 903,25 μg RE/100 g no *snack* obtido. Assim, para atender 100% da IDR de vitamina A (600 μg RE) seria necessário o consumo de 66,4 g deste *snack* por dia.

O presente estudo está de acordo com o conceito de “food-to-food fortification” (Chadare et al., 2019), que muitas vezes utiliza alimentos que estão disponíveis na área da população-alvo para aumentar a ingestão de nutrientes. Essa abordagem consiste em selecionar e associar alimentos (um alimento básico comum e um alimento fortificante) de modo a otimizar a biodisponibilidade de micronutrientes aos consumidores.

A composição centesimal e a atividade de água dos *snacks* foram determinadas a fim de caracterizar os produtos obtidos pela aplicação do óleo de soja comercial e do óleo enriquecido com carotenoides (Tabela 2).

Tabela 2. Composição centesimal e atividade de água dos *snacks* elaborados com óleo de soja enriquecido e comercial (controle).

Snack	Composição centesimal (g/100 g)*					Atividade de água
	Umidade	Cinzas	Proteína	Lipídios	Carboidratos	
Enriquecido	8,56	0,95	0,95	6,00	6,00	0,34
Controle	7,88	1,11	0,94	6,75	6,75	0,32

*Valores médios das análises em duplicata.

Para identificar a atitude de compra dos consumidores frente ao enriquecimento, um teste de aceitação dos *snacks* com consumidores que consumiam *snacks* ou petiscos “de vez em quando” ou “algumas vezes na semana” (77% e 10%, respectivamente) avaliou a cor, sabor, textura, aceitação global e intenção de compra do *snack* enriquecido em comparação com o controle. A adição do óleo enriquecido ocasionou um aumento significativo das notas de aceitação do *snack*, com exceção do atributo consistência (Tabela 3).

Tabela 3. Médias de aceitação sensorial.

Parâmetro avaliado	Nota de aceitação	
	<i>Snack</i> controle	<i>Snack</i> enriquecido
Cor	6,04 ^b %	7,23 ^a %
Sabor	5,94 ^b %	6,45 ^a %
Consistência	5,47 ^a %	5,89 ^a %
Aceitação Global	5,78 ^b %	6,29 ^a %

(a, b) Valores com letras iguais na mesma linha, indicam que não houve diferença significativa entre as médias ao nível de 5%.

Quando perguntados sobre a intenção de compra do *snack* elaborado com óleo enriquecido, 50% responderam que provavelmente ou certamente comprariam, considerando apenas suas características sensoriais. Após serem informados que o *snack* era enriquecido com carotenoides e que não continham em sua formulação corantes artificiais, mas apenas os pigmentos naturais como o β -caroteno, esta intenção passou para 73% e 78%, respectivamente (Figura 4).

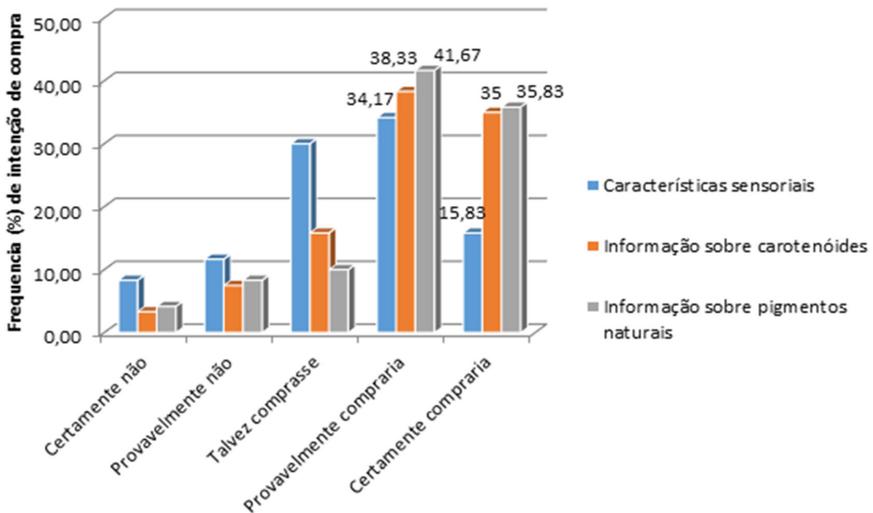


Figura 4. Intenção de compra dos consumidores durante a análise sensorial do *snack* enriquecido antes de receberem informação (azul), depois que receberam informação relativo à presença de carotenoides (laranja) e informação da coloração devido a pigmentos naturais (cinza).

Conclusão

A partir do processamento para a elaboração de óleo de soja enriquecido com carotenoides provitamínicos A obteve-se um ingrediente com diferencial nutricional (rico em provitamina A) e sensorial (cor alaranjada intensa) em relação ao óleo de soja comercial. A aplicação do óleo em *snacks* de milho demonstrou a viabilidade de utilização do produto e o seu potencial em oferecer um alimento que contribua para o atendimento da IDR para vitamina A. A análise sensorial revelou que a aceitação dos *snacks* aumentou significativamente com a adição do óleo enriquecido. A intenção de compra dos consumidores foi maior que 70% após avaliação sensorial dos *snacks* enriquecidos, acrescida de informações sobre a adição de carotenoides e pigmentos naturais em sua formulação.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th ed. 3rd rev. Gaithersburg: AOAC, 2010.

BORGUINI, R. G.; PACHECO, S.; CHÁVEZ, D. W. H.; COUTO, G. A.; WILHELM, A. E.; SANTIAGO, M. C. P. A.; NASCIMENTO, L. S. M.; JESUS, M. S. C.; GODOY, R. L. O. Carotenoid extraction using edible vegetable oil: an enriched provitamin A product. **Scientia Agricola**, v.78, n. 5, e20190332, 2021.

CHADARE, F. J.; IDOHO, R.; NAGO, E.; AFFONFERE, M.; AGOSSADOU, J.; FASSINO, T. K.; KÉNOU, C.; HONFO, S.; AZOKPOTA, P.; LINNEMANN, A. R.; HOUNHOUGAN, D. J. Conventional and food-to-food fortification: An appraisal of past practices and lessons learned. **Food Science & Nutrition**, v. 7, n. 9, p. 2781-2795, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1133>.

Institute of Medicine (IOM). Vitamin A. In: Institute Medicine. **Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc**. Washington, DC: National Academies Press, 2001. 800 p. Cap. 4. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK222318/> Acesso em: 12 set. 2022.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton: CRC Press, 1991. v. 2, 354 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim Carências Nutricionais: Deficiência de Vitamina A - DVA**. 2. ed., 2009. 8 p. Disponível em: http://189.28.128.100/nutricao/docs/geral/boletim_carencias_nutricionais_vita_a.pdf. Acesso em: 12 set. 2022

NOGUEIRA, R. I.; CORNEJO, F. E. P.; WILBERG, V. C. **Manual para construção de um desidratador de produtos agroindustriais**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2015. 24 p. (Documentos. Embrapa Agroindústria de Alimentos, 121). ISSN 1516-8247.

PACHECO, S.; PEIXOTO, F. M.; BORGUINI, R. G.; NASCIMENTO, L. S. M.; BOBEDA, C. R. R.; SANTIAGO, M. C. P. A.; GODOY, R. L. O. Microscale extraction method for HPLC carotenoid analysis in vegetable matrices. **Scientia Agricola**, v.71, n. 5, p. 345-441, 2014.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **Harvestplus Handbook for Carotenoid Analysis**. Washington: International Food Policy Research Institute; Cali: International Center for Tropical Agriculture, 2004. 63 p. (HarvestPlus Technical Monograph Series, 2). Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08cbae5274a31e00013d4/tech02.pdf>. Acesso em: 12 set. 2022.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Floresta, 2008. 100 p.

VAN HET HOF, K. H.; WEST, C. E.; WESTSTRATE, J. A.; HAUTVAST, J. G. A. J. Dietary factor that affects the bioavailability of carotenoids. **The Journal of Nutrition**, v. 130, n. 3, p. 503-506, mar. 2000.

World Health Organization. **Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995-2005: WHO Global Database on Vitamin A Deficiency**. Geneva: World Health Organization, 2009. 55 p. Disponível em: <https://www.who.int/publications/item/9789241598019>. Acesso em: 14 set. 2022.



Agroindústria de Alimentos

