

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FARINHA DE BATATA-DOCE BIOFORTIFICADA CULTIVAR 'BEAUREGARD'

OBTIDA POR SECAGEM EM ESTUFA
E POR ATOMIZAÇÃO

Physico-chemical characterization of biofortified sweet
potato flour 'beauregard' obtained by drying oven and
atomization

Richeli Stefanello¹

Fabício Ferrarini²

Gislaine Hermanns³

Melissa Walter⁴

Paula Michele Abentroth Klaic⁵

1 Graduando no Instituto Federal Farroupilha, IFFar, *Campus Santa Rosa*, Rio Grande do Sul, Brasil.
richeli.stefanello@iffarroupilha.edu.br – <https://orcid.org/0000-0001-8102-2911>

2 Graduando no Instituto Federal Farroupilha, IFFar, *Campus Santa Rosa*, Rio Grande do Sul, Brasil.
fabricao.ferrarini@iffarroupilha.edu.br – <https://orcid.org/0000-0002-7470-4049>

3 Professora Doutora no Instituto Federal Farroupilha, IFFar, *Campus Santa Rosa*, Rio Grande do Sul, Brasil.
gislaine.hermanns@iffarroupilha.edu.br – <https://orcid.org/0000-0002-7918-3895>

4 Professora Doutora no Instituto Federal Farroupilha, IFFar, *Campus Santa Rosa*, Rio Grande do Sul, Brasil.
melissa.walter@iffarroupilha.edu.br – <https://orcid.org/0000-0003-0535-0352>

5 Professora Doutora no Instituto Federal Farroupilha, IFFar, *Campus Santa Rosa*, Rio Grande do Sul, Brasil.
paula.klaic@iffarroupilha.edu.br – <https://orcid.org/0000-0002-4350-4597>

RESUMO

A deficiência de nutrientes essenciais na dieta, como ferro, zinco, iodo e vitamina A, desencadeia um grave problema nutricional mundial denominado fome oculta. A biofortificação de vegetais tem sido utilizada como alternativa para combater a desnutrição, melhorando as culturas regionais, de modo a possibilitar o acesso de todos aos nutrientes necessários. Nesse cenário, a batata-doce biofortificada vem sendo utilizada como alternativa por possuir alto teor de carotenoides com atividade pró-vitamina A. Para facilitar a incorporação em diversos tipos de alimentos, a batata-doce pode ser transformada em farinha. Este trabalho teve por objetivo a obtenção e caracterização físico-química de farinha de batata-doce 'Beauregard' desidratada em estufa com circulação de ar e por atomização. Para as farinhas, foi realizada a análise da composição centesimal, capacidade de hidratação e de solubilidade em água, e teor de carotenoides totais, sendo esse último também determinado na matéria-prima *in natura*, pelo fato de serem compostos sensíveis que podem ser afetados pelo processamento. Os resultados demonstraram que os diferentes processos de secagem afetaram o teor de umidade e de carotenoides totais do produto final, mas não os demais componentes. Houve redução de 24,37% e 49,43% de carotenoides totais para as farinhas obtidas por estufa e por atomização, respectivamente, quando comparadas à batata-doce *in natura*. Porém, mesmo havendo redução do teor de carotenoides totais, ambas as farinhas podem ser consideradas como contendo alto conteúdo de vitamina A, suprimindo a ingestão diária recomendada (IDR) para adultos, contribuindo para o aumento do teor dessa vitamina na dieta.

PALAVRAS-CHAVE: biofortificação; *spray drying*; carotenoides.

ABSTRACT

The deficiency of essential nutrients in the diet, like iron, zinc, iodine and vitamin A, triggers a serious nutritional problem worldwide known as hidden hunger. The biofortification of vegetables has been used as an alternative to fight malnutrition, improving regional cultures, enabling the access of all to the nutrients. In this scenery, biofortified sweet

potato has been used as an alternative because of its high content of carotenoids with pro-vitamin A activity. To facilitate its incorporation into various types of foods, sweet potato can be transformed into flour. This research aimed at obtaining and characterizing the flour of sweet potato 'Beauregard' obtained by drying oven with air circulation and by spray drying. The analysis of chemical composition, hydration capacity, water solubility and total carotenoids content were made in the flours, and total carotenoids content was analyzed in the sweet potato in natura, since they can be affected by processing. The results showed that the different drying processes affected the moisture and total carotenoids contents of the flours, but did not affect the other components. There was a reduction of 24.37% and 49.43% of total carotenoids for the flours obtained by drying oven and spray drying, respectively, when compared with sweet potato in natura. But, even with a reduction in the content of total carotenoids, both flours were considered as having a high content of vitamin A, supplying the recommended daily intake (RDA) for adults, contributing to the increase in the content of this vitamin in the diet.

KEYWORDS: biofortification; spray drying; carotenoids.

1 Introdução

A segurança alimentar e nutricional é definida por lei como o direito de todos ao acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis (BRASIL, 2006). Portanto, está relacionada com o quantitativo e a variabilidade dos nutrientes necessários a serem consumidos de forma suficiente para preservar a saúde.

A fome oculta é causada pela falta da ingestão de nutrientes essenciais na dieta, como ferro, zinco, iodo e vitamina A, sendo decorrente de uma alimentação pouco variada (VERGÜTZ et al., 2016), e um problema de nutrição pública que abrange países que estão em desenvolvimento. Conforme dados

do relatório anual do ano de 2019 da *Food and Agriculture Organization* (FAO), o número de pessoas que sofrem de desnutrição crônica no mundo ultrapassa 820 milhões (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2019). Crianças, adolescentes, gestantes e mulheres em idade fértil são o público mais afetado e enfrentam como consequências raquitismo, anemia, deficiência neurológica e imunológica, problemas de visão, dentre outras complicações (SILVA, 2007).

A estratégia atual para combater a desnutrição se dá por meio de programas de educação alimentar, suplementação com medicamentos e fortificação de alimentos. A biofortificação é utilizada como estratégia para melhorar alimentos de consumo regional, de modo a não alterar a dieta da população, facilitando a disponibilização do nutriente e garantindo o acesso de todos aos nutrientes necessários (SILVA, 2007).

Segundo Nutti (2015), a biofortificação pode ser definida como o cruzamento de plantas de mesma espécie, denominada melhoramento genético convencional. Não havendo incorporação de genes de outras espécies, são necessários repetidos cruzamentos até atingir o traço desejado. No Brasil, as atividades de biofortificação são coordenadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) através da Rede Biofort, apoiada pelo programa internacional de biofortificação denominado *HarvestPlus*. As atividades são conduzidas com as culturas de abóbora, arroz, batata-doce, feijão, feijão caupi, mandioca, milho e trigo, melhorando nutrientes como ferro, zinco e vitamina A na dieta da população mais necessitada (NUTTI, 2015). Além do melhoramento genético, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) busca o desenvolvimento de novos produtos derivados das culturas biofortificadas, complementando a dieta da população de cada região (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2014).

A batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam.) tem sua origem no sul da América Central e as raízes de armazenamento e as folhas são comestíveis. Apresenta sabor adocicado e as variedades podem diferir entre si quanto à textura, pois algumas são firmes, secas e carnudas quando cozidas, enquanto outras são moles e úmidas (CHASSY et al., 2008). Se adapta a diferentes condições de

clima e solo, sendo uma cultura de interesse para o Brasil por ser cultivável em toda sua extensão territorial (SILVA, 2007). Apresenta aproximadamente 30% de matéria seca, com 85% de carboidratos, dos quais o amido é o principal componente, seguido de sacarose, frutose, glicose e maltose (SILVA, 2007; SILVA et al., 2004 apud FIGUEIREDO, 2010), além de ser fonte de vitaminas (A, C e complexo B) e minerais (ferro, cálcio e potássio) (SILVA, 2010).

Considerando características como produtividade, teor de β -caroteno e a aceitação por parte dos consumidores, a batata-doce alaranjada biofortificada 'Beauregard', proveniente do *Centro Internacional de la Papa* (CIP) no Peru e desenvolvida pela *Louisiana Agricultural Experiment Station* em 1981, foi introduzida no Brasil pela EMBRAPA (ALVES et al., 2012). A produtividade desta cultivar varia de 20 a 50t ha⁻¹, dependendo de fatores como adubação, irrigação, manejo e controle de doenças e pragas, assim como o período de colheita, que pode variar de 90 a 120 dias após o plantio, dependendo das condições de solo e clima (FERNANDES et al., 2014).

Os carotenoides são pigmentos naturais que atribuem as cores vermelha, laranja e amarela de legumes e frutas, crustáceos, gema de ovo e até de peixes (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2011). O β -caroteno é o carotenoide mais abundante encontrado nos alimentos vegetais e o que mais apresenta atividade provitamina A. Após ingeridos, são convertidos a retinal e posteriormente a retinol (vitamina A) pelas mucosas intestinais, os quais são transportados para o fígado, onde parte é utilizada imediatamente e o restante mantém-se armazenado (AMBROSIO et al., 2006). Na batata-doce, a quantidade de β -caroteno varia dependendo da cor da polpa, com valores menores do que 1 $\mu\text{g g}^{-1}$ em raízes de polpa branca a maiores de 130 $\mu\text{g g}^{-1}$ em batatas-doces de polpa alaranjada (RODRIGUES-AMAYA, 2001). A cultivar 'Beauregard' apresenta em média 115 $\mu\text{g g}^{-1}$ de β -caroteno de raiz fresca (FERNANDES et al., 2014). Quando comparada com outros vegetais, constata-se que a batata-doce submetida ao processo de biofortificação apresenta um teor maior de β -caroteno do que a cenoura crua (34 $\mu\text{g g}^{-1}$) e abóbora 'Menina' (24 $\mu\text{g g}^{-1}$) (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

Deve-se observar que as etapas de processamento e armazenamento, como tratamento térmico, descascamento e exposição à luz, podem afetar os caro-

tenoides, resultando em perda de cor, de atividade provitamina A e alterações na biodisponibilidade (BENGTSSON et al., 2008; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2011; ALVES et al., 2012). Durante o armazenamento, a estabilidade dos carotenoides é altamente influenciada pelo tipo de embalagem e pela presença de oxigênio (ALVES et al., 2012). Assim, para reduzir a perda desses compostos faz-se necessária a otimização de processos, levando em consideração etapas de descascamento, corte, tempo e temperatura minimizados e a proteção contra a luz e ao contato com oxigênio (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2011).

Embora apresente características nutricionais e sensoriais interessantes, a utilização da batata-doce *in natura* na alimentação requer certo tempo e esforço, que muitas vezes não estão disponíveis para quem prepara o alimento, pois necessita ser lavada, descascada, picada e cozida (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2010). Dessa forma, para facilitar seu consumo e utilização em outros produtos, a batata-doce biofortificada pode ser transformada em farinha. Diferentes métodos podem ser utilizados para a obtenção de farinhas a partir de vegetais, dentre eles, a secagem por estufa com circulação de ar e a secagem por atomização.

A secagem convencional em estufa com circulação e renovação de ar aquecido utiliza a combinação de aquecimento do produto (transferência de calor) e remoção da umidade, ou seja, ocorre com parâmetros controlados de tempo, temperatura e vazão da circulação de ar (AZEREDO et al., 2012). É um processo relativamente simples, que conta apenas com o custo de aquisição do equipamento, mas de tempo prolongado, podendo levar de 6 a 18h para uma secagem eficiente, dependendo da matéria-prima. Isso ocorre pelo fato de que os alimentos geralmente possuem uma condutividade térmica muito baixa, levando certo tempo para o calor se difundir por toda a porção interna do alimento e completar o processo de desidratação como um todo. Fatores como temperatura de secagem, movimentação do ar no interior da estufa e espessura da amostra podem influenciar e comprometer o processo, não atingindo a porcentagem de umidade desejada (CECCHI, 2003).

A secagem por atomização é utilizada para desidratar produtos líquidos ou pastosos, que se transformam instantaneamente em um pó fino, com partícu-

las de 10 µm a 500 µm (GHARSALLAOUI et al., 2007), utilizando o equipamento denominado *spray dryer*. Durante o processo, o produto a ser desidratado é bombeado pelo atomizador para a câmara de secagem, convertendo-se em pequenas partículas, aumentando assim a área superficial e, conseqüentemente, o contato entre o produto e o ar quente. Deste modo, a água presente evapora de forma muito rápida e a temperatura do produto não se eleva em demasia, já que o tempo de permanência na câmara de secagem é inferior a 30s. O pó produzido (de aspecto fino) e o ar de secagem são separados por um ciclone (MASTERS, 1991, apud GRABOWSKI, 2005; CRUZ et al., 2017).

Considerando a busca do consumidor por alimentos mais saudáveis, a produção de farinha de batata-doce biofortificada se torna uma opção para agregar mais valor ao cultivo, aumentar o consumo da cultura e a ingestão de carotenoides, aumentar a vida útil e evitar desperdícios, além de garantir diversificação na alimentação a partir de culturas locais e de baixo custo. A farinha obtida a partir da batata-doce pode ser utilizada em diferentes produtos, como pães, bolos, biscoitos, *snacks*, macarrão, em substituição parcial ou total da farinha de trigo (RODRIGUES-AMAYA et al., 2011; ELISABETH, 2015; OECD, 2015).

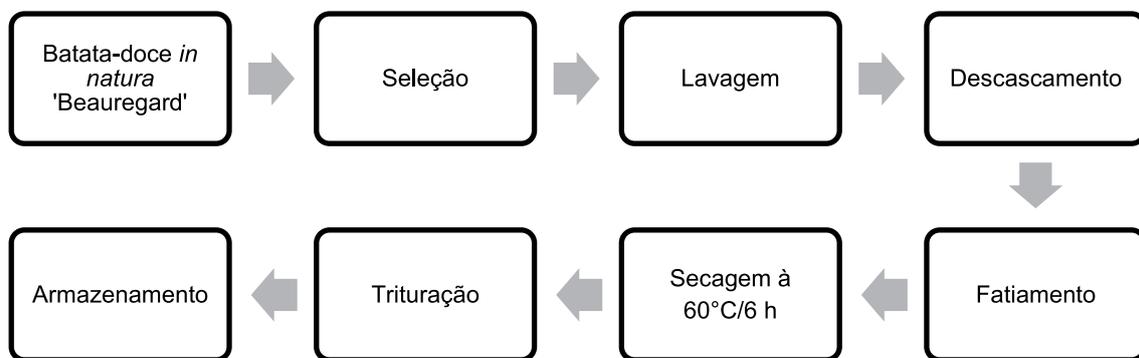
Sendo assim, este trabalho teve por objetivo a obtenção e caracterização da farinha de batata-doce biofortificada 'Beauregard' por secagem em estufa com circulação e renovação de ar e por atomização.

2 Materiais e Métodos

As batatas-doces biofortificadas 'Beauregard' foram adquiridas de um produtor rural da cidade de Santo Augusto – RS, por intermédio do Instituto Federal Farroupilha (IFFar) – *Campus* Santo Augusto. O processo de obtenção das farinhas por secagem em estufa com circulação e renovação de ar (FE) e por atomização (FA) e as determinações físico-químicas de umidade, proteína bruta e fibra alimentar total foram realizados no laboratório de Psicultura da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As demais análises foram realizadas no Laboratório de Química do IFFar – *Campus* Santa Rosa.

Para a obtenção da FE (Figura 1), a matéria-prima foi selecionada, lavada, descascada e fatiada (fatias de ~0,50 mm) em processador de alimentos Master Kitchen marca Walita. As fatias foram dispostas em bandejas forradas com papel manteiga e secas a temperatura de 60°C por 6h em estufa da marca Marconi modelo MA035. Posterior à secagem, as fatias foram trituradas em liquidificador da marca Walita RI2135 e armazenadas em saco plástico com fechamento hermético, ao abrigo de luz e umidade, até sua caracterização físico-química.

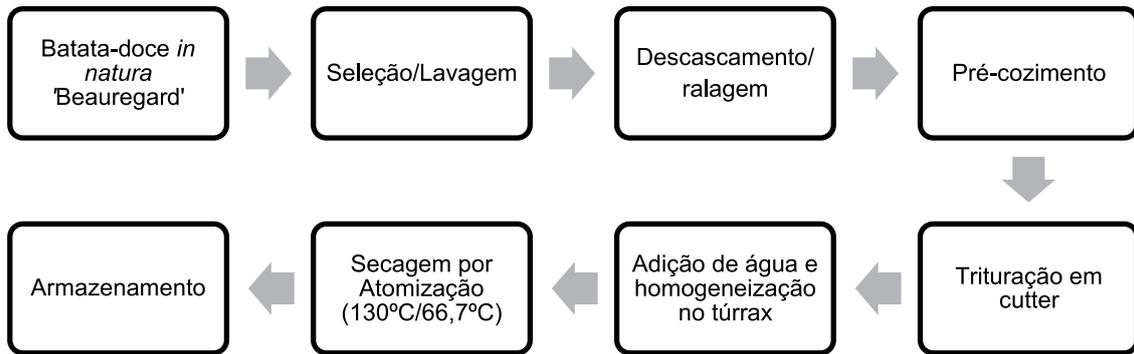
FIGURA 1 – Processo de secagem em estufa com circulação e renovação de ar para obtenção da farinha de batata-doce biofortificada ‘Beauregard’ (FE).



Fonte: elaborado pelos autores (2019).

Para a secagem por atomização, foi necessário determinar as condições da matéria-prima para o processamento, uma vez que o *spray dryer* é um equipamento utilizado para desidratar amostras líquidas ou pastosas. Testes foram realizados para verificar as quantidades ideais de batata-doce e água (400 g de matéria-prima + 600 ml de água), convertendo a amostra em uma suspensão, sem o uso de qualquer aditivo. A partir disto, definiu-se o processo de obtenção da farinha por atomização (FA), conforme a Figura 2.

FIGURA 2 – Processo de obtenção da farinha de batata-doce biofortificada 'Beauregard' por atomização (FA).



Fonte: elaborado pelos autores (2019).

As batatas-doces foram selecionadas, lavadas, descascadas, pesadas e raladas em processador de alimentos Master Kitchen marca Walita e pré-cozidas em água por 5 min (a contar a partir do início da fervura) em chapa de aquecimento. A água do cozimento foi retirada e reservada e as batatas pré-cozidas foram submetidas ao *cutter* até formação de uma massa homogênea. A água reservada do cozimento foi reincorporada à batata (~600 mL), para que a massa se convertesse em uma suspensão e para que não houvesse perda de carotenoides que pudessem ter migrado para a água durante o cozimento. A matéria-prima foi submetida ao túrrax marca Marconi, velocidade 2 (12.000 rpm) até homogeneização completa, de modo a ficar livre de pequenas partículas que pudessem obstruir os bicos de atomização. O processo de secagem foi realizado em *spray dryer* modelo MSD 1.0. As temperaturas de entrada e saída utilizadas para a amostra foram de 130°C e 66,7°C, respectivamente. A farinha foi coletada em frasco de vidro acoplado ao equipamento e armazenada em sacos plásticos com fechamento hermético, ao abrigo de luz e umidade, até a sua caracterização físico-química.

A análise de umidade foi realizada utilizando equipamento determinador de umidade MB25 marca Ohaus. As quantificações de cinzas e proteína bruta (N x 6,25) foram realizadas segundo os métodos clássicos descritos pelas normas do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). A análise de lipídios foi realizada de acordo com o método descrito por Bligh e Dyer (1959) e a fibra alimentar total segundo metodologia descrita na *Association of Official*

Analytical Chemists (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1998). Os carboidratos totais foram determinados por diferença, segundo a equação:

$$CT = 100 - (U + C + L + P + F) \quad (1)$$

em que CT, U, C, L, P e F representam, respectivamente, os teores de carboidratos totais, umidade, cinzas, lipídios, proteína bruta e fibra alimentar total, todos expressos em percentual (%).

O teor de carotenoides totais da batata-doce *in natura* e das farinhas foi quantificado utilizando método espectrofotométrico, segundo metodologia proposta por Rodriguez-Amaya e Kimura (2004), sendo expresso como $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno g}^{-1}$.

A capacidade de hidratação foi determinada conforme metodologia desenvolvida por McConnell et al. (1974) e o Índice de Solubilidade em Água (ISA) segundo metodologia proposta por Anderson et al. (1969).

Todas as análises foram realizadas em duplicata devido à baixa quantidade de amostra. Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) com posterior comparação das diferenças entre as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3 Resultados e discussão

Os resultados da composição centesimal da farinha seca em estufa com circulação e renovação de ar (FE) e da farinha seca por atomização (FA) estão expressos na Tabela 1.

TABELA 1 – Composição centesimal da farinha de batata-doce biofortificada ‘Beauregard’ obtida por secagem em estufa com circulação e renovação de ar (FE) e por atomização (FA).

Composição	FE	FA
Umidade (%)	5,90±0,46 ^a	4,92±0,04 ^b
Cinzas (%)	2,36±0,08 ^a	2,27±0,09 ^a
Lipídios (%)	0,82±0,03 ^a	0,79±0,19 ^a
Proteína bruta (%)	5,60±0,01 ^a	5,20±0,14 ^a
Fibra alimentar total (%)	10,06±1,68 ^a	9,85±0,23 ^a
Carboidratos totais (%)	79,10	76,97

Nota: Resultados expressos como média±desvio padrão, exceto para carboidratos totais. Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem significativamente pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: elaborados pelos autores (2019).

A determinação de umidade representa a quantidade de água presente em um alimento, seja qual for o processo de industrialização a que o mesmo seja submetido (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). O valor encontrado para umidade da FE (Tabela 1) se aproxima ao obtido por Alves et al. (2012) (5,8 %) e Daron et al. (2017) (6,06%). Para a FA, o teor de umidade foi superior ao encontrado por Grabowski (2005), que obteve valores de umidade inferiores a 3,53% para o pó da batata-doce ‘Beauregard’ obtido por atomização. Segundo resultados do autor, a quantidade adicionada de maltodextrina influenciou diretamente sobre o teor de umidade, pois eleva a temperatura de transição vítrea do produto, permitindo o uso de temperatura de secagem mais elevada, aumentando a transferência de calor e, conseqüentemente, a evaporação de água, explicando os valores inferiores ao presente experimento, no qual não foram utilizados aditivos durante o processo. Comparando os dois processos de secagem utilizados, o teor de umidade da FA foi significativamente menor do que FE, indicando que a atomização possibilita maior remoção de água do produto. Entretanto, considerando os padrões de umidade previstos na legislação para comercialização de farinhas, ambas estão de acordo com a Resolução RDC nº 263/2005, que prevê como critério para umidade um valor máximo 15,0 % (g/100 g) (BRASIL, 2005a).

A quantificação de cinzas representa a composição inorgânica presente em uma amostra, porém não em sua totalidade, já que alguns sais podem ser reduzidos ou volatilizados no processo de aquecimento a 550°C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Neste trabalho, o teor de cinzas (Tabela 1) obtido para a FE foi próximo ao encontrado por Nascimento et al. (2013), de 2,88% para fécula de batata-doce biofortificada. Silveira et al. (2011), analisando batata-doce de polpa alaranjada em diferentes estações climáticas, encontrou valores que variaram de 0,9 a 1,41% (estação seca) e 0,59 a 1,86% (estação chuvosa), enquanto Daron et al. (2017) obteve resultado de 3,23% de cinzas para a farinha de batata-doce 'Beauregard'. O teor de cinzas obtido para FA foi inferior ao determinado por Grabowski (2005) (4,31 %) para farinha da mesma cultivar obtida por atomização. As diferenças nos teores de cinzas apresentados nos diferentes trabalhos podem ser justificadas por fatores como cultivar analisada, clima, manejo agrônomico e adubação. Comparando os dois processos de secagem avaliados, não houve diferença estatisticamente significativa entre o teor de cinzas para FE e FA, demonstrando que o tipo de processo de secagem não influenciou este parâmetro.

A batata-doce apresenta baixo teor de lipídios comparado a alguns outros alimentos. O valor de lipídios (Tabela 1) encontrado para a FE foi inferior ao resultado determinado por Mariano e Arruda (2015) (1,55 %) e superior ao descrito por Silva (2010) ao analisar batata-doce de polpa creme das cultivares Brazlândia branca e Brazlândia rosada (0,19% e 0,14%, respectivamente). Ainda, aproxima-se do resultado encontrado por Camargo (2018) (0,71%), que analisou farinha de batata-doce 'Beauregard'. O teor de lipídios quantificado para a FA foi superior ao encontrado por Grabowski (2005) (0,62%). Quanto ao teor de lipídios, não houve diferença estatisticamente significativa entre os processos de secagem avaliados.

Para proteína bruta, o valor encontrado para a FE (Tabela 1) foi semelhante ao determinado por Santos et al. (2012) (5,0%) na caracterização físico-química de batata-doce comum. Entretanto, foi inferior ao estudo de Araújo et al. (2016), que analisou a qualidade da farinha de batata-doce variedade BRS Rubissol, a partir de diferentes temperaturas de secagem, obtendo os valores de 6,81%,

6,57% e 6,32% em temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C, respectivamente. A FA apresentou resultado de proteína próximo ao encontrado por Grabowski (2005) (4,84%) para farinha de batata-doce biofortificada da mesma cultivar avaliada. Comparando com FE, não houve diferença significativa no teor de proteína para FA, indicando que o tipo de processamento não afetou este parâmetro.

Conforme a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a fibra alimentar é definida como material comestível que não é digerido pelas enzimas do sistema digestivo humano (BRASIL, 2003a). Dentre os vários benefícios da ingestão de fibra alimentar, encontram-se o auxílio na prevenção ou redução de enfermidades como a constipação intestinal, estimulando os movimentos peristálticos do intestino, aumentando o volume e maciez das fezes. Também auxilia na retenção de parte dos lipídios, para serem eliminados junto com as fezes, reduzindo assim o nível de lipídios no sangue (CUKIER et al., 2005 apud MACEDO et al., 2012). Atuam também nos casos de *diabetes mellitus*, diminuindo os níveis de glicose no sangue devido ao retardo do esvaziamento gástrico, evitando assim os picos glicêmicos. Ainda, a ingestão regular de fibras, aliada a hábitos saudáveis, diminui o risco de câncer colorretal (OLIVEIRA; MARCHINI, 2008 apud MACEDO et al., 2012). O resultado encontrado para fibra alimentar da FE (Tabela 1) se aproxima aos valores determinados por Silva (2010) (9,82%) para a batata-doce branca da variedade Brazlândia e por Andrade e Martins (2002) (9,33%) para fécula de batata-doce. No entanto, é inferior ao estudo de Infante (2015) (13,80%) no desenvolvimento de farinha de batata-doce biofortificada. A fibra alimentar quantificada para a FA foi superior ao valor encontrado por Grabowski (2005) (7,04%) e não diferiu estatisticamente de FE, confirmando que os processos de secagem utilizados para a obtenção das farinhas não afetam esse componente.

No grupo dos carboidratos, estão inseridos diversos tipos de substâncias, como monossacarídeos (glicose e frutose), dissacarídeos (sacarose e lactose) e polissacarídeos, como o amido, abundante em tubérculos e cereais, sendo responsável por fornecer de 70 a 80% das calorias necessárias para a manutenção do corpo humano (DAMODARAN et al., 2010; COULTATE, 2004; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). O teor de carboidratos totais (Tabela 1) para FE foi

semelhante ao resultado encontrado por Camargo (2018) (74,68%) para farinha de batata-doce 'Beauregard' e próximo ao encontrado por Marangoni (2017) (71,36%) para chips de batata-doce biofortificada 'Beauregard'. Contudo, foi inferior ao obtido por Mariano e Arruda (2015) (84,31%) ao caracterizar a farinha obtida para a mesma cultivar. A determinação de carboidratos para FA foi inferior ao quantificado por Grabowski (2005) (72,15%) para a mesma cultivar e o mesmo processo de secagem. Comparando os valores obtidos para FE e FA, os resultados foram próximos, indicando que o teor de carboidratos não é afetado pelos processos de secagem avaliados.

Considerando a composição química da farinha e as definições previstas na Legislação Brasileira, Resolução RDC nº 54/2012 e Resolução RDC nº 359/2003 (BRASIL, 2003b; BRASIL, 2012), a farinha de batata-doce biofortificada da cultivar 'Beauregard' obtida neste trabalho pode ser considerada como tendo baixo teor de gordura (máximo 3g de gorduras totais por porção) e alto conteúdo de fibra (mínimo 5g por porção), podendo contribuir para a produção de alimentos mais saudáveis.

Pelo fato de os carotenoides serem compostos sensíveis que podem ser afetados por etapas como descascamento, tratamento térmico e exposição à luz, a quantificação deste composto foi realizada na batata-doce *in natura* e nas farinhas, de modo a avaliar o impacto dos dois processos de secagem (estufa e atomização) sobre esse componente. Os valores encontrados para carotenoides totais estão expressos na Tabela 2.

TABELA 2 – Teor de carotenoides totais da batata-doce 'Beauregard' *in natura* e das farinhas obtidas por secagem em estufa com circulação e renovação de ar (FE) e por atomização (FA).

Parâmetro Avaliado	Batata-doce <i>in natura</i>	FE	FA
Carotenoides totais ($\mu\text{g } \beta\text{-caroteno g}^{-1}$)	174,0 \pm 0,62 ^a	131,6 \pm 0,48 ^b	88,1 \pm 5,39 ^c

Nota: Resultados expressos como média \pm desvio padrão. Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: elaborado pelos autores (2019).

O teor de carotenoides totais da batata-doce biofortificada *in natura* (Tabela 2) encontra-se dentro dos valores normalmente observados em outros trabalhos, os quais são variáveis. Leite (2017) determinou valores médios de

244,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ de carotenoides totais para a batata-doce 'Beauregard' *in natura*, enquanto Berni (2014) quantificou em média 114,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ de carotenoides totais para a mesma variedade. Marangoni (2017) e Fernandes et al. (2014) encontraram média de 501 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 115 $\mu\text{g g}^{-1}$ de β -caroteno para raízes *in natura* de batata-doce 'Beauregard', respectivamente. Bengtsson et al. (2008) encontrou valores compreendendo entre 108,1 a 314 $\mu\text{g g}^{-1}$ de β -caroteno em diferentes cultivares de batata-doce de polpa alaranjada e Tang et al. (2015), analisando batatas-doces de diferentes variedades crescidas na China, determinou valor médio de 157,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ de carotenoides totais para batata-doce de polpa laranja. Essa variação nos resultados dos diferentes trabalhos pode ser relacionada às características genótípicas, climáticas, de manejo, período de colheita, entre outras.

O teor de carotenoides totais da farinha seca em estufa com circulação e renovação de ar (FE) foi superior ao encontrado por Cornejo et al. (2011) para farinha de batata-doce de polpa alaranjada (120,06 $\mu\text{g g}^{-1}$) e inferior ao relatado por Nascimento et al. (2013) para fécula de batata-doce biofortificada (180 $\mu\text{g g}^{-1}$). Para a secagem por atomização (FA), o teor foi inferior ao determinado por Grabowski (2005) para o pó obtido pelo mesmo processo de secagem para a mesma cultivar, que foi de 111 $\mu\text{g g}^{-1}$ de β -caroteno.

Comparadas à batata-doce *in natura*, as farinhas apresentaram redução de 24,37% e 49,43% de carotenoides totais, para FE e FA, respectivamente. Isto pode ser explicado pelo fato de que a degradação dos carotenoides pode ocorrer durante o processamento ou armazenamento, principalmente vinculado à oxidação, de origem enzimática ou não. A oxidação enzimática inicia antes de qualquer tipo de processamento térmico, através das etapas de descascamento, corte, ralagem e trituração, causando a ruptura dos tecidos e mudanças fisiológicas, pois facilita a interação enzima-substrato. Comumente, a degradação por oxidação ocorre acompanhada da isomerização, que é a mudança de conformação da forma natural e estável dos carotenoides da forma *trans* para a forma *cis*, desencadeada pela liberação de ácidos orgânicos provocadas pelas etapas descritas acima e agravada pelo calor empregado nos tratamentos térmicos. Luz, calor, presença de oxigênio, aumento da área

superficial da matéria-prima, tempo e temperatura do processamento são fatores que incitam a perda de carotenoides e alteram a atividade biológica conhecida dos β -carotenos (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

Para a FA, além dos fatores já citados, há um agravante para a redução de carotenoides. Durante o processo de secagem no atomizador, foi observada deposição de material nas paredes da câmara de secagem. A batata-doce é rica em açúcares, como sacarose, glicose e frutose, que são componentes de baixo peso molecular, de natureza termoplástica e baixa temperatura de transição vítrea (T_g). A T_g é definida como a temperatura na qual ocorre a mudança de estado de um sistema amorfo, passando de um estado vítreo para um estado gomoso/pegajoso. Durante a secagem, a remoção de forma rápida da umidade resulta em um produto amorfo, higroscópico, que se converte em um material emborrachado ou pegajoso se submetido a temperaturas em torno de 10 a 20°C acima da T_g (BHANDARI, 1997; GRABOWSKI, 2005). Para amenizar este problema, podem ser utilizados polímeros de alto peso molecular, chamados agentes de transporte, aumentando assim a T_g do produto a ser atomizado, permitindo o uso de temperaturas mais elevadas na secagem e maior rendimento do processo. A maltodextrina é o agente de transporte mais utilizado, por possuir uma T_g variando de 100°C a 243°C, e pelo sabor neutro (BHANDARI, 1997), não interferindo no sabor do produto a ser seco na secagem por atomização, além de contribuir para a fluidização do pó durante o processo de secagem (RE, 1998 apud GRABOWSKI, 2005).

Apesar da redução verificada pelo presente experimento, as duas farinhas podem ser consideradas como contendo alto conteúdo de vitamina A, já que suprem mais de 30% da ingestão diária recomendada (IDR) desta vitamina por porção, que é de 600 μ g retinol para adultos (BRASIL, 2005b; BRASIL, 2012). Deste modo, seria necessário a ingestão de 27,3g de FE e 40,78g de FA para suprir a IDR de vitamina A para adultos, contribuindo para o aumento do teor desta vitamina na dieta.

Propriedades funcionais do amido, como a capacidade de hidratação e solubilidade em água, são de grande importância, pois definem qual tipo de alimento é adequado para aplicação de determinada farinha. A capacidade

de hidratação é definida como a quantidade de água retida pelos grânulos de amido submetidos à tratamento térmico (MCCONNELL et al., 1974), estando relacionada à disponibilidade de grupos hidrofílicos em se ligar às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido (CARVALHO et al., 2002). Já o índice de solubilidade em água (ISA) reflete o grau de degradação total do grânulo de amido, ou seja, a somatória dos efeitos de gelatinização, dextrinização e solubilização, atribuídos tanto à dispersão das moléculas de amilose e amilopectina devido à gelatinização, como à formação de compostos de baixo peso molecular (COLONNA et al., 1984).

Para as farinhas obtidas no experimento, os valores encontrados para a capacidade de hidratação foram de $3,45 \pm 0,38 \text{ g g}^{-1}$ para FE e $3,28 \pm 0,04 \text{ g g}^{-1}$ para FA, não diferindo significativamente. Esses valores se assemelham ao determinado por Borba (2005), de $3,1 \text{ g g}^{-1}$ para farinha de batata-doce seca em estufa. Grabowski (2005) obteve valores superiores na secagem por atomização de purê de batata-doce tratado com α -amilase, com média de $179,9 \text{ g g}^{-1}$, entretanto o autor relaciona essa alta capacidade de hidratação à utilização de maltodextrina no processo de atomização, um adjuvante do processo que afeta propriedades físico-químicas do produto. Dessa forma, os resultados obtidos demonstram que o tratamento utilizado na atomização não provocou diferença na capacidade de absorção de água da farinha comparada àquela obtida por secagem por estufa com circulação e renovação de ar.

O ISA determinado para a FE foi de $18,08 \pm 0,75\%$, próximo ao encontrado por Borba (2005) (16,6%) para farinha seca em estufa. Para a FA, o valor obtido foi de $47,67 \pm 0,63\%$, inferior ao obtido por Grabowski (2005) (média de 77,01%). Entretanto, deve-se salientar que os dados de Grabowski (2005) foram obtidos em condições diferentes, com redução de viscosidade pela utilização de α -amilase e utilizando maltodextrina como adjuvante, o que influencia as características físico-químicas do produto obtido. Os resultados de ISA demonstram que há diferença significativa para esse parâmetro entre os processos aplicados, sendo o valor encontrado para a farinha seca por atomização maior do que o obtido para a farinha resultante do processo de secagem por estufa com circulação e renovação de ar. Tal diferença pode estar relacionada à modi-

ficação física que ocorre no amido durante a atomização. No aquecimento do amido em presença de água (em excesso) ocorre a ruptura da estrutura cristalina do grânulo de amido pelo rompimento das ligações de hidrogênio que unem as cadeias de amilose e amilopectina. Com isso, a água se liga às hidroxilas expostas na estrutura do amido, causando o inchamento do grânulo e consequente aumento na solubilidade (DAMODARAN et al., 2010; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007; SINGH et al., 2003). O aumento da solubilidade também pode ser resultado de fragmentações da molécula de amido provocadas pelo tratamento, aumentando o número de moléculas fragmentadas solúveis em água. Destaca-se que mais análises são necessárias para caracterização da farinha e melhor avaliação de suas propriedades tecnológicas, possibilitando melhor utilização em produtos alimentícios.

4 Conclusão

A batata-doce biofortificada cultivar 'Beauregard' pode ser utilizada para a obtenção de farinha através dos processos de secagem em estufa com circulação e renovação de ar e por atomização, afetando de forma significativa somente os parâmetros de umidade e carotenoides totais e não os demais componentes. Os processos avaliados resultaram em farinhas com alto conteúdo de vitamina A e de fibras, e baixo conteúdo lipídico.

Porém, mais estudos se fazem necessários para otimizar as condições do processo de secagem por atomização, de forma a reduzir a perda de carotenoides e de matéria-prima durante o processo. Por se tratar de uma matéria-prima com elevado teor de açúcares, seria importante realizar algumas determinações, como a temperatura de transição vítrea (T_g) da batata-doce a ser atomizada, e o tipo e a quantidade de agente de transporte a ser adicionado, de modo a não interferir nas características do produto final, ajustando assim o processo de secagem por atomização como um todo.

Além disso, pesquisas são necessárias para verificar a potencialidade de utilização das farinhas para obtenção de outros produtos, como bolos, *snacks*, cookies, entre outros e, especificamente no caso da farinha obtida por atomização, a utilização em produtos instantâneos, como, por exemplo, purês e sopas, de forma a contribuir para o aumento de vitamina A e de fibras na dieta.

Referências

- ALVES, R. M. V. *et al.* Estabilidade de farinha de batata-doce biofortificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 59-71, 2012. Disponível em: <http://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/928092/estabilidadede-farinha-de-batata-doce-biofortificada>. Acesso em: 01 set. 2018.
- AMBRÓSIO, L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. de. Carotenoides como alternativa contra hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 233-243, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rn/v19n2/a10v19n2>. Acesso em: 10 set. 2018.
- ANDERSON, R. A. *et al.* Rool and extrusion cooking of grain sorghum grits. **Cereal Science Today**, v. 14, n. 11, p. 373-381, 1969. Disponível em: <https://naldc.nal.usda.gov/download/31611/PDF>. Acesso em: 20 set. 2018.
- ANDRADE, R. L. P. de; MARTINS, J. F. P. Influência da adição de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sobre a viscosidade do permeado de soro de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 249-253, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v22n3/v22n3a09.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2019.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 16. ed. Washington: AOAC, 1998. 1018 p.
- ARAÚJO, C. S. P. de. *et al.* Desidratação de batata-doce para fabricação de farinha. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 4, p. 33-41, 2016. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/viewFile/687/pdf>. Acesso em: 18 abr. 2019.
- AZEREDO, H. M. C. de. (ed. técnica) *et al.* **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 326 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259054710_Fundamentos_de_estabilidade_de_alimentos/link/5702434108aee995dde986a7/download. Acesso em: 29 jun. 2019.
- BENGTSSON, A. *et al.* Effects of various traditional processing methods on the all-trans- β -carotene content of orange-fleshed sweet potato. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p. 134-143, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222406496_Effects_of_various_traditional_processing_methods_on_the_all-trans--carotene_content_of_orange_sweet_potato. Acesso em: 21 jun. 2019.
- BERNI, P. R. A. **Biodisponibilidade de β -caroteno em mandiocas e batatas-doces biofortificadas**: estudo dos efeitos de genótipos e processamentos. 2014. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências: Área de Concentração: Química na Agricultura e no Ambiente, Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde-15122014-091601/pt-br.php>. Acesso em: 05 abr. 2019.
- BHANDARI, B. R. *et al.* Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. **Drying Technology**, v. 15, n. 2, p.671-684, 1997. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373939708917253>. Acesso em: 24 jul. 2019.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959. Disponível em: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/o59-099#W6MzZCRKjIU>. Acesso em: 17 set. 2018.
- BORBA, A.M. **Efeitos de alguns parâmetros operacionais nas características físicas, físico-químicas e funcionais de extrusados da farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. 2005. 98 p. Dissertação (Mestrado) - Escola

Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/tde-29092005-143207/publico/AlexandraBorba. Acesso em: 26 jul. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003.** Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Brasília, DF: Presidência da República, 2003a. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0360_23_12_2003.pdf/5d4fc713-9c66-4512-b3c1-afee57e7d9bc. Acesso em: 30 set. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 359 de 23 de dezembro de 2003.** Aprovar o Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional. Brasília, DF: Presidência da República, 2003b. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0359_23_12_2003.pdf/76676765-a107-40d9-bb34-5f05ae897bf3. Acesso em: 30 set. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005.** Regulamento para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Brasília, DF: Presidência da República, 2005a. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_263_2005.pdf/d6f557da-7c1a-4bc1-bb84-fddf9cb846c3. Acesso em: 05 abr. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005.** Aprova o Regulamento Técnico Sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Brasília, DF: Presidência da República, 2005b. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_269_2005.pdf/2e95553c-a482-45c3-bdd1-f96162d607b3. Acesso em: 05 abr. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE À FOME – MDS. **Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006.** Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11346.htm. Acesso em: 17 abr. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0054_12_11_2012.pdf/c5ac23fd-974e-4f2c-9fbc-48f7e0a31864. Acesso em: 05 abr. 2019.

CAMARGO, V. C. S. **Avaliação *in vivo* de retinol em produtos (farinha e bolo sem glúten) oriundos de batata-doce (Ipomoea batatas) cultivar Beauregard biofortificada com carotenoides.** 2018. 174fl. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Centro de Ciências da Vida, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2018. Disponível em: <http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/handle/tede/1128>. Acesso em: 13 mai. 2019.

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. L. R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2. ed. Campinas – SP: Editora da Unicamp, 2003. 207 p.

CHASSY, B. *et al.* Nutritionally improved sweetpotato. In: **Nutritional and Safety Assessments of Food and Feeds Nutritionally Improved through Biotechnology: Case Studies.** ILSI International Life and Sciences Institute, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 7, p. 81-91, 2008. Disponível em: <http://ilsio.org/publication/nutritional-and-safety-assessments-of-food-and-feeds-nutritionally-improved-through-biotechnology-case-studies>. Acesso em: 03 set. 2018.

COLONNA, P. *et al.* Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I, Physical and macromolecular modifications. **Cereal Chemistry**, v. 61, n. 6, p. 538-543, 1984.

CORNEJO, F. E. P. *et al.* Desenvolvimento de um equipamento para a secagem de batata-doce com elevada concentração de beta-caroteno. In: IV REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO - Anais, Teresina, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/916070/desenvolvimento-de-um-equipamento-para-a-secagem-de-batata-doce-com-elevada-concentracao-de-beta-caroteno>. Acesso em: 11 set. 2018.

- COULTATE, T. P. **Alimentos**: a química de seus componentes. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368 p.
- CRUZ, A. G. *et al.* **Processamento de leites de consumo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. v. 2. 355 p.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.
- DARON, T. C.; HOJO, E. T. D.; SILVA, S. Z. da. Caracterização físico-química da farinha biofortificada de diferentes cultivares de batata-doce em Cascavel, Paraná. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 12, p. 11-20, 2017. Disponível em: https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/5a380e56b8cb8.pdf. Acesso em: 03 set. 2018.
- ELISABETH, D. A. A. Added value improvement of taro and sweet potato commodities by doing snack processing activity. **Procedia Food Science**, Indonésia, v. 3, p. 262-273, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211601X15000309>. Acesso em: 01 set. 2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- Projetos - HarvestPlus LAC - Coordenação das Atividades do Programa de Biofortificação HarvestPlus na América Latina e Caribe 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/207968/harvestplus-lac---coordenacao-das-atividades-do-programa-de-biofortificacao-harvestplus-na-america-latina-e-caribe>. Acesso em: 07 set. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Soluções tecnológicas - **Batata-doce Beauregard** - Ano de lançamento 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/602/batata-doce-beauregard>. Acesso em: 07 set. 2018.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of Food security and nutrition in the world 2019**. Roma, Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>. Acesso em: 13 set. 2019.
- FERNANDES, F. R. *et al.* **Biofortificação**: batata-doce Beauregard. Brasília, DF: Embrapa, p. 30. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1016136/biofortificacao-batata-doce-beauregard>. Acesso em: 01 set. 2018.
- FIGUEIREDO, J.A. **Seleção de clones de batata-doce com potencial de utilização na alimentação humana e animal**. 2010. 54 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração em Produção Vegetal - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina – MG, 2010. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/537/2/jose_altair_figueiredo.pdf. Acesso em: 27 set. 2019.
- GHARSALLAOUI, A. *et al.* Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v.40, n.9, p.1107-1121, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996907001238>. Acesso em: 27 jun. 2019.
- GRABOWSKI, J. A. **Development and characterization of spray dried sweet potatoes**. 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências, Universidade do Estado da Carolina do Norte, 2005. Disponível em: <https://repository.lib.ncsu.edu/handle/1840.16/249>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- INFANTE, R.A. **Farinha de sorgo e de batata-doce biofortificada**: desenvolvimento de cookies, aceitabilidade e biodisponibilidade de ferro. 2015. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação, Ciência e Nutrição, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2015. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/15026/texto%20completo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 12 set. 2018.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed. (1. ed digital), 2008. 1020 p. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorin-place/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 17 set. 2018.
- LEITE, C. E. C. **Novas cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* L. Lam.)**: Potencial nutricional, composição de bioativos, propriedades antioxidantes e análise digital de imagem. 2017. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco - PR, 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2374>. Acesso em: 17 jul. 2019.

MACEDO, T. M. B.; SCHMOURLO, G.; VIANA, K. D. A. L. Fibra alimentar como mecanismo preventivo de doenças crônicas e distúrbios metabólicos. **Revista UNI**, Imperatriz (MA), n.2, p.67-77, 2012. Disponível em: <https://www.essentialnutrition.com.br/media/artigos/fiberlift/6.pdf>. Acesso em: 30 set. 2019.

MARANGONI, L. J. **Chips de batata-doce biofortificada**: Desenvolvimento do produto e estudo de estabilidade em diferentes sistemas de embalagem. 2017. 119f. Dissertação (Mestrado) em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia de Embalagens, Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas - SP, 2017. Disponível em: <http://ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/pos/dissertacoes/2017/Dissertacao%20Luis%20Marangoni%20Junior.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

MARIANO, R. S.; ARRUDA, S. G. B. de. Avaliação bromatológica e microbiológica de farinha, pão de caixa e biscoito elaborados a partir de batata-doce (*Ipomoea batatas*) de cultivares roxa e Beauregard. In: XXIII CONIC, VII CONITI, IV ENIC - Recife; **Anais**, Universidade Federal de Pernambuco, 2015. Disponível em: https://www.ufpe.br/documents/616030/820209/Avalia%C3%A7%C3%A3o_bromatologica.pdf. Acesso em: 12 set. 2018.

MCCONNELL, A. A. *et al.* Physical characteristics of vegetable foodstuffs that could influence bowel function. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 25, n.12, p. 1457-1464, 1974. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/jsfa.2740251205>. Acesso em: 20 ago. 2019.

NASCIMENTO, K. O. *et al.* Caracterização química e nutricional de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) orgânica e biofortificada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró - RN, v. 8, n. 1, p. 132 - 138, 2013. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1774>. Acesso em: 11 set. 2018.

NUTTI, M. Alimentos Biofortificados: uma área com aplicações inovadoras e promissoras. **Revista Aditivos & Ingredientes**, São Paulo, n.123, p. 7, 2015. Disponível em: http://insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/edicoes/146/mobile/index.html#p=1. Acesso em: 09 set. 2018.

OECD. Safety Assessment of Foods and Feeds Derived from Transgenic Crops, **Novel Food and Feed Safety**, OECD Publishing, Paris, 272 p. 2015. v. 2.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 2. ed. São Paulo - SP: Editora Blucher, 2007. 184 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. *et al.* Carotenoids of sweet potato, cassava, and maize and their use in bread and flour fortification. IN: PREEDEY, V. R., WATSON, R. R.; PATEL, V. B. **Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention**. 2011. p. 301-311.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A Guide to Carotenoids Analysis in Food**. 1. ed. Washington: International Life Sciences Institute Press. 2001. Disponível em: <http://beauty-review.nl/wp-content/uploads/2014/11/A-guide-to-carotenoid-analysis-in-foods.pdf>. Acesso em: 16 set. 2018.

RODRIGUES-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis**. HarvestPlus Technical Monograph 2. Washington, DC and Cali: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT), 2004. Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08cbae5274a31e00013d4/tech02.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2019.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. *et al.* **Fontes brasileiras de carotenoides**: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. 2. ed. Brasília: MMA/SBF, 2008. 100 p. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_agrobio/_publicacao/89_publicacao09032009113306.pdf. Acesso em: 23 jul. 2019.

SANTOS, J. C. *et al.* Estudo da Cinética de Secagem de Batata-doce (*Ipomoea batatas*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.4, p.323-328, 2012. Disponível em: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev144/Art1443.pdf>. Acesso em: 03 set. 2019.

SINGH, N. *et al.* Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 219-231, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814602004168>. Acesso em: 21 ago. 2019.

SILVA, J. B. C. **Batata-doce Biofortificada**. 2007. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/pal16.pdf. Acesso em: 02 set. 2018.

SILVA, R. G. V. **Caracterização físico-química de farinha de batata-doce para produtos de panificação**. 2010. 71 f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual

do Sudoeste da Bahia, Itapetinga - BA, 2010. Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/ppgecal/wp-content/uploads/2017/04/RAVI-GOMES.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

SILVEIRA, L. R. da *et al.* Caracterização físico-química e clones de batata-doce de polpa alaranjada nas condições de Palmas-TO. **Revista vinculada ao programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Saúde**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 365-380, 2011. Disponível em: <http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/2198>. Acesso em: 11 set. 2018.

TANG, Y. *et al.* Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. **Food Science and Human Wellness**, Zhuhai - Guangdong, v. 4, p. 123-132, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213453015000427>. Acesso em: 11 set. 2018.

TORRES, L. L. G. *et al.* Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de banana-verde (*Musa acuminata*, Grupo AAA) por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, [S.l], Curitiba - PR, v. 23, n. 2, p. 273-290, 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/4488>. Acesso: 21 ago. 2019.

VERGÜTZ, L. *et al.* Biofortificação de Alimentos, saúde ao alcance de todos. **Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, n. 2, p. 20-23, 2016. Disponível em: http://www.sbcs.org.br/?post_type=boletim. Acesso em: 07 set. 2018.