



INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DO AGENTE ENCAPSULANTE NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO EXTRATO DE ERVA-MATE SECO POR ATOMIZAÇÃO

Influence of the presence of the encapsulant agent on physical characteristics of the extract of dry yerba mate by Spray Dryer

Maiara ZANOELO^{1*}, Edimir Andrade PEREIRA²

RESUMO: A secagem por atomização é um importante método utilizado pela indústria de alimentos, melhorando suas propriedades de manuseio e dispersão. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do agente encapsulante maltodextrina nas propriedades do extrato de erva-mate na secagem por atomização. Os efeitos do material de parede na atividade de água, higroscopicidade, dissolubilidade, solubilidade e na cor das amostras foram avaliados. A propriedade física de higroscopicidade revela que a presença de maltodextrina resultou em um pó menos higroscópico, o que está associado ao fato de a maltodextrina ser um material com baixa higroscopicidade, reduzindo a capacidade de adsorção de água dos produtos desidratados em *spray dryer*, afetando o resultado de forma significativa e positiva, uma vez que indica uma maior estabilidade. Como as duas amostras de extrato foram de lotes diferentes, por uma falta de padronização não foi possível diferenciá-las quanto a atividade de água, solubilidade e dissolubilidade. Na análise de cor verificou-se diferença entre as amostras desidratadas mais escuras e avermelhadas enquanto a amostra microencapsulada com maltodextrina é mais amarelada, pura e mais clara, diferença essa perceptível a olho nu.

Palavras-chave: *Spray Dryer*, Maltodextrina, Microencapsulação, *Ilex paraguariensis*

ABSTRACT: Spray drying is an important method used by the food industry, improving properties as handling and dispersion. The purpose of this study was evaluate the influence of maltodextrin encapsulating agent on the properties of yerba maté extract in spray drying. The effects of wall material on water activity, hygroscopicity, dissolubility, solubility and color of the samples were evaluated. The physical property of hygroscopicity reveals that the presence of maltodextrin resulted in a less hygroscopic powder, which is associated with the fact that maltodextrin is a material with low hygroscopicity, reducing the water adsorption capacity of dehydrated products in spray dryer, affecting the result significantly and positively, as it indicates greater stability. As the two extract samples were from different lots, due to a lack of standardization it was not possible to differentiate them in terms of water activity, solubility and dissolubility. In the color analysis, a difference was found between the darkest and reddish dehydrated samples while the microencapsulated sample with maltodextrin is more yellow, pure and lighter, a difference that is noticeable to the naked eye.

Key words: *Spray Dryer*, Maltodextrin, Microencapsulation, *Ilex paraguariensis*

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/04/2021; aprovado em 05/06/2021

¹Mestranda do Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco; maizanoelo@gmail.com.

²Prof. Dr., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, edimir@utfpr.edu.br

INTRODUÇÃO

Nativa da América do Sul, a erva-mate (*Ilex paraguariensis*), é o principal produto florestal não madeireiro da região sul do Brasil, sendo responsável por evolução de negócios e corresponsável emancipação do Paraná (JUNIOR & GOULART, 2019; VALDUGA *et al.*, 1997). Hoje, a produção de erva-mate é de grande importância para o sul do Brasil, com melhoramentos para aumento da produção em pequenas propriedades (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2019).

Após a colheita, a erva-mate passa pelos ciclos de cancheamento (dividido entre sapeco, secagem e cancheamento) e beneficiamento (secagem, separação das folhas e palitos e mistura para formação de qualidades de erva-mate para comercialização, com diferentes proporções de folhas e palitos) (MALHEIROS, 2007). Para a produção de chá mate, é feita a torrefação por meio de calor indireto, para redução de umidade e desenvolvimento de cor e aroma característicos (LEPREVOST, 1987). Para o mate tostado solúvel, há extração de sólidos solúveis com água e secagem por atomização (*spray-dryer*) (BERTÉ, 2011).

A composição química da *Ilex paraguariensis* inclui ácidos fenólicos (ácidos cafeico e clorogênico), aminoácidos e outros compostos nitrogenados, antocianinas, flavonoides, terpenos, carotenoides, álcoois, vitaminas (como tiamina, riboflavina e ácido pantotênico) e metilxantinas. A principal metilxantina encontrada é a cafeína, seguida por teobromina (RIVELLI, 2007).

Para aumentar a concentração de compostos bioativos em produtos derivados de soluções extrativas, a microencapsulação é utilizada, pois a modificação de soluções extrativas para produtos secos (concentrados) é amplamente utilizada para o desenvolvimento de produtos derivados de plantas, e tem como principal objetivo a obtenção de produtos cuja concentração de constituintes químicos (compostos com atividade antioxidante, principalmente) é maior (utilizando diferentes temperaturas de secagem para preservação) e suas características tecnológicas melhores. Estes produtos apresentam vantagens relacionadas a estabilidade, fácil manuseio e pesagem, homogeneidade e podem ser aplicados para obtenção de produtos diversos, conforme descrito por Silva (2007).

A microencapsulação tem como principal objetivo o melhoramento da aparência e propriedades de algumas substâncias, bem como a diminuição da interação com o ambiente, o que impede perdas sensoriais e nutricionais, aumentando o tempo de armazenamento (AZEREDO, 2005; KUANG *et al.*, 2010 *apud* NUNES, 2014).

A técnica de *spray-dryer* é bastante utilizada como método de secagem, para obtenção de produtos com grande concentração de compostos químicos e boas características tecnológicas (como homogeneidade, estabilidade, fácil emprego na indústria e manipulação) (LIST e SCHMIDT, 1989; GAUDY, PUECH e JACOB, 1991 *apud* BERTÉ, 2011).

Os responsáveis por conferir forma a microcápsula são os agentes encapsulantes (AZEREDO, 2005 *apud* NUNES, 2014). Para a escolha dos mesmos, diversas características do material devem ser levadas em consideração, bem como o método de secagem escolhido e qual a aplicação do microencapsulado (SUAVE *et al.*, 2006).

Na indústria alimentícia, maltodextrinas são utilizadas por protegerem o material microencapsulado da oxidação, devido a capacidade de formar filmes, ao poder redutor e suas capacidades plásticas; além disso, fatores importantes estão relacionados as suas propriedades físico-químicas e baixo custo para aquisição (QI; XU, 1999; ELNAGGAR *et al.*, 2010; CHRONAKIS, 1998; KILMARTIN; REID; SAMSON, 2004 *apud* NUNES, 2014). A maltodextrina com DE 20 é pouco higroscópica, não apresenta doçura e contribui como agente de corpo para alimentos. Ademais, de acordo com pesquisadores, o aumento da DE é proporcional ao aumento da barreira de oxigênio, gerando estabilidade oxidativa. Portanto, a maltodextrina é utilizada com sucesso na microencapsulação de compostos bioativos, pois atua na proteção e melhora a estabilidade (NUNES, 2014).

Para Nedovic *et al.* (2011), a microencapsulação com maltodextrina como agente encapsulante é uma boa alternativa, pois exerce efeito protetor nos compostos fenólicos presentes no extrato aquoso de erva-mate, devido a serem instáveis em presença de luz, oxigênio e temperatura.

De acordo com o descrito na dissertação de Berté (2011), um alimento em pó se reconstitui em quatro etapas, que podem ou não serem sequenciais. Estas etapas são (1) a penetração do líquido na estrutura do pó; (2) imersão das partículas dentro do líquido; (3) dispersão do pó no líquido e (4) dissolução das partículas solúveis. Estas etapas estão relacionadas as propriedades de instantaneidade: molhabilidade, imersibilidade, dispersibilidade e solubilidade. Para um pó alimentício com atributos de instantaneidade interessantes, essas etapas ocorrem rapidamente, em poucos segundos.

Assim, o presente trabalho buscou avaliar como o processo de beneficiamento para formação de chá mate tostado solúvel e chá mate tostado solúvel microencapsulado com maltodextrina altera propriedades do pó, em relação a algumas características físicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção da matéria prima

Após as etapas de processamento, (sapeco, secagem e cancheamento) e desenvolvimento dos produtos, foram cedidas três amostras por uma empresa sediada na Mesorregião Sudoeste do Paraná, com certificação de produtos orgânicos pela IBD – Associação de Certificação Instituto Biodinâmico, sendo os seguintes produtos: duas amostras de folhas de erva-mate secas, trituradas, tostadas, cujos sólidos solúveis foram extraídos e desidratados em *spray dryer* (EMT1 e EMT2), cujos processos foram realizados em diferentes momentos, pertencendo a lotes diferentes; e folhas de erva-mate secas trituradas, tostadas, cujos sólidos solúveis foram extraídos e desidratados em *spray dryer*, seguido da adição de maltodextrina e desidratação em *spray dryer*, gerando o extrato microencapsulado (EMTM).

Todas as amostras a serem analisadas foram classificadas quanto a granulometria (12-35 mesh) e acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados e escuros (laminados) até o momento das análises.

Atividade de água (Aw)

A atividade de água das amostras foi medida utilizando um Analisador de Atividade Água, após prévia estabilização das amostras a 25 °C durante 15 minutos.

Higroscopicidade

A determinação ocorreu conforme descrito por Cai e Corke (2000). 1 g de amostra foi colocada em uma placa de Petri previamente pesada em dessecador, contendo solução saturada de NaCl (cloreto de sódio) com umidade relativa de 75,3%. Após 7 dias, o peso da placa foi determinado e a higroscopicidade expressa como a massa de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra durante esse tempo, conforme a equação 1, descrita abaixo, onde MF corresponde a massa final da placa após 7 dias, MI corresponde a massa inicial da placa com amostra e MP corresponde a massa da placa.

$$\text{Higroscopicidade \%} = [(MF - MI) - MP] \times 100$$

Dissolubilidade

O teste de dissolução foi realizado com a adição de 1 g de amostra em 25 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram agitadas em agitador magnético até a completa dissolução das amostras, com tempo de dissolução expresso em segundos (NUNES, 2014).

Solubilidade

A solubilidade foi determinada segundo o método descrito por Eastman e Moore (1984), e modificado por Cano-Chauca et al. (2005), onde 1 g do pó foi adicionado em 100 mL de água destilada em um béquer, com agitação magnética por 5 minutos. A solução foi transferida para um tubo Falcon de 100 mL e centrifugada por 10 minutos a 10000 rpm. Em seguida, uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de Petri previamente pesada e submetida a secagem em estufa por 5 h a 105 °C. O cálculo utilizado para o percentual de solubilidade está descrito abaixo, na equação 2. Nela, MS equivale a massa do sobrenadante após a secagem e MT equivale a massa de pó total na alíquota retirada.

$$\text{Solubilidade \%} = (MS/MT) \times 100$$

Colorimetria

O perfil O perfil colorimétrico das amostras foi determinado utilizando o sistema CIELab (KONICA MINOLTA modelo CR-400), onde L* representa a luminosidade variando de 0 a 100 (preto a branco) a os parâmetros a* e b* são coordenadas colorimétricas, onde -a = verde, +a = vermelho; -b = azul e +b = amarelo, ambas com variação de -60 para +60. Também foram avaliados os parâmetros C* (pureza) e h* (ângulo de tonalidade hue). O colorímetro foi calibrado com uma placa branca padrão (Y = 93,50; x = 0,3114; y = 0,3190), conforme instruções do fabricante. As leituras foram realizadas em triplicata, sob iluminante D65 e ângulo 10°. A diferença total de cor (ΔE^*) foi calculada de acordo com a equação 3, abaixo.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})}$$

Teste estatístico

A variação entre os resultados obtidos foi calculada via software PAST. Os testes estatísticos aplicados foram ANOVA One Way e Teste de Tukey. No software utilizado, ao aplicar ANOVA One Way, o valor de p, quando abaixo de 0,05 (5%), define que há diferença estatística significativa entre os valores das amostras. O Teste de Tukey, aplicado em seguida, determina entre quais amostras houve diferença significativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atividade de água e higroscopicidade são parâmetros essenciais para avaliar a estabilidade de armazenamento de pós, enquanto dissolubilidade e solubilidade estão relacionadas a reconstituição destes pós (TONON *et al.*, 2008). Os resultados das características físicas das amostras estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características físicas das amostras em base úmida.

Parâmetro	EMT1*	EMT2*	EMTM*
Atividade de água	0,604 ± 0,028	0,458 ± 0,039	0,512 ± 0,029
Higroscopicidade (%)	14,070 ± 0,6127	16,640 ± 0,0462	9,220 ± 0,9283
Solubilidade (%)	94,48 ± 2,124	93,29 ± 2,780	93,90 ± 2,640
Dissolubilidade (s)	70,990 ± 5,486	8,3100 ± 0,874	25,000 ± 2,663

*Todos os resultados representam o valor de média ± DP.

A atividade de água apresentou valores entre 0,4576 e 0,6036, o que é interessante para a estabilidade de alimentos. Uma baixa atividade de água (<0,60) indica que o alimento é microbiologicamente estável, pois não há um alto teor de água livre para que reações bioquímicas possam ocorrer, diminuindo o prazo de validade (FENNEMA, 2010). Nunes (2014) encontrou valores de Aw entre 0,205 e 0,279 em extratos de erva-mate microencapsulados com diferentes concentrações de maltodextrina, observando que o aumento da concentração do agente encapsulante provocava a diminuição da Aw das microcápsulas, o que ocorreu ao compara as amostras EMT1 e EMTM, porém não observado entre as amostras EMTM e EMT2.

Aplicando os testes estatísticos, obteve-se, no teste ANOVA One Way, um valor de $p=4,156 \times 10^{-3}$, indicando que havia diferença estatística significativa entre as amostras. Ao aplicar o Teste de Tukey, foi observada diferença significativa entre a amostra EMT1 ao compara-la a EMTM, e entre a amostra EMT1 quando comparada a EMT2. As demais comparações não apresentaram diferença estatística significativa.

Os valores de higroscopicidade variaram de 9,22% a 16,64%. Concordando com o descrito na literatura e observado por Nunes (2014) e Berté (2011), ao adicionar maltodextrina. Caso a temperatura de secagem da atomização

umentasse, a higroscopicidade diminuiria, bem como sua densidade, pois a atomização aumenta a superfície de contato e o volume, reduzindo a densidade das microcápsulas (CAI, CORKE; 2000).

Aplicando testes estatísticos nas amostras, obteve-se, via ANOVA One Way, um valor de $p=2,249 \times 10^{-5}$, indicando que havia diferença estatística significativa entre as amostras. Ao aplicar o Teste de Tukey, foi observada diferença significativa entre a amostra EMTM quando comparada com EMT1 e EMT2. Também foi observada diferença significativa entre a amostra EMT1 quando comparada a EMT2. Não foi observada diferença significativa ao comparar as demais amostras.

Os valores para solubilidade variaram de 93,29 a 94,48%, sendo a maior solubilidade da amostra EMT1. No estudo de Cano-Chauca *et al.* (2005), o uso de maltodextrina aumentou a solubilidade de microcápsulas de suco de manga secas por atomização, devido à alta solubilidade por elas apresentada. Ainda assim, as microcápsulas tem solubilidade próxima a encontrada por Berté (2011), que foi próxima a 95% para as diferentes adições de maltodextrina (33% e 50%), não havendo grandes variações entre elas.

Aplicando testes estatísticos nas amostras, obteve-se, no teste ANOVA One Way, o valor de $p=1,066 \times 10^{-2}$, indicando que havia diferença estatística significativa entre as amostras. Ao aplicar o Teste de Tukey, foi observada diferença significativa entre a amostra EMTM, quando comparada a amostra EMT2, e entre a amostra EMT1 quando comparada a EMT2. Não foi observada diferença significativa entre as demais comparações.

O tempo para dissolução (tempo necessário para solubilização das microcápsulas em água) variou de 8,310 s a 70,990 s, sendo o menor tempo de dissolução da amostra EMT2, e o maior tempo para a amostra EMT1, variações intrínsecas as características das amostras, mas que se esperava comportamento semelhante. A amostra EMTM apresentou um valor intermediário dentre os valores observados, porém dentro dos parâmetros necessários para indicação que o pó pode ser dissolvido em água a temperatura ambiente sem dificuldade. Os valores encontrados por Khuenpet *et al.* (2016) para suco de cana-de-açúcar estavam entre 45 e 79,8 segundos, e apresentavam boa dissolubilidade, sendo o último valor bastante próximo ao encontrado para a amostra EMT1.

Aplicando testes estatísticos nas amostras, obteve-se, no teste ANOVA One Way o valor de $p=1,669 \times 10^{-6}$, indicando que havia diferença estatística significativa entre as amostras. Ao aplicar o Teste de Tukey, foi observada diferença significativa entre a amostra EMTM ao compara-la com as amostras EMT1 e EMT2. Ao comparar as amostras EMT1 e EMT2 foi também observada diferença significativa. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas nas demais comparações.

Os resultados para a análise colorimétrica encontram-se na Tabela 2. Nela, estão descritos os valores encontrados para os seguintes parâmetros: L* (luminosidade), a* (coordenada vermelho/verde), b* (coordenada amarelo/azul); C* (saturação) e h* (tonalidade).

Tabela 2 - Valores dos parâmetros de cor obtidos via aparelho que segue o padrão CieLab.

Parâmetro	EMT1*	EMT2*	EMTM*
L*	40,51 ± 0,34	45,79 ± 0,41	59,86 ± 0,23
a*	5,63 ± 0,08	6,41 ± 0,05	7,28 ± 0,06
b*	11,63 ± 0,09	14,03 ± 0,31	24,98 ± 0,09
C*	12,92 ± 0,05	15,43 ± 0,30	26,02 ± 0,06
h*	64,17 ± 0,49	65,44 ± 0,36	73,75 ± 0,18

A luminosidade média das amostras variou de 40,51 a 59,86. A amostra microencapsulada (EMTM) apresentou a maior luminosidade devido a presença de maltodextrina, seguida de EMT2 e EMT1. Este parâmetro é influenciado devido a tostagem da erva-mate para a produção de chá mate, portanto justifica a amostra EMT1 e EMT2 serem mais escuras. No chá mate solúvel microencapsulado (EMTM), há a extração dos sólidos solúveis, adição de agentes encapsulantes (de cor branca), seguida da concentração via atomização, deixando o produto mais claro. A luminosidade da amostra EMT1 difere-se pouco da amostra EMT2. Nunes (2014) verificou que a luminosidade das amostras aumenta proporcionalmente com a quantidade de maltodextrina empregada; contudo, como a concentração de maltodextrina utilizada não foi informada, não é possível relacionar estes parâmetros.

Aplicando testes estatísticos nas amostras para luminosidade, obteve-se, no teste ANOVA One Way, um valor de $p=1,468 \times 10^{-9}$, indicando que havia diferença estatística significativa entre as amostras. Ao aplicar o Teste de Tukey, foi observada diferença significativa entre a amostra EMTM quando comparada as amostras EMT1 e EMT2. Também foi observada diferença significativa ao comparar a amostra EMT1 a amostra EMT2. Não foram observadas diferenças significativas nas comparações entre as demais amostras.

Em relação aos valores obtidos para a coordenada a*, que varia de verde (negativo) a vermelho (positivo), as amostras variaram de 5,63 a 7,28; a secagem por atomização aumentou os valores obtidos para esta coordenada cromática, apresentando tendência para o vermelho. Para a coordenada b*, cuja variação é de amarelo (positivo) a azul (negativo), os valores estiveram entre 11,63 e 24,98, tendendo para o amarelo e aumentando com a secagem por atomização. O ângulo de tonalidade, *hue*, variou de 64,17 a 73,75 (amostras tostadas mais avermelhada e a microencapsulada mais amarelada), e a saturação de 12,92 a 26,06, aumentando na mesma ordem indicando maior pureza na cor da amostra microencapsulada.

Aplicando testes estatísticos nas amostras para a coordenada a*, obteve-se, no teste ANOVA One Way, um valor de $p=3,149 \times 10^{-7}$, indicando que havia diferença estatística significativa entre as amostras. Ao aplicar o Teste de Tukey, foi observada diferença significativa entre a amostra EMTM quando comparada as amostras EMT1 e EMT2. A amostra EMT1 também mostrou diferença significativa quando comparada a amostra EMT2 neste

parâmetro. As demais comparações não apresentaram diferença significativa.

Aplicando testes estatísticos nas amostras para a coordenada b^* , obteve-se, no teste ANOVA, um valor de $p=3,998 \times 10^{-10}$, indicando que havia diferença estatística significativa entre as amostras. Ao aplicar o Teste de Tukey, foi observada diferença significativa entre a amostra EMTM quando comparada as amostras EMT1 e EMT2. Comparando a amostra EMT1 a amostra EMT2, também houve diferença significativa. Dentre as demais comparações, não houve diferença significativa.

Aplicando testes estatísticos nas amostras para o ângulo *hue* (h^*), obteve-se, no teste ANOVA One Way, um valor de $p=1,245 \times 10^{-7}$, indicando que havia diferença estatística significativa entre as amostras. Ao aplicar o Teste de Tukey, foi observada diferença significativa entre a amostra EMTM quando comparada as amostras EMT1 e EMT2. Comparando a amostra EMT1 a amostra EMT2, também houve diferença significativa. Dentre as demais comparações, não houve diferença significativa.

Aplicando testes estatísticos nas amostras para a saturação (C^*), obteve-se, no teste ANOVA One Way, um valor de $p=3,133 \times 10^{-10}$, indicando que havia diferença estatística significativa entre as amostras. Ao aplicar o Teste de Tukey, foi observada diferença significativa entre a amostra EMTM quando comparada as amostras EMT1 e EMT2. Comparando a amostra EMT1 a amostra EMT2, também houve diferença significativa. Dentre as demais comparações, não houve diferença significativa.

Ao comparar com os resultados de Cabral-Malheiros *et al.* (2010), para erva-mate armazenada em laminado, de Zaions *et al.* (2014), para erva-mate não maturada, observou-se que o parâmetro a^* variou de -8,693 a -13,27, e o parâmetro b^* de 20,097 a 29,54, estando entre verde e amarelo, no segundo quadrante do diagrama de cor, tendendo mais ao amarelo que ao verde, enquanto os valores encontrados para cor das amostras tostadas e microencapsuladas estão entre amarelo e vermelho, no primeiro quadrante do diagrama de cor, tendendo ao amarelo mais que ao vermelho. A diferença total de cor (ΔE^*) foi calculada a partir da Equação 3. Diferenças maiores que 2,3 são ligeiramente perceptíveis, sendo esse valor referido como Valor JND (Just Noticeable Difference) (MOKRZYCKI, TATOL, 2012). Comparando as amostras EMT1 e EMTM, a diferença total de cor é $\Delta E^*= 23,56$, mostrando que há diferença entre a cor das amostras, e que é possível observá-la facilmente. O mesmo ocorre ao comparar as amostras EMT2 e EMTM, cujo $\Delta E^*= 17,85$. Contudo, quando as amostras EMT1 e EMT2 se comparadas, a diferença de cor é $\Delta E^*=5,85$; é possível observar uma diferença ligeiramente perceptível entre elas, porém são bastante semelhantes.

CONCLUSÕES

O extrato de erva-mate tostada solúvel e o extrato de erva-mate tostada solúvel e microencapsulada com maltodextrina apresentam características diferentes em parâmetros de atividade de água, higroscopicidade e dissolubilidade, sendo estes parâmetros essenciais para a estabilidade de armazenamento e reconstituição de pós. A solubilidade encontrava-se dentro do tempo necessário para que o pó possa ser dissolvido em água em temperatura ambiente sem dificuldade. A microencapsulação modifica os

parâmetros de cor da amostra de maneira significativa devido a presença do agente encapsulante.

REFERÊNCIAS

- BERTÉ, K. A. dos S. *Tecnologia da erva-mate solúvel*. 2011. 161f. **Tese de doutorado em Tecnologia de Alimentos**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- CAI, Y.Z., CORKE, H. Production and properties of spray dried *Amaranthus* Betacyanin Pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 1248–1252, 2000.
- CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Effect of the carriers on the microstructure of mango power obtained by spray-drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, n.4, p. 4520-4528, 2005.
- ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria De Planejamento, Orçamento E Gestão – Atlas Socioeconômico Do Rio Grande Do Sul. O Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional de folha verde de erva-mate. Porto Alegre: 2019. Disponível em <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/erva-mate>. Acesso em 27 mai. 2019.
- FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. Editora Artmed, 2010.
- JUNIOR, J. F.P.; GOULART, I. C.G. dos R. Erva 20: Sistema de produção para erva-mate. **Embrapa**, 2019. Brasília, DF. 152 p.; 2019. ISBN: 978-85-7035-875-2 1.
- KHUENPET, K.; CHAROENJARASRERK, N.; JAIJIT, S.; ARAYAPOONPONG, S.; JITTANIT, W. Investigation of suitable spray drying conditions for sugarcane juice powder production with an energy consumption study. **Agriculture and Natural Resources**, v. 50, n. 2, p. 139-145, 2016.
- LEPREVOST, A. Química e Tecnologia da Erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná, 1987. **Boletim Técnico** n.53. 53p.
- MALHEIROS, G. C. *Estudo da alteração da cor e degradação da clorofila durante armazenagem de erva-mate tipo chimarrão*. 2007. 104f. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- MOKRZYCKI, W. S., TATOL, M. Colour difference Delta E - A survey. **Machine Graphics and Vision**. [s.l.], [s.v.], [s.n.], p. 1 - 28. 2012. Disponível em <https://wisotop.de/assets/2017/DeltaE-%20Survey-2.pdf>. Acesso em 20/nov/2019.
- NEDOVIC, V; KALUSEVIC, A; MANOJLOVIC, V; LEVIC, S; BUGARSKI, B. An overview of encapsulation

- technologies for food applications. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 1806–1815, 2011.
- NUNES, G. L. Microencapsulação por Spray Drying do Extrato Crioconcentrado de Erva Mate (*Ilex Paraguariensis* A. St. Hill) Empregando a Maltodextrina como Agente Encapsulante. 2014. 92 f. **Dissertação (Mestrado)** - Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014
- RIVELLI, D. P. Simultaneous determination of chlorogenic acid, caffeic acid and caffeine in hydroalcoholic and aqueous extracts of *Ilex paraguariensis* by HPLC and correlation with antioxidant capacity of the extracts by DPPH· reduction. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas (Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences)**, [S.l.], vol. 43, n. 2, p. 215-222 abr./jun., 2007.
- SILVA, F. A. da. Avaliação tecnológica e atividade antioxidante de produtos secos por *spray-drying* de *Ilex paraguariensis* A. St. Hil - Aqualifoliaceae (erva-mate). 2007. 243p. **Tese de Doutorado (Ciências Farmacêuticas)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- SUAVE, J.; DALL'AGNOL, E. C.; PEZZIN, A. P. T.; SILVA, D. A. K.; MEIER, M. M, SOLD, V. Microencapsulação: inovação em diferentes áreas. **Health and Environment Journal**, v. 7, n. 2, p.12-20, 2006.
- TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v. 88, p. 411-418, 2008.
- VALDUGA, E. et al. Caracterização química da folha de *Ilex paraguariensis* St. Hill (erva-mate) e de outras espécies utilizadas na adulteração do mate. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, vol. 15, n. 1, pag. 25-36, jan./jun. 1997.
- ZAIONS, I.; PICOLO, A. P.; GONÇALVES, I. L.; BORGES, A. C. P.; VALDUGA, A. T. Physico-chemical characterization of *Ilex paraguariensis* St. Hil. during the maturation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [s.l.], v. 57, n. 5, p. 663–667, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132014000500663&lng=en&tlng=en>. Acesso em 17 abr. 2019.