

Modelagem Matemática da Secagem de Casca de Maracujá e Influência da Temperatura na Cor, Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante

Sabrina Fortini Spoladore¹, Camila Andressa Bissaro¹, Tatiane Francielli Vieira¹, Marcos Vieira da Silva^{1,2}, Charles Windson Isidoro Haminiuk¹, Bogdan Demczuk Jr.¹

¹UTFPR - Campus Campo Mourão;

²UEM - Maringá, Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos.

* bdjunior@utfpr.edu.br

Resumo. A casca de maracujá é o subproduto do processamento da indústria de sucos e quando não é descartada ou utilizada como adubo ou ração, pode servir como matéria-prima para a indústria de pectina ou de outros ingredientes funcionais, devido ao seu alto teor de fibras e minerais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da temperatura de secagem sobre as características de cor, compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de maracujá. Também foi avaliada a capacidade de alguns modelos matemáticos na representação da secagem. O produto atingiu umidade constante aos 240 minutos para secagem a 90 °C, 300 minutos para 80 °C, 390 minutos para 70 °C e 360 minutos para 60 °C. O modelo de Page foi o que melhor representou o processo em todas as temperaturas estudadas (R^2 de 0,982 a 0,998). Foram verificadas variações significativas de cor durante o processo sob diferentes temperaturas. Os compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante identificados nas amostras in natura também apresentaram variações nos seus teores ao final do processo de secagem. Ocorreu um decréscimo na capacidade antioxidante e um aumento no teor de compostos fenólicos com o aumento da temperatura.

Palavras-chave: maracujá; secagem; modelagem; cor; compostos fenólicos

Mathematical modeling of drying passion fruit peel and influence of temperature on color, phenolic compounds and antioxidant activity. *The passion fruit peel is a byproduct from juice industry and when it is not discarded or used as fertilizer or feed, can serve as raw material for industry pectin or other functional ingredients, due to its high fiber content and minerals. The objective of this study was to evaluate the influence of drying temperature on the characteristics of color, phenolic compounds and antioxidant activity of passion fruit peel. We also analyzed the ability of some mathematical models in representing the drying. The product reached constant humidity at 240 minutes for drying at 90 °C, 300 minutes to 80 °C, 390 minutes to 70 °C and 360 minutes to 60 °C. The Page model was the best to represent the process at all temperatures studied (R^2 from 0.982 to 0.998). Significant color variations were observed during the trial at different temperatures. The total phenolic compounds and antioxidant activity identified in fresh samples also showed variations in their levels at the end of the drying process. A decrease in antioxidant capacity occurred and an increasing in the phenolic compounds with higher temperature.*

Keywords: passion fruit; drying; modeling; color; phenolic compounds

Recebido: 31 de Outubro de 2014; aceito: 17 de Novembro de 2014, publicado: 19 de Novembro de 2014.

DOI: 10.14685/rebrapa.v5i2.163

INTRODUÇÃO

Maracujá é o nome popular dado a várias espécies do gênero *Passiflora* e vem de maraúya, que para os indígenas significa "fruto de sorver" ou "polpa que se toma de sorvo" (ZEIRAK *et al.*, 2010). O maracujá é uma fruta típica da América Tropical, cuja polpa é muito utilizada na fabricação de suco concentrado. O

Brasil é um dos grandes produtores e exportadores do suco da fruta, sendo a polpa do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) a mais utilizada, devido as suas características sensoriais e qualidade dos frutos (FERREIRA; PENA, 2010).

No Brasil, o consumo de sucos de frutas, frescos ou industrializados, já é um hábito consolidado

e o consumo do suco de maracujá representa cerca de 25% dentre o total de litros de sucos de frutas integrais industrializados (PINHEIRO *et al.*, 2006).

Resultado do processamento do suco, a casca de maracujá é rica em fibras solúveis, principalmente pectina, que é benéfica ao ser humano (GUERTZENSTEIN, 1998; YAPO; KOFFI, 2006). Ao contrário da fibra insolúvel (contida no farelo dos cereais), que pode interferir na absorção do ferro, a fibra solúvel pode auxiliar na prevenção de doenças cardiovasculares e gastrointestinais, câncer de colón, hiperlipidemias, diabetes e obesidade (SCHWEIZE; WURSCH, 1991; TURANO *et al.*, 2002).

De acordo com Oliveira *et al.* (2002) os subprodutos (cascas e sementes) do processamento do suco do maracujá correspondem a cerca de 70% do peso do fruto, representando um problema de resíduo agroindustrial. A utilização destes subprodutos na alimentação humana ou animal como fonte alimentar de bom valor nutricional mostra-se viável, reduzindo custos e, ao mesmo tempo, diminuindo os problemas de destinação final.

Como alternativa na minimização de resíduos, a casca do maracujá pode passar por um processo de secagem e ser utilizada para extração e obtenção de componentes de interesse e poderia até ser reaproveitada pelos próprios produtores rurais.

López-Vargas *et al.* (2013) estudaram várias características dos coprodutos de maracujá. Ferrari, Colussi e Ayub (2004) realizaram um trabalho de caracterização de sementes da fruta. Kulharni e Vijayanand (2010) e Canteri (2010) estudaram as características da pectina extraída da casca do maracujá. Oliveira *et al.* (2006) estudaram o comportamento higroscópico da sua casca. Vieira *et al.* (2010), propuseram a adição de farinha de casca de maracujá amarelo em bolos. No entanto, há poucos registros em literatura sobre a influência das condições de secagem sobre as características da casca do maracujá. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a cinética de secagem da casca de maracujá e a influência da temperatura na cor, nos compostos fenólicos e na atividade antioxidante.

MATERIAIS E MÉTODOS

Material

Foram utilizadas cascas de frutos adquiridos no comércio local da cidade de Campo Mourão (PR), maduros e sem danos aparentes. O maracujá foi lavado em água corrente e cortado longitudinalmente para remoção da polpa. O corte das cascas foi padronizado através da utilização de um molde retangular com as dimensões de 2,5 por 3,5 cm.

Caracterização das cascas de maracujá

Análise colorimétrica

Os parâmetros de cor das amostras (in natura e secas) foram medidos com um espectrofotômetro de reflectância difusa MiniScan EZ (HunterLab, MSEZ-4000S, USA). O instrumento, com sensor ótico geométrico de esfera, utilizando ângulo de observação de 2°, iluminante principal D75 e escala CIELab. O eixo L* representa a luminosidade, de 0 (preto) a 100 (branco). O parâmetro a* expressa o eixo verde/vermelho (-a*/a*) e b*, o eixo azul/amarelo (-b*/b*). A diferença total de cor (ΔE^*) foi determinada pela Equação 1 (CIE, 1996):

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

Δ = diferença entre cada parâmetro de cor da amostra inicial e a amostra em determinado tempo de processo.

Compostos fenólicos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

Para identificação e quantificação dos compostos fenólicos por cromatografia líquida, os extratos foram preparados a partir da moagem das cascas (in natura e secas) em moinho de facas tipo Willey. Foram tomados 5 g de amostra homogeneizada com ácido ascórbico e adicionados 10 mL de HCl 2 M e 25 mL de metanol, conforme metodologia sugerida por Ribani (2006). Após o refluxo a 90 °C por 6 horas, os extratos foram resfriados e o volume completado a 50 mL com metanol. Então cada amostra foi filtrada primeiramente em peneira e

depois por filtro (PTFE) Millipore de 0,45 µm de diâmetro, antes da análise por CLAE.

Foi utilizado cromatógrafo líquido de alta eficiência Dionex UltiMate 3000 (Dionex, Idstein, Alemanha), controlado pelo Software Chromeleon, equipado com amostrador automático, bomba e detector de arranjo de diodos (UV-VIS) (UltiMate 3000). Foi usada uma coluna de fase reversa Acclaim 120, C18, 120 Å (4,6 x 250 mm, 5 µm). As demais condições experimentais foram: volume de injeção de 5 µL, cinco comprimentos de onda específicos para cada classe de compostos fenólicos e vazão de 1 mL.min⁻¹. Os solventes de grau cromatográfico, água acidificada com ácido fosfórico 1% e metanol, aplicadas de forma gradiente durante a eluição e previamente filtrados em membrana de 0,45 µm de poro antes de serem utilizados. A quantificação de compostos fenólicos foi realizada pela comparação dos tempos de retenção de padrões cromatográficos de ácido gálico, ácido siríngico, ácido cafêico, ácido p-cumárico, ácido ferrúlico, ácido trans-cinâmico, piceatanol, resveratrol, rutina, catequina, miricetina, quercetina e kaempferol. Foi realizada padronização externa a partir de curvas de calibração dos mesmos padrões.

Teor de compostos fenólicos totais

Os extratos também foram avaliados quanto ao teor de compostos fenólicos totais, pelo método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, com resultados expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico por cem gramas de amostra (mg EAG.100 g⁻¹). O método é caracterizado por uma mistura de ácidos fosfotungstíco e fosfomolibdico (coloração amarela) em um meio básico. Os fenóis que estão contidos nas amostras são energeticamente oxidados em meio básico, ocorrendo a formação do O₂⁻, o qual reage com os ácidos formando compostos de coloração verde, com uma absorção intensa perto de 750 nm (SHAHIDI; NACZK, 1995).

No método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965), uma alíquota de aproximadamente 30 µL de extrato diluído é transferida para um tubo de ensaio, com 2370 µL de água destilada e 150 µL do reagente de

Folin-Ciocalteu. O tubo é agitado em vórtex por 10 s. Para o preparo do branco, 30 µL de metanol foram usados ao invés de água destilada. Depois de 2 min, 450 µL de solução de carbonato de sódio (15%, m/v) foram adicionados e a mistura foi homogeneizada em vórtex por 10 s e em seguida incubada por 2 h a temperatura ambiente. A absorbância das amostras foi lida em espectrofotômetro a 765 nm. Uma curva padrão de ácido gálico na faixa de 60 a 600 mg.L⁻¹ (R² = 0.9988) foi usada para quantificação do teor de compostos fenólicos totais e os resultados expressos em mg de equivalente em ácido gálico por 100 g de amostra (mg EAG.100 g⁻¹).

Atividade antioxidante pelo método DPPH●

A atividade antioxidante é caracterizada pela inibição do radical 2,2-difenil-1-picrilidrazila (DPPH●). O teste de redução do DPPH● está baseado na capacidade de reação com doadores de hidrogênio. Quando na presença de substâncias antioxidantes o mesmo recebe H⁺ sendo então reduzido. A capacidade da amostra de reduzir o DPPH●, ou seja, de evitar a sua oxidação, é indicada pela porcentagem de DPPH● restante no sistema. Sendo assim, a porcentagem de DPPH● restante é proporcional à concentração de antioxidante (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995).

O método, com algumas modificações (MENSOR *et al.*, 2001), consistiu na adição de 1 mL de solução metanólica de DPPH● (0,3 mmol.L⁻¹) a 2,5 mL de extrato adequadamente diluído. A mistura é agitada em vórtex por 10 s. O branco é preparado com 2,5 mL de cada extrato e 1 mL de metanol. Depois da reação por 30 min a temperatura ambiente, a absorbância foi lida a 518 nm e os resultados comparados com uma curva de calibração de trolox na faixa de 10 a 60 µmol.L⁻¹ (R² = 0.9986) e expressos em micromolar de equivalente de trolox por grama de amostra (µM ET.g⁻¹).

Secagem

Para a realização da secagem da casca de maracujá, foi utilizada uma estufa de secagem (Cienlab) com circulação forçada de ar (2 m.s⁻¹). Os experimentos de secagem foram realizados

em duplicata, a 4 temperaturas diferentes (60, 70, 80 e 90 °C).

As cascas, distribuídas sobre bandejas de maneira uniforme, foram posicionadas dentro da estufa lado a lado e de forma que a maior área da bandeja ficasse exposta ao fluxo de ar.

Durante os primeiros 30 min de secagem, a massa do conjunto (bandeja e amostra) foi medida a cada 5 min. Foi realizada também a medida da cor (em triplicata) nesses intervalos.

A partir dos 30 min, foram realizadas medidas a cada 10 min, a partir de 1 h a cada 20 min e a partir de 2 horas a cada 30 min até não haver variação significativa (massa constante).

Atingido o equilíbrio, as amostras foram resfriadas a temperatura ambiente e recolhidas em embalagens identificadas para determinação do teor de compostos fenólicos.

Modelagem da cinética de secagem

A variação da umidade ao longo do processo foi representada pelos modelos matemáticos de Henderson-Pabis, Page e Newton, conforme Reis (2011) (Tabela 1). O autor justifica o uso dos modelos devido ao comportamento exponencial das cinéticas de secagem.

Tabela 1 – Modelos matemáticos utilizados para ajustar os dados de secagem da casca de maracujá

Modelo	Equação
Henderson-Pabis	$MR = a \exp(-bt)$
Page	$MR = \exp(-ct^n)$
Newton	$MR = \exp(-dt)$

Onde:

MR = razão entre as umidades (adimensional);

a, b, c, d, n = constantes das equações;

t = tempo (min).

Para verificar a qualidade do ajuste de cada modelo matemático, foi realizada análise de regressão não-linear, através do método de Gauss-Newton, utilizando o programa computacional STATISTICA 7.0. A seleção dos modelos ocorreu de acordo com o coeficiente de determinação (R^2), do erro percentual (P)

representado pela Equação 2, calculado conforme definido a seguir:

$$P(\%) = \frac{100}{N} \sum \left(\frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \right) \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

Y e \hat{Y} são os valores de umidade de equilíbrio experimental e calculados pelo modelo, respectivamente, N é o número de dados experimentais. Um modelo é considerado aceitável se o valor de P for menor que 10% e se apresentar alto valor de R^2 (LEWICKI, 2008).

Análise Estatística

Além da verificação dos parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos, as demais análises foram realizadas em triplicata, sendo os resultados obtidos submetidos à análise de variância (ANOVA) e a diferença estatística das médias ao teste de Tukey (nível de 5% de significância), utilizando-se o programa computacional STATISTICA 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cinética de secagem

Os dados experimentais sugerem que o processo apresentou, em todas as condições de temperatura estudadas, comportamento semelhante, uniforme e contínuo. A principal diferença verificada foi com relação ao aumento no tempo de secagem com a diminuição da temperatura. A umidade de equilíbrio do produto foi atingida aos 240 minutos para secagem a 90 °C, 300 minutos para 80 °C, 390 minutos para 70 °C e 360 minutos para 60 °C. Apesar da espessura da casca ter sido desconsiderada no presente trabalho, acredita-se esse parâmetro possa ter influenciado o tempo de equilíbrio verificado nas duas temperaturas mais baixas.

Ferreira e Pena (2010), ao secarem casca de maracujá (cubos de 0,5 cm de aresta) atingiram massa constante aos 600, 530 e 475 minutos nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C, respectivamente.

No trabalho de Monteiro *et al.* (2010), cascas de maracujá em metades foram desidratadas em

secador de bandejas com circulação forçada de ar a 56 °C. Os autores relataram que o equilíbrio de umidade foi atingido aos 180 minutos de experimento.

Na Tabela 2 são mostrados os parâmetros dos modelos utilizados para ajustar os dados de secagem para a casca de maracujá em diferentes temperaturas.

Todos os modelos selecionados mostraram bom ajuste (P menor que 10%, variando de 0,2875 a 3,7616 e distribuição sistemática dos resíduos). Os valores de R^2 variaram de 0,982 a 0,998, sendo a melhor condição experimental verificada para a secagem a 90 °C pelo modelo de Page. O mesmo modelo apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais em todas as temperaturas estudadas e o comportamento pode ser justificado pelo maior número de parâmetros da equação e à incorporação do parâmetro n na forma exponencial.

Reis (2011), ao estudar a secagem à vácuo de fatias de yacon, também verificou que o modelo

de Page foi o que melhor representou os dados experimentais.

Vega-Gálvez *et al.* (2008) encontrou o melhor ajuste com o modelo de Page Modificado na representação da secagem de fatias de maçã a temperaturas variando de 40 a 80 °C. Chowdhury, Bala e Haque (2011) também verificaram que o modelo de Page Modificado, seguido pelo modelo de Page, apresentou os melhores resultados no ajuste dos dados experimentais da secagem de casca de jaca, de 40 a 70 °C. Na equação de Page Modificado, o parâmetro k também aparece com o n na forma exponencial.

Na Figura 1 é apresentada a cinética de secagem ajustada pelo modelo de Page para cada temperatura estudada. Pode-se afirmar que a tendência à taxa constante de secagem tem início em torno dos 100 minutos de processo para a temperatura de 90 °C, aos 130 minutos para a temperatura de 80 °C e em torno dos 150 minutos para as temperaturas de 70 e 60 °C.

Tabela 2- Parâmetros calculados, R^2 e P (%) para ajuste dos dados de secagem de casca de maracujá com modelos matemáticos selecionados a diferentes temperaturas.

Modelo	90 °C			
	Parâmetro	R^2	P (%)	Distribuição dos resíduos
Henderson-Pabis	$a = 1,0497$ $b = 0,013$	0,986	0,2875	Sistemática
Page	$c = 0,003996$ $n = 1,269$	0,998	0,8037	Sistemática
Newton	$d = 0,0127$	0,982	3,7616	Sistemática
80 °C				
Modelo	Parâmetro	R^2	P (%)	Distribuição dos resíduos
Henderson-Pabis	$a = 1,0413$ $b = 0,010$	0,991	2,1303	Sistemática
Page	$c = 0,004159$ $n = 1,194$	0,996	0,7947	Sistemática
Newton	$d = 0,0100$	0,987	2,848	Sistemática
70 °C				
Modelo	Parâmetro	R^2	P (%)	Distribuição dos resíduos
Henderson-Pabis	$a = 1,032$ $b = 0,007$	0,992	2,099	Sistemática
Page	$c = 0,002980$ $n = 1,165$	0,996	0,919	Sistemática
Newton	$d = 0,0067$	0,989	2,678	Sistemática
60 °C				
Modelo	Parâmetro	R^2	P (%)	Distribuição dos resíduos
Henderson-Pabis	$a = 1,0273$ $b = 0,008$	0,993	1,948	Sistemática
Page	$c = 0,004094$ $n = 1,144$	0,996	0,962	Sistemática
Newton	$d = 0,0106$	0,985	2,369	Sistemática

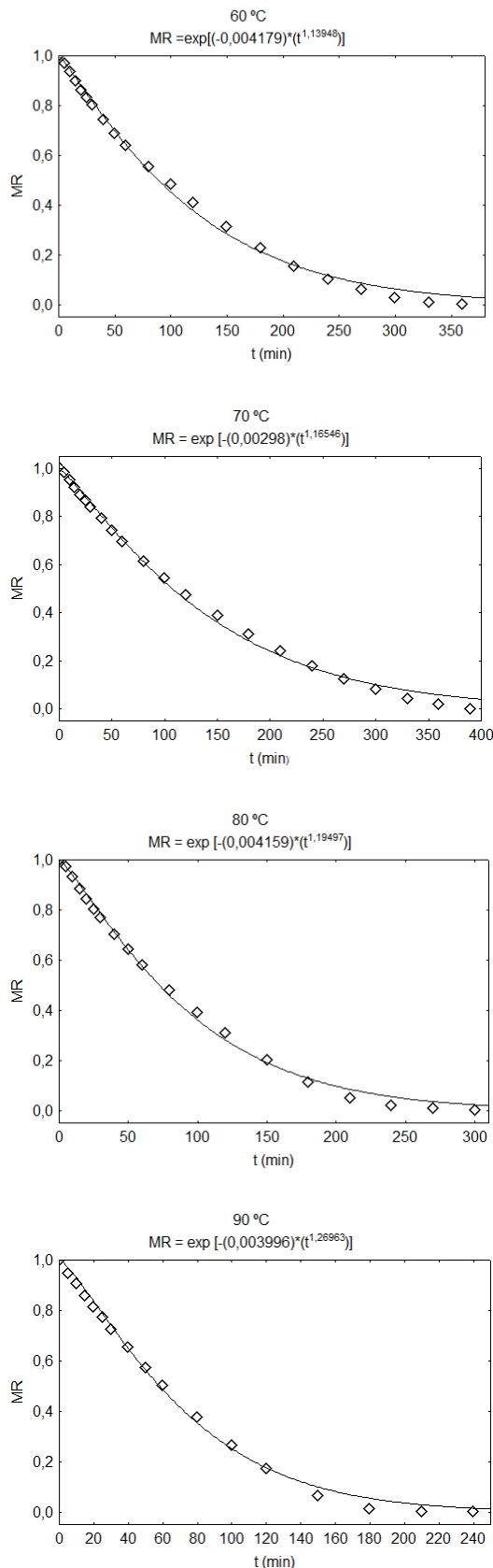


Figura 1 – Cinética de secagem de casca de maracujá ajustada pelo modelo de Page em diferentes temperaturas.

Variação da cor com o processo de secagem

Na Figura 2 é apresentada a variação total de cor da casca de maracujá ao longo do processo de secagem. Foi verificada uma maior variação da cor original da casca com o aumento da temperatura de secagem em ambas as partes (externa e interna). Entretanto, abaixo de 70 °C não foi verificada diferença significativa (ao nível de 5% no teste de Tukey) entre as médias de variação total de cor.

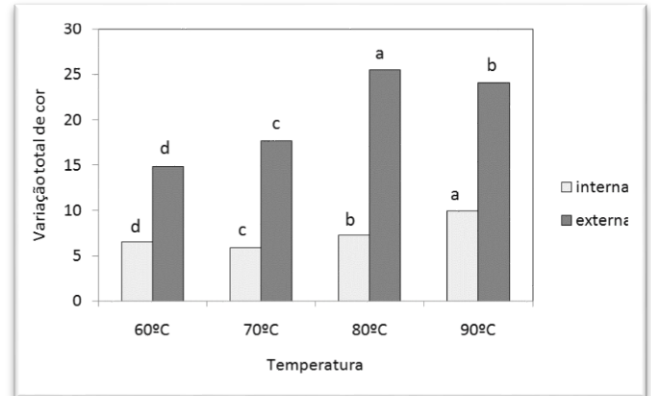


Figura 2 - Variação total de cor na secagem da casca de maracujá em diferentes temperaturas. Nota: Letras diferentes nas colunas de mesma cor indicam diferença significativa ao nível de 5% no teste de Tukey.

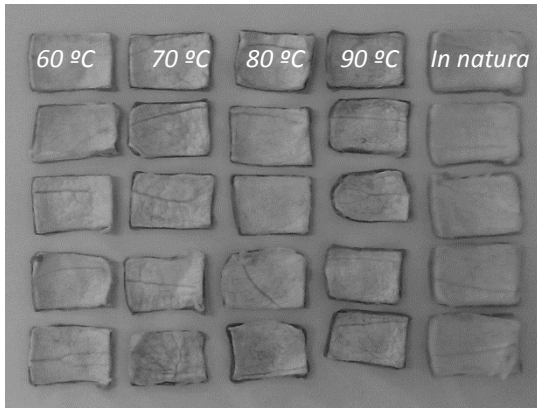
Se os parâmetros de cor forem analisados isoladamente, em todas as condições de secagem utilizadas, observa-se uma diminuição da luminosidade das amostras com o processo, caracterizada pelo escurecimento da casca. Ferreira e Pena (2010), atribuem o escurecimento da casca de maracujá ao tempo da secagem combinado com a temperatura e a presença de açúcares e proteínas na amostra, favorecendo a ocorrência da reação de Maillard. Entretanto, estes autores basearam-se somente em avaliação visual do produto.

Temperaturas mais altas, mesmo associadas a tempos menores de secagem, proporcionaram um maior encolhimento da amostra, como pôde ser observado visualmente (Figura 3).

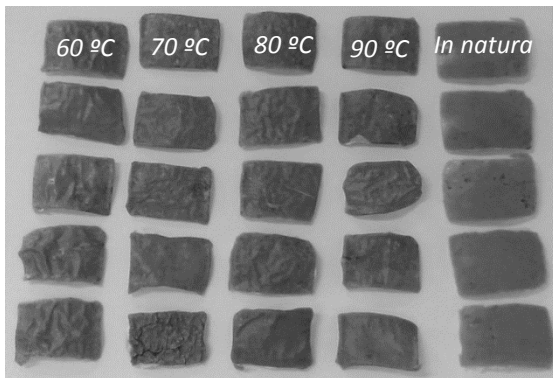
Compostos fenólicos e atividade antioxidante

A análise por cromatografia líquida dos extratos das amostras proporcionou a separação de alguns picos que puderam ser caracterizados como compostos fenólicos, devido a

comparação dos seus respectivos espectros e comprimentos de onda característicos desta classe investigada. Porém, nenhum dos picos separados foi identificado através da comparação com os padrões disponíveis, descritos no item "Compostos Fenólicos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência".



Parte interna da casca



Parte externa da casca

Figura 3 – Aspecto visual da casca de maracujá em diferentes temperaturas de secagem.

A partir de então, optou-se pela quantificação do teor de compostos fenólicos totais nos extratos já obtidos. Na Tabela 3 são apresentados os teores de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das amostras referentes aos tratamentos empregados.

Ao serem comparadas as amostras *in natura* com as desidratadas, verifica-se que, em ambos os testes, ocorreu uma redução significativa do teor de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante da ordem de aproximadamente 70%, em média.

Foi verificado um ligeiro aumento do teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das amostras com o aumento da temperatura de secagem, de 60 para 70 °C. Com exceção da temperatura de 60 °C, foi verificada uma correlação ($R^2 = 0,9974$) entre os compostos fenólicos e atividade antioxidante. Entre 70 e 90 °C, embora as médias de atividade antioxidante tenham sido semelhantes, houve uma diminuição deste parâmetro com o aumento da temperatura e do teor de compostos fenólicos totais. Apesar de não totalmente significativo, acredita-se que o tempo de processamento das cascas possa ter sido mais relevante do que a diferença de temperaturas às quais elas foram expostas.

Os compostos fenólicos estão presentes nos vegetais na forma livre ou glicosilados (ligados a açúcares), esterificados (ligados a ésteres), amidados (ligados a amidos) ou hidroxilados (ligados a hidroxilas). Essas formas que dão as suas características distintas (TSAO; DENG, 2004; HASSIMOTO; GENOVESE; LAJOLO, 2005).

Tabela 3 – Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante por DPPH de casca de maracujá *in natura* e seca em diferentes temperaturas.

Tratamentos	Fenólicos totais (mg Eq.AG.100 g ⁻¹)		
	Média (base seca)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
<i>in natura</i>	2105,25 ^a	36,02	1,71
60	532,97 ^c	54,33	10,19
70	543,99 ^{bc}	66,17	12,16
80	638,73 ^{bc}	60,17	9,42
90	686,48 ^b	62,36	9,08
Tratamentos	Atividade antioxidante (µM ET.g ⁻¹)		
	Média (base seca)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
<i>in natura</i>	192,41 ^a	5,97	3,10
60	41,01 ^b	1,21	2,97
70	73,90 ^c	2,85	3,85
80	70,07 ^c	1,310	1,87
90	67,72 ^c	0,91	1,35

NOTA: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

São encontrados nas plantas principalmente dentro dos vacúolos, na forma conjugada como glicosídeos, com pelo menos oito monossacarídeos diferentes ou combinações que podem estar ligados aos diferentes grupos hidroxilas do composto fenólico (RIBANI, 2006).

Ainda conforme Ribani (2006), dependendo do tipo de açúcar ligado, muitos parâmetros podem influenciar na eficiência da extração do composto e consequentemente a sua identificação e determinação. O tempo e a temperatura as quais o tecido vegetal é exposto podem influenciar a degradação ou hidrólise do glicosídeo ligado ao composto fenólico, influenciando a sua quantificação. Acredita-se que as temperaturas mais baixas possam não ter favorecido a hidrólise completa do glicosídeo, resultando em valores mais baixos de compostos fenólicos totais.

CONCLUSÃO

A temperatura influenciou cinética de secagem da casca de maracujá. O tempo necessário para atingir o equilíbrio foi de 240 minutos para a maior temperatura estudada (90 °C) e de 360 minutos para o tratamento mais brando (60 °C).

O modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais em todas as temperaturas estudadas e os melhores resultados foram verificados na temperatura de 90 °C.

A temperatura influenciou a qualidade da casca de maracujá durante o processo de secagem, refletindo em diferentes teores de compostos fenólicos totais, na atividade antioxidante e significativamente na variação de cor das amostras avaliadas.

Apesar de ter sido constatado melhor ajuste dos dados experimentais dos modelos testados a 90 °C, na temperatura de 60 °C as cascas mantiveram as características de cor mais próximas às das amostras originais.

Os resultados obtidos podem servir como parâmetro para processamento do resíduo da produção de polpa de frutas, diminuindo o desperdício de materiais que ainda apresentam potencial de exploração.

REFERÊNCIAS

- BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Leb Wissenschaft und Technik*, 28, 25-30, 1995.
- CANTERI, M. H. C. Caracterização comparativa entre pectinas extraídas do pericarpo de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). 2010. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- CHOWDHURY, M. M. I.; BALA, B.K.; HAQUE, M.A. Mathematical modeling of thin-layer drying of jackfruit leather. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, 797-805, 2011.
- CIE. CIE Publications. 15.2. CIE, Viena, Áustria, 1986.
- FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá- aproveitamento das sementes. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 101-102, Abril 2004.
- FERREIRA, M. F. P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.12, n.1, p.15-28, 2010.
- GUERTZENSTEIN, S. M. J. Uso da casca de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Deg) cv. amarelo com fonte de fibra solúvel na alimentação de ratos diabéticos. 1998. Dissertação (Mestrado em Nutrição), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.
- KULKARNI, S. G.; VIJAYANAND, P. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* L.) *Leb Wissenschaft und Technik*, 43, 2010, 1026-1031.
- LEWICKI, P. P. Data and Models of Water Activity. II: Solid Foods. CRC Press, Boca Raton, 2008.
- LÓPEZ-VARGAS, J. H. FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var.

- flavicarpa) co-products. Food Research International, 51, 756-763, 2013.
- MENSOR, L. L.; MENEZES, F. S.; LEITÃO, G. G.; REIS, A. S.; SANTOS, T. C. D.; COUBE, C. S.; LEITÃO, S. G. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. Phytotherapy Research, v. 15, n. 2, p. 127-130, 2001.
- MONTEIRO, L. B.; MENDONÇA, M. R.; ANDRADE, A. T.; CAMARGO, T.; SOUSA, K. M.; OI, R.; MORAES, M. S.; LIA, L. R. B.; MORAES JUNIOR, D. Curva de secagem do mesocarpo do maracujá amarelo. Revista Ceciliana, Jun, v. 2, n. 1, p. 42-44, 2010.
- OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S. V.; RIBEIRO, P. C. N.; RUBACK, V. R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa) para produção de doce em calda. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 22, p. 259-262, 2002.
- OLIVEIRA, M. M.; CAMPOS, A. R. N.; DANTAS, J. P.; GOMES, J. P.; SILVA, F. L. H. Isotermas de dessecamento da casca do maracujá (*Passiflora edulis* Sims): determinação experimental e avaliação de modelos matemáticos. Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.5, p.1624-1629, 2006.
- PINHEIRO, A. M.; FERNANDES, A. G.; FAI, A. E. C.; DO PRADO, G. M.; DE SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A. Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. Ciência e Tecnologia de Alimentos, n. 26, p. 98-103, 2006.
- REIS, F. R. Secagem á vácuo de yacon: influência das condições de processo sobre parâmetros de qualidade e cinética de secagem. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- RIBANI R. H. Compostos fenólicos em erva-mate e frutas. 2006. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- SCHWEIZER, T. F.; WURSCH, P. The physiological and nutritional importance of dietary fiber. Experientia, n. 47, p. 181-186, 1991.
- SHAHIDI, F.; NACZK, M. Methods of analysis and quantification of phenolic compounds. In: Food Phenolic: Sources, Chemistry, Effects and Applications. Shahidi, F., Naczk, M. (Eds.). Lancaster: Technomic Publishing Company, p. 287-293, 1995.
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phospho-tungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic. v. 16, p. 144-158, 1965.
- TURANO, W.; LOUZADA, S. R. N.; DEREVI, S. C. N.; MENDEZ, M. H. M. Estimativa de consumo diário de fibra alimentar na população adulta, em regiões metropolitanas do Brasil. Nutr. Bras. n. 3, 130-135, 2002.
- VEGA-GÁLVEZ, A.; MIRANDA, M.; BILBAO-SÁINZ, C.; URIBE, E.; LEMUS-MONDACA, R. Empirical modeling of drying process for apple (cv. granny smith) slices at different air temperatures. Journal of Food Processing and Preservation, n. 32, 972-986, 2008.
- VIEIRA, C. F. S.; MARTINS, G. A. S.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S.; REGES, I. S. Utilização de farinha de casca de maracujá amarelo em bolo. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 6, n. 11, 2010.
- YAPO, B. D.; KOFFI, K. L. K. Yellow passion fruit rind a potential source of low-methoxyl pectin. J Agric Food Chem. n. 54, p. 2738-2744, 2006.
- ZERAIK, M. L.; PEREIRA, C. A. M.; ZUIN, V. G.; YARIWAKE, J. H. Maracujá: um alimento funcional? Rev. bras. farmacogn. [online], v. 20, n. 3, p. 459-471, 2010.