



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
02 a 04 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-135-6

DESIDRATAÇÃO DE POLPA DE MANGA EM SECADOR DE CILINDRO ROTATIVO (*DRUM DRYING*): TIPOS DE COADJUVANTES, VARIÁVEIS DE PROCESSO E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FLOCOS

Vinicius de Santana **Nery**¹; Isabela Portelinha **Tonin**², Cristhiane Caroline **Ferrari**³, Elaine de Cássia Guerreiro **Souza**⁴, Sílvia Pimentel Marconi **Germer**⁵

Nº 16245

RESUMO – O objetivo do estudo foi avaliar a influência das variáveis tempo e temperatura de processo no drum drying de manga, em termos de propriedades físico-químicas dos flocos. Os ensaios de secagem foram realizados em secador de cilindro rotativo (cilindro de aquecimento único com 0,5 m²). Empregou-se polpa de manga comercial (~15°Brix) e os coadjuvantes amido regular (3%) e monoestearato de glicerila (0,5%), em base seca, de acordo com estudo preliminar. O delineamento empregado foi o Central Composto Rotacional, embasado na Metodologia de Superfície de Resposta. A temperatura de processo variou de 120 a 150°C, e o tempo de residência de 10 a 40 segundos. Avaliaram-se a qualidade dos flocos através de análises de teor de umidade, atividade de água, cor e cor da polpa reconstituída. Foram obtidos modelos de superfície de resposta para o teor de umidade dos flocos e parâmetros de cor da polpa reconstituída ($0,72 \leq R^2 \leq 0,96$). Observou-se que a combinação de maiores temperaturas (>135°C) e maiores tempos de residência (>25 s) resultou em flocos com umidades menores (~1%), porém produtos com maior diferença de cor com relação à polpa integral. Mesma tendência foi observada nos parâmetros de cor dos flocos. As alterações de cor podem ser atribuídas ao escurecimento não enzimático e à degradação de carotenoides. O estudo revelou que as melhores condições de processo no drum drying de polpa de manga, em termos das propriedades avaliadas são: tempo de residência entre 10 a 25 segundos, e temperatura entre 120 a 135°C.

Palavras-chaves: desidratação, superfície de resposta, tempo de residência, temperatura de processo, cor, polpa reconstituída.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIT): Graduação em Engenharia de Alimentos, FEA/UNICAMP, Campinas-SP; v.nery8@gmail.com.

2 Colaborador: Aluno de Mestrado do ITAL, Campinas-SP.

3 Colaborador: Pesquisador do ITAL, Campinas-SP.

4 Colaborador: Técnica do FRUTHOTEC/ ITAL, Campinas-SP.

5 Orientador: Pesquisadora do ITAL, Campinas-SP; sgermer@ital.sp.gov.br.



ABSTRACT - The objective of the study was to evaluate the influence of variables time and process temperature in the mango drum drying in terms of physicochemical properties of the flakes. The drying tests were carried out in a rotary dryer cylinder (single heating cylinder with 0.5 m²). It was used a commercial mango pulp (~ 15 °Brix), a regular starch (3%) and glyceryl monostearate (0.5%) on a dry basis, according to a preliminary study. The experimental design was the Central Composite Rotational, based on Response Surface Methodology. The process temperature varied from 120 to 150 °C and the residence time from 10 to 40 seconds. The quality of the flakes was evaluated through the following analyses: moisture content, water activity, color, and color of the reconstituted pulp. Response surface models were obtained for the moisture content of the flakes and color parameters of the reconstituted pulp ($0.72 \leq R^2 \leq 0.96$). It was observed that the combination of higher temperatures (> 135 °C) and higher residence time (> 25 seconds) resulted in flakes with lower moisture contents (~ 1%), but products with higher color difference compared to fresh pulp. The same trend was observed in the color parameters of the flakes. The color changes can be attributed to non-enzymatic browning and degradation of carotenoids. The study revealed that the best process conditions of mango pulp drum drying in terms of the properties evaluated are: residence time from 10 to 25 seconds and the temperature from 120 to 135 °C.

Key-words: dehydration, response surface, residence time, process temperature, color, reconstituted pulp.

1 INTRODUÇÃO

A manga é um dos itens mais importante da fruticultura brasileira, sendo que o país produziu mais de 1 milhão de toneladas em 2013 (IBGE, 2013). A fruta possui altos teores de compostos fenólicos e carotenoides, bem como alta atividade antioxidante. As polpas de frutas desidratadas na forma de pó/flocos têm sido demandadas para aplicação como ingredientes em novos produtos, conferindo naturalidade e saudabilidade aos mesmos. Uma alternativa para obtenção desse produto é a secagem de polpas de frutas em secador de cilindro rotativo (*drum dryer*). A principal característica deste processo é a obtenção de produtos mais concentrados nos compostos naturais da fruta devido ao menor uso de coadjuvantes de processo. Segundo Despain (2013), no geral, o *drum drying* é rentável, mais flexível que outros processos, envolvendo custos menores de produção, e podendo resultar em razoável manutenção do sabor e do aroma da matéria-prima.



Em uma primeira etapa do presente estudo, foi avaliado o emprego de diferentes tipos de coadjuvantes no *drum drying* de manga: amido de milho, maltodextrina 10 e 20DE, monoestearato de glicerila. O melhor resultado, em termos de rendimento de secagem e retenção de nutrientes, foi obtido com o uso de 3% de amido regular de 0,5% de monoestearato de glicerila, determinados sobre a massa de sólidos totais da polpa (base seca) (GERMER et al., 2016).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência das variáveis tempo de residência e temperatura de processo no *drum drying* de manga, empregando-se os coadjuvantes preliminarmente estabelecidos, em termos de algumas propriedades físico-químicas dos flocos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Empregou-se polpa de manga integral congelada (P) (DeMarchi, Brasil), (~15 °Brix), amido de milho (Amisol 3408 – Ingredion, Brasil) e monoestearato de glicerila (MSG) (Synth, Brasil).

Para os ensaios de secagem, empregou-se o secador de cilindro rotativo piloto (Richard Simon & Sons, D139, Inglaterra), provido de cilindro único, com aquecimento indireto por vapor saturado, e um cilindro aplicador, com área total de secagem de aproximadamente 0,5 m². De acordo com estudo preliminar, empregaram-se os seguintes coadjuvantes de processo, nas respectivas concentrações (base seca): amido de milho (Amisol 3408 – Ingredion, Brasil) (3 %), monoestearato de glicerila (MSG) (Synth, Brasil) (0,5%). A polpa descongelada foi acrescida dos coadjuvantes e homogeneizada em moinho coloidal (Meteor, REX 2-AL, Brasil) (~25°C).

Na etapa inicial do estudo, verificou-se que as principais variáveis de processo no *drum drying* de manga são a temperatura da superfície do cilindro, ou seja, a temperatura do vapor saturado, e o tempo de residência, ou seja, o tempo em que a polpa efetivamente fica em contato com a área de secagem. Definiu-se, então, o planejamento experimental para o presente estudo, a partir do delineamento central composto rotacional (CCR), embasado na Metodologia de Superfície de Resposta (BARROS NETO; SCARMINO; BRUNS, 1995), tendo por fatores, o tempo de residência e temperatura de processo (4 pontos+4 pontos centrais+4 pontos axiais) (Tabela 1).



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
02 a 04 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-135-6

Tabela 1. Níveis codificados e decodificados das variáveis do planejamento experimental do *drum drying* de polpa de manga.

Ensaio	Tempo de residência (t)	Temperatura (T)	Tempo de residência (segundos)	Temperatura (°C)
1	-1	-1	14	124
2	1	-1	36	124
3	-1	1	14	146
4	1	1	36	146
5	0	0	25	135
6	0	0	25	135
7	0	0	25	135
8	0	0	25	135
9	-1,41	0	9,44	135
10	0	1,41	25	150,6
11	1,41	0	40,6	135
12	0	-1,41	25	119,4

Para os ensaios de *drum drying*, fixaram-se as seguintes variáveis de processo: espaçamento entre cilindros, que foi de 0,15 mm; e o nível de piscina (volume sobre o cilindro aquecido e o cilindro aplicador), que foi de 10 mm (\pm 400 mL). Após o *drum drying*, o produto seco obtido na forma de filme foi floculado em floculador (Fabbe, modelo S508, Brasil), empregando-se peneira com abertura de 2,5 mm.

As respostas avaliadas foram o teor de umidade e a atividade de água dos flocos, bem como a cor instrumental dos flocos e da polpa reconstituída.

A polpa reconstituída foi obtida misturando-se, em um triturador Turratec (Tecnal, TE-102, Brasil), os flocos de manga com água destilada, em quantidades calculadas por balanço de massa, tendo por base o teor de sólidos totais da polpa pura.

O teor de umidade foi determinado por gravimetria em estufa a vácuo a 70°C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008), e a atividade de água determinada em higrômetro (Aqualab-3TE, Decagon Devices, EUA) a 25°C.

A análise de cor foi realizada por leitura direta no instrumento colorímetro (Konica-Minolta Sensing Inc., Chromameter CR-400, Japão), programado no sistema CIELAB. Os parâmetros avaliados foram L* (Luminosidade), a* (+a*=vermelho e -a*=verde) e b* (+b*=amarelo e -b*=azul). Foram calculados ângulo de tom (Hue) e diferença de cor da matéria-prima (ΔE) a partir das Equações 1 e 2.

$$H = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (1)$$

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta a^*)^2)^{1/2} \quad (2)$$



As médias das propriedades determinadas experimentalmente foram tratadas a partir de análises de regressão múltipla, para a obtenção de superfícies de resposta, empregando-se o Programa STATISTICA versão 8.0 (Statsoft, Inc.). Eliminaram-se os termos não significativos do modelo obtido, considerando as regressões com R^2 superior a 0,70 e F calculado (F_c) superior ao F tabelado (F_{tab}), no nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$).

As médias das propriedades obtidas experimentalmente, e não ajustadas ao modelo de superfície de resposta, foram avaliadas por análise de variância (ANOVA), no nível 5% de significância ($p \leq 0,05$), empregando-se o teste de Tukey, pelo programa estatístico Statistical Analysis Software (SAS) versão 9.4 (SAS Institute Inc., EUA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das regressões múltiplas consideradas válidas, e a Figura 1 apresenta as curvas de contorno das superfícies de resposta obtidas.

Tabela 2. Resultados das análises de regressão múltipla das variações do teor de umidade (U) dos flocos de manga e dos parâmetros a^* , Hue e ΔE referentes à cor das polpas reconstituídas.

Propriedade	R^2	F_c	F_{tab}	Equação da Superfície de Resposta	Número
Umidade	0,96	47,05	4,12	$U = 1,271 - 0,443t + 0,427t^2 - 1,389T + 0,590T^2$	(3)
a^*	0,73	11,96	4,26	$a^* = 3,567 + 0,407t + 0,826T$	(4)
Hue	0,76	14,58	4,26	$Hue = 84,419 - 0,941t - 1,523T$	(5)
ΔE	0,72	6,95	4,07	$\Delta E = 4,048 + 2,136t + 1,696T + 1,895Tt$	(6)

F_c = F calculado; F_{tab} = F tabelado ($p \leq 0,05$);

R^2 = coeficiente de determinação;

T = temperatura codificada; t = tempo codificado.

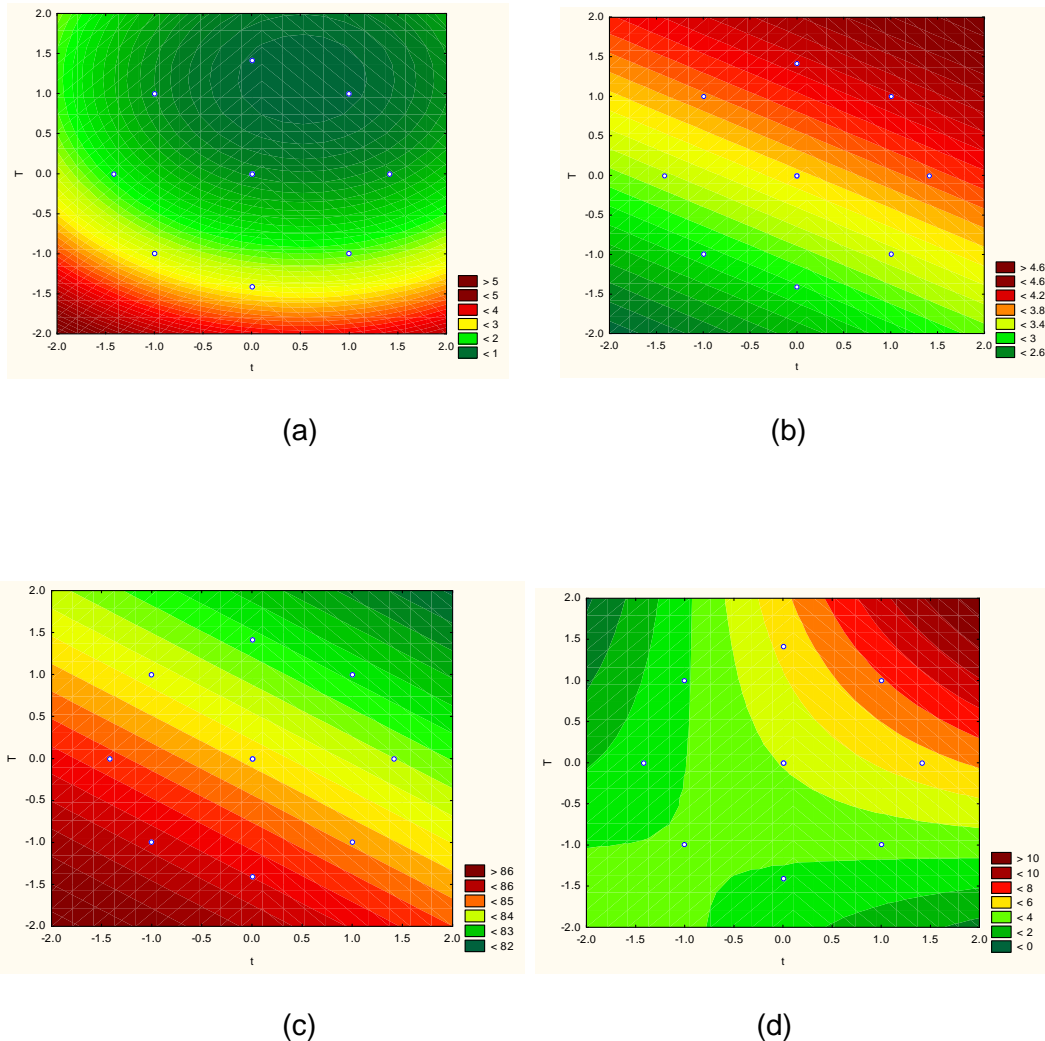


Figura 1. Curvas de contorno das superfícies de resposta obtidas: (a) teor de umidade dos flocos (%); (b) parâmetro a^* de cor; (c) ângulo de tom (Hue) e (d) diferença de cor das polpas reconstituídas (ΔE).

Verifica-se na Tabela 1, que a Equação 3, referente ao teor de umidade dos flocos, é um modelo quadrático, e tem forte influência do tempo e da temperatura. Observa-se que a temperatura exerce maior efeito na resposta, uma vez que o termo quadrático desta variável possui o coeficiente maior. Conforme esperado, observa-se na Figura 1a, que a região ótima de secagem, com menores valores de teor de umidade, está na região de maiores temperaturas e tempos de residência, representada pelo círculo verde escuro.

Quanto ao parâmetro de cor a^* (vermelho) da polpa reconstituída, observa-se que a Equação 4 descreve um modelo linear de variação com a temperatura e tempo de processo, sendo que o primeiro fator é preponderante. Observa-se, na Figura 1b, que quanto maior o tempo e a temperatura de processo, maior é o valor do parâmetro a^* , ou seja, mais avermelhado é o produto.



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
02 a 04 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-135-6

O desenvolvimento de cor vermelha na secagem pode estar relacionado ao escurecimento não enzimático, ou seja, ao desenvolvimento da reação de Maillard.

Com relação ao ângulo de tom, ou Hue, a Equação 5 mostra que o modelo obtido é linear, com efeito maior da temperatura de processo. Hue igual 90° representa a cor amarela pura, e valor igual a 0°, representa o vermelho puro. Observa-se na Figura 1c que valores menores de tempo e de temperatura resultam em polpas reconstituídas mais amareladas, com Hue mais próximo de 90°. Por outro lado, tempos e temperaturas maiores resultam em polpas reconstituídas mais avermelhadas, com Hue mais afastado de 90°, provavelmente em função do escurecimento não enzimático.

Por sua vez, o modelo obtido para a diferença de cor (ΔE), Equação 6 (Tabela 1), apresenta tanto os termos lineares de cada variável, como também o termo combinado das mesmas. Na Figura 1d verifica-se que os tempos e temperaturas menores resultam em menor diferença de cor, com relação à polpa integral. Por outro lado, maiores tempos e temperaturas de processo resultam em maior alteração da cor, possivelmente em função do escurecimento não enzimático, conforme já discutido para os outros parâmetros de cor.

A Figura 2 mostra as fotos das polpas reconstituídas obtidas nos diferentes tratamentos. Observa-se, que comparada à polpa integral, as cores das polpas reconstituídas são mais escuras no geral. No entanto, dentre as polpas reconstituídas, as polpas 9 e 12, se destacam, com coloração mais clara.

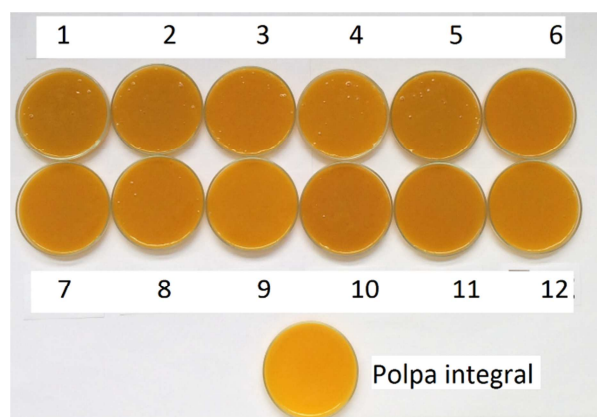


Figura 2. Foto das polpas reconstituídas dos diferentes tratamentos e da polpa integral.



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
02 a 04 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-135-6

Por outro lado, quanto aos parâmetros de cor dos flocos, os mesmos não obtiveram bons ajustes ao modelo de superfície de resposta, e os valores experimentais médios estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 3. Parâmetros de cor dos flocos de manga obtidos por *drum drying*.

Ensaio	Cor dos flocos				
	L*	a*	b*	Croma	Hue
1	52,93 ± 2,52 ^c	13,40 ± 1,06 ^{abcd}	68,72 ± 3,98 ^{abc}	70,01 ± 4,09 ^{abc}	78,98 ± 0,41 ^{bc}
2	58,84 ± 0,85 ^{ab}	12,87 ± 0,28 ^{cde}	70,02 ± 1,23 ^{ab}	71,19 ± 1,23 ^{ab}	79,58 ± 0,22 ^a
3	58,50 ± 1,75 ^{ab}	12,21 ± 0,39 ^e	68,46 ± 1,18 ^{abc}	69,54 ± 1,21 ^{abc}	79,89 ± 0,24 ^a
4	56,50 ± 1,23 ^b	14,09 ± 0,36 ^a	66,33 ± 1,09 ^c	67,81 ± 1,09 ^c	78,01 ± 0,30 ^e
5	59,26 ± 0,89 ^a	13,61 ± 0,46 ^{abc}	70,61 ± 1,25 ^a	71,91 ± 1,28 ^a	79,09 ± 0,27 ^{bc}
6	56,65 ± 2,58 ^b	12,69 ± 0,36 ^{de}	69,05 ± 1,00 ^{abc}	70,21 ± 1,02 ^{abc}	79,59 ± 0,25 ^a
7	57,36 ± 1,73 ^{ab}	13,25 ± 0,45 ^{bcd}	67,18 ± 2,16 ^{bc}	68,48 ± 2,20 ^{bc}	78,84 ± 0,17 ^c
8	57,75 ± 1,30 ^{ab}	13,79 ± 0,47 ^{ab}	69,19 ± 1,90 ^{ab}	70,55 ± 1,92 ^{abc}	78,73 ± 0,30 ^{cd}
9	58,18 ± 1,10 ^{ab}	13,42 ± 0,43 ^{abcd}	69,09 ± 1,30 ^{abc}	70,38 ± 1,31 ^{abc}	79,00 ± 0,33 ^{bc}
10	58,28 ± 1,85 ^{ab}	13,97 ± 0,60 ^{ab}	67,87 ± 2,50 ^{abc}	69,29 ± 2,53 ^{abc}	78,36 ± 0,39 ^{de}
11	59,14 ± 1,29 ^a	12,76 ± 0,52 ^{de}	68,45 ± 1,79 ^{abc}	69,63 ± 1,81 ^{abc}	79,44 ± 0,38 ^{ab}
12	56,52 ± 0,84 ^b	12,40 ± 0,59 ^e	67,43 ± 1,39 ^{bc}	68,56 ± 1,44 ^{bc}	79,58 ± 0,37 ^a

Os resultados médios de atividade de água dos flocos apresentaram pouca diferença entre os tratamentos, e resultaram em média de $0,308 \pm 0,032$. Pode-se observar, na Tabela 2, que com a exceção do ensaio 1, praticamente não há diferença significativa do parâmetro L* entre os tratamentos ($p > 0,05$). Ao contrário do esperado, o produto do ensaio 1, realizado na menor combinação das variáveis tempo e temperatura (-1,-1), resultou num menor valor de L*, mais escuro. Possivelmente isto ocorreu devido ao maior teor de umidade destes flocos (vide Figura 1a). Com relação ao parâmetro a*, verifica-se maiores diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, sendo que o tratamento 4, realizado na condição combinada de tempo e temperatura mais extrema (+1,+1) resultou na cor vermelha mais intensa. Com respeito ao parâmetro b*, notam-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os valores, sendo que o tratamento 4, conforme anteriormente discutido, realizado na combinação mais extrema de tempo e temperatura, resultou no produto menos amarelo. Este resultado pode ser atribuído à maior degradação dos pigmentos da manga, e maior desenvolvimento de pigmentos da reação de Maillard. Por outro lado, o tratamento 5, conduzido nas condições intermediárias de tempo e temperatura (0,0), resultou na

cor amarela mais intensa, ou seja, maior preservação dos pigmentos. Os valores calculados de Cromo seguiram mesma tendência, já discutida, dos parâmetros a^* e b^* . Quanto ao parâmetro Hue, as médias apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) com destaque para os tratamentos 2, 3, 6, 11 e 12, com valores maiores, ou seja, com flocos mais amarelados.

A Figura 3 apresenta as fotos dos flocos obtidos nos diferentes tratamentos. Observam-se pequenas diferenças de cor entre os produtos, sendo que o tratamento 1 se destaca por ser mais escuro.

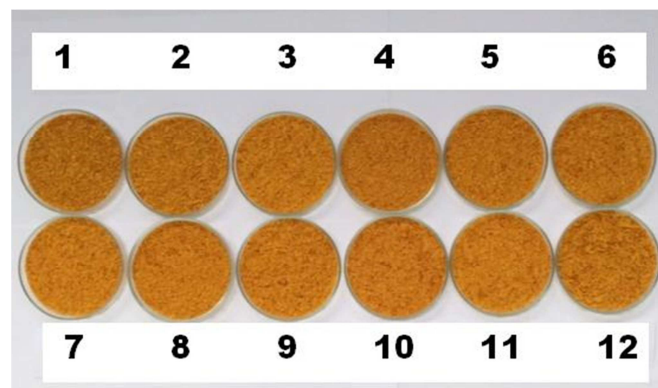


Figura 3. Foto dos flocos dos diferentes tratamentos.

4 CONCLUSÃO

O estudo revelou que o uso de coadjuvante no *drum drying* de polpa de manga comercial (~15°Brix) é necessário, sendo que o emprego de 3% de amido regular e 0,5% de monoestearato de glicerila resultou no maior rendimento de secagem e maiores retenções de nutrientes.

Foram obtidos modelos de superfície de resposta para o teor de umidade e parâmetros de cor da polpa reconstituída ($0,72 \leq R^2 \leq 0,96$). A combinação de maiores temperaturas ($>135^\circ\text{C}$) e maiores tempos de residência ($t > 25$ s) resultaram em flocos mais secos (umidade de ~1%). Entretanto, essas condições resultaram em polpas reconstituídas com coloração mais avermelhada, com menor intensidade da cor amarela, e maior diferença de cor com relação à polpa integral.

Com relação aos parâmetros de cor dos flocos, os resultados não ajustaram um modelo de superfície de resposta. No entanto, análise de variância revelou que a combinação de tempos de residência superiores a 25 segundos e temperatura de processo maiores do que 135°C resultaram em flocos menos amarelados e mais avermelhados. As alterações observadas na cor



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
02 a 04 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-135-6

possivelmente se devem à reação de escurecimento não enzimático e à degradação de carotenoides na secagem.

O estudo revelou que as melhores condições de processo observadas no *drum drying* de polpa de manga, em termos dos parâmetros de qualidade analisados, são: tempo de residência na faixa de 10 a 25 segundos e temperatura entre 120 a 135°C. Nessas condições os flocos resultam em teores de umidade na faixa de 2 a 5%, condição aceitável para o armazenamento de frutas em pó.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa, a técnica de laboratório do Fruthotec Elaine de Cássia Guerreiro Souza e a Isabela Portelina Tonin pelo auxílio prestado durante as análises e a minha orientadora Dra. Silvia Pimentel Marconi Germer pelos ensinamentos e orientações.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS NETO, B.; SCARMINO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2a ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1995. 299p.

DESPAIN, D. Fruit-Focused Formulating. **Food Technology**, v.8, p.65–70, 2013.

GERMER, S. P. M., TONIN, I.P., FERRARI, C.C.; SILVA, M.G.; NERY, V.S.; SOUZA, E.C.G. Drum drying of mango pulp as an alternative to produce fruit powder: performance of different additives. In: IFT2016 ANNUAL MEETING AND FOOD EXPO, 2016, Chicago, **Anais...** Chicago: IFT Institute of Food Technologist, 2016. (*aceito, a ser apresentado em julho de 2016*).

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** - 4ª Edição 1ª Edição Digital. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Produção Agrícola Municipal – Culturas Temporárias e Permanentes** - 2013. Rio de Janeiro. v.40, 2013, 102p.