



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO

CAMPUS CUIABÁ – BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ANDREZA CANDIDO MENDES

**MODELAGEM EXPERIMENTAL DE DESIDRATAÇÃO DA MANGA
VERDE E ANÁLISE DE REGRESSÃO ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS
FÍSICO-QUÍMICAS**

**CUIABÁ – MT
2017**



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO

CAMPUS CUIABÁ – BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ANDREZA CANDIDO MENDES

**MODELAGEM EXPERIMENTAL DE DESIDRATAÇÃO DE MANGA
VERDE E ANÁLISE DE REGRESSÃO ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS
FÍSICO-QUÍMICAS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Cuiabá - Bela Vista, orientado pelo Prof. Edgar Nascimento

**CUIABÁ – MT
2017**

Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus Cuiabá Bela Vista
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra

M358m

Mendes, Andreza Candido.

Modelagem experimental de desidratação da manga verde e análise de regressão estatística das variáveis físico-químicas/ Andreza Candido Mendes. Cuiabá, 2017.

19f.

Orientador(a): Edgar Nascimento

TCC (Graduação em Engenharia de alimentos). Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. manga verde – TCC. 2. desidratação osmótica – TCC. 3. modelagem - TCC. I. Nascimento, Edgar. II.. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA

CDU 634.441

CDD 634.44

ANDREZA CANDIDO MENDES

**MODELAGEM EXPERIMENTAL DE DESIDRATAÇÃO DE MANGA
VERDE E ANÁLISE DE REGRESSÃO DAS VARIÁVEIS FÍSICO-
QUÍMICAS**

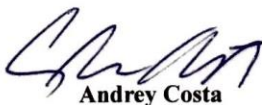
Trabalho de Conclusão de Curso em BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá Bela Vista como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

Aprovado em: 01/12/2017



Edgar Nascimento

Professor Orientador – IFMT Cuiabá – Bela Vista



Andrey Costa

Professor (a) Convidado – IFMT Cuiabá – Bela Vista



Milena Goulart

Professor (a) convidada – IFMT Cuiabá – Bela Vista

Cuiabá- MT

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças para alcançar este objetivo.

Agradeço a minha família, minha rocha, meu apoio, estimulação e renovação, por reconhecer neste trabalho o espaço e o momento importante na minha trajetória intelectual e pessoal.

Agradeço ao meu parceiro Rodrigo Moreno por me apoiar nos momentos difíceis e que me estimulou sempre para nunca desistir.

Agradeço aos professores do Instituto Federal de Mato Grosso, em especial ao meu orientador Edgar Nascimento e a minha co-orientadora Daryne Lu Maldonado, por transmitirem seus conhecimentos para me ajudar na minha formação.

Quero também agradecer aos meus colegas de sala que foram importantes para mim nessa caminhada, Gabriela Caxeiro, Tayná Moraes, Tábata Baldus, Ananda Farias, Gabriel Filbido e Jean Marcos.

Muito obrigada Gabriela Caxeiro por me ajudar com meu trabalho e também em tudo que eu precisei, sempre me aconselhando e me apoiando.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Umidade, ganho de sólidos, perda de água, °Brix e pH dos tratamentos de desidratação osmótica da manga verde Bourbon (Tr2-Tr5) e manga verde pura (Tr1). (a, b e c) valores seguidos de letras iguais na mesma coluna significa que não existe diferença significativa entre os tratamentos a nível de 5%, pelo teste tukey.	5
Tabela 2 Contrastes da variável umidade dos tratamentos. * apresenta diferença significativa ao nível de 5%.	7
Tabela 3 Resultados da ANOVA e regressão linear para o modelo de umidade em relação ao ganho de sólidos na desidratação.	7
Tabela 4 Resultados da ANOVA e regressão linear para o modelo de umidade em relação a perda de água na desidratação.	7
Tabela 5 Contrates da variável ganho de sólidos dos tratamentos. * apresenta diferença significativa ao nível de 5%.	9
Tabela 6 Resultados da ANOVA e regressão linear para o modelo de ganho de sólidos na desidratação.	9
Tabela 7 Contrates da variável perda de água dos tratamentos. * apresenta diferença significativa ao nível de 5%.	10
Tabela 8 Resultados da ANOVA e regressão linear para o modelo da perda de água na desidratação.	11

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Material e Métodos ou Metodologia	3
2.1. Material	3
2.2. Elaboração do produto	3
2.3. Determinações analíticas	4
2.4. Análise estatística	4
3. Resultados e discussões	5
3.1. Sólidos Solúveis Totais	5
3.2. pH	6
3.3. Umidade	6
3.4. Ganho de sólidos	8
3.5. Perda de água	10
4. Conclusões	11
5. Referências	11



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Mato Grosso
Campus Cuiabá - Bela Vista

ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MODELAGEM EXPERIMENTAL DE DESIDRATAÇÃO DE MANGA VERDE E ANÁLISE DE REGRESSÃO ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

MENDES, Andreza¹
MALDONADO, Daryne²
NASCIMENTO, Edgar³

RESUMO

A manga (*Mangifera indica L.*) é muito apreciada na forma in natura, em Cuiabá ela é bastante cultivada e acaba tendo sua demanda menor que a oferta, e como é uma fruta perecível a perda é muito grande, e uma alternativa para esses alimentos perecíveis é a desidratação osmótica seguida de secagem, razão por que se objetivou estudar a influência da desidratação osmótica com posterior secagem da manga verde. Foi feita manga cristalizada através da técnica de desidratação e avaliada a influência de cada variável através da análise estatística no programa R, obtendo como resultado o melhor tratamento que foi Tr5 com 65% de sacarose, mostrando que quanto maior a concentração, há um aumento no ganho de sólidos e na perda de água.

Palavras-chave: manga verde, desidratação osmótica, modelagem

ABSTRACT

The mango (*Mangifera indicates L.*) is greatly appreciated in the form in Natura, in Cuiabá that is completely cultivated and ends up having its demand less than the offer, and as it is a perishable fruit the loss is very large, and an alternative to these perishable foods is dehydration Osmotic followed by drying, which is why it was destined to study the influence of osmotic dehydration with subsequent drying of the green sleeve. The sleeve is crystallized through the dehydration technique and evaluated the influence of each variable through statistical analysis in the R program. Obtaining as a result the best treatment that was TR5 with 65% sucrose, showing that the higher the concentration increases the Solid gain and water loss.

Keywords: Green Mango, osmotic dehydration, modeling

1. Introdução

A manga (*Mangifera indica L.*) além de ser bastante apreciada em sua forma in natura, também é consumida através de seus produtos industrializados. Os principais produtos obtidos são o doce em calda, polpas, geléias, sucos e néctares. Outro produto também obtido dessa fruta é a manga desidratada ou seca (Azoubel

¹Discentes do Curso de Engenharia de Alimentos – IFMT – *campus* Cuiabá – Bela Vista – Mato Grosso, andrezacandido.91@gmail.com;

²Docente do Curso de Engenharia de Alimentos – IFMT – *campus* Cuiabá – Bela Vista – Mato Grosso, daryne.consta@blv.ifmt.edu.br.

³Docente do Curso de Engenharia de Alimentos – IFMT – *campus* Cuiabá – Bela Vista – Mato Grosso, edgar.nascimento@blv.ifmt.edu.br.

et al., 2008). Para a produção desses produtos, seja caseira ou industrial, é utilizado apenas as mangas maduras ou de vez.

Em Cuiabá a manga é bastante cultivada, sendo suas árvores comumente encontradas nas ruas e quintais de vários bairros da cidade, em especial a variedade Bourbon (*Mangifera indica L.*). É uma fruta tropical de safra curta, o que deveria ser um incentivo à sua industrialização na cidade. Na época de colheita a demanda pelos frutos *in natura* é menor do que sua oferta, sendo observada a perda de muitos frutos maduros nas árvores espalhadas pela cidade.

Frutas tropicais de apreciável sabor e aroma como a manga, são altamente perecíveis, requerem remoção de água para sua preservação, sendo frequentemente utilizada a desidratação (Borges & Menegalli, 1994).

Segundo Magalhães & Queiroz (2001), a desidratação osmótica é utilizada para concentrar frutas e vegetais através da imersão dos mesmos em soluções hipertônicas, ou seja, soluções aquosas mais concentradas que os alimentos em questão. É comumente empregada na obtenção de frutas glaceadas, frutas cristalizadas, tomate seco e carne seca. (Moraes, F., 2018)

A desidratação osmótica de frutas apresenta vantagens, estas que consistem em minimizar os danos causados pelo calor à cor, à textura e ao sabor, e diminuir o escurecimento enzimático. Ela envolve difusão simultânea de água e soluto, o que causa alteração na umidade, composição química e características estruturais do produto final. Dependendo dos níveis de umidade final atingidos, a desidratação osmótica combinada com secagem pode ser vantajosa com relação à secagem por convecção, pois reduz significativamente os custos energéticos por unidade do produto. (Borges & Menegalli, 1994)

De acordo com Moraes (2018), a determinação de teor de sólidos solúveis e da umidade tanto no alimento como da solução hipertônica, antes, durante e após o processo, é importante para o controle de qualidade do produto e a estimativa de rendimento.

Considerando a importância de chegar a um método eficiente para a cristalização da manga verde, a disponibilidade da variedade Bourbon e os resultados positivos da desidratação osmótica, este trabalho tem em vista obter um produto estável e de qualidade, através do estudo da influência da desidratação osmótica seguida da secagem em estufa da fruta.

2. Material e Métodos ou Metodologia

2.1. Material

Serão utilizadas mangas (*Mangifera indica L.*) var. Bourbon no estágio de maturação verde, de tamanho variável e polpa fibrosa, com pouquíssimos ou quase nenhum fiapo, oriundas das mangueiras da cidade de Cuiabá-MT. E para o preparo da solução osmótica será utilizado açúcar cristalizado, obtido no mercado da cidade.

2.2. Elaboração do produto

As mangas serão lavadas com água corrente e com auxílio de escovas de cerdas macias para remoção de sujidades. Após higienização, serão imersas em solução de hipoclorito de sódio 2% por 15 minutos, e lavadas novamente com água destilada. As frutas então serão cortadas em cubinhos de aproximadamente 1 cm, pois segundo Moraes (2018), quanto maior o tamanho do alimento e menor a área superficial exposta, mais demorado será o processo de desidratação, então para que ocorra rápido o processo, diminuimos o tamanho do alimento e aumentamos área superficial exposta.

Após a limpeza e o corte das mangas, foi preparado a calda de sacarose com as concentrações de 35%, 45%, 55% e 65%, foi pesado o açúcar e em seguida adicionada a água, misturou-se na panela com fogo alto e esperou-se levantar fervura para que em seguida adicionasse as mangas em cubos. O aquecimento da solução hipertônica acelera o processo, pois aumenta a velocidade da troca osmótica. (Moraes, F., 2018)

Cerca de 1kg de mangas em cubos foram divididos em 250g para quatro recipientes que, continham a calda pronta, cada um com uma concentração diferente, e foram deixados em fogo alto até à ebulição. Nos 3 dias que se seguiram, foi feita apenas a redução da calda de sacarose com intervalos de 24 horas. Após as 24 horas a solução com os cubos de manga foram levados à ebulição.

No último dia, o sistema será deixado em repouso por 24 horas, os frutos serão lavados e escorridos, reduzindo a quantidade de açúcar na superfície, evitando a caramelização. Em seguida levados à estufa com circulação de ar a 60°C por 8 horas.

2.3. Determinações analíticas

As seguintes determinações que foram realizadas são: umidade direta conforme o procedimento descrito pelo IAL (2008), feita em manga verde pura e manga verde desidratada osmoticamente; teor de sólidos solúveis totais em refratômetro (Refratômetro Digital Reicher); determinação do ph por phmetro (HANNA Instruments modelo HI2221); ganho de sólidos e perda de água, sendo os quatro últimos feitos apenas no produto final.

Para calcular ganho de sólidos (GS), dado em gramas de sólidos por gramas de amostra, e perda de água (P_A) foi usado as seguintes equações:

$$P_A = M_0 - M_1 \quad (1)$$

$$GS = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \quad (2)$$

M_0 = peso inicial, antes da secagem;

M_1 = peso final, depois da secagem.

2.4. Análise estatística

Na análise estatística, se utilizou o programa R para análise de variância (ANOVA), teste de erros padronizados do modelo, teste de Shapiro Wilk, teste de Bartlett e o teste de Tukey, usados para avaliar a confiabilidade dos tratamentos ao nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$). Primeiramente foram realizados os testes de Shapiro Wilk e Bartlett, para verificar se os dados apresentavam normalidade e homogeneidade. Posteriormente foi feito ANOVA para verificar se apresentavam diferenças estatísticas significativas seguida do teste tukey.

Para descobrir o melhor tratamento foi utilizado o contraste ortogonal (Eq. 3), que é uma combinação linear de totais de tratamentos ou de médias, usando a técnica da decomposição da Soma de Quadrados dos Tratamentos (Eq. 4). Em seguida foi realizado o teste de correlação e análise de regressão linear, para saber se o modelo matemático proposto é adequado e ajustado.

$$\begin{aligned}\hat{Y}_1 &= 4Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 \\ \hat{Y}_2 &= Y_2 + Y_3 - Y_4 - Y_5 \\ \hat{Y}_3 &= Y_2 - Y_3 \\ \hat{Y}_4 &= Y_4 - Y_5\end{aligned}\quad (3)$$

$$SQ(\hat{Y}) = \frac{\hat{Y}}{\sum_{i=1}^t (c_i)^2} r \quad (4)$$

3. Resultados e discussões

Os resultados da desidratação osmótica seguida da secagem, de acordo com os testes feitos no Programa R, encontram-se na Tabela 1. Os tratamentos apresentados neste trabalho são Tr1 (manga verde pura), Tr2, Tr3, Tr4 e Tr5 (manga verde desidratada com 35%, 45%, 55% e 65% respectivamente).

Tratamentos	%Umidade	GS	PA	°Brix	pH
Tr1	77,21±0,43a	0,22±0,005 a	3,91±0,1a	-	-
Tr2	13,84±0,14b	0,85±0,005b	0,72±0,01b	6,26±0,11a	4,25±0,04a
Tr3	13,68±0,37b	0,85±0,005b	0,70±0,003 b	6,7±0,1b	4,29±0,06a
Tr4	12,93±0,42b	0,86±0,005bc	0,65±0,2b	6,86±0,05b	4,22±0,02a
Tr5	11,31±0,23c	0,88±0c	0,59±0,02b	7,3±0,1c	4,24±0,02a

Tabela 1 Umidade, ganho de sólidos, perda de água, °Brix e pH dos tratamentos de desidratação osmótica da manga verde Bourbon (Tr2-Tr5) e manga verde pura (Tr1). (a, b e c) Valores seguidos de letras iguais na mesma coluna significa que não existe diferença significativa entre os tratamentos a nível de 5%, pelo teste Tukey.

3.1. Sólidos Solúveis Totais

Os sólidos solúveis totais (°Brix), um parâmetro que indica a qualidade da fruta in natura e processada industrialmente, representado na Tabela 1, mostra que houve diferença significativa entre os tratamentos que foram submetidos a desidratação osmótica e também a diferença da porcentagem de umidade e perda de água, comparada com o produto in natura. Atingindo o resultado esperado, que foi o aumento crescente dos sólidos solúveis totais.

3.2. pH

A simples medida de pH (Potencial Hidrogeniônico) em alimentos, de modo geral, fornece uma indicação do seu grau de deterioração e verifica o estado de maturação de frutas. Em relação ao pH, não houve necessidade de prosseguir com outras análises estatísticas, por que segundo a ANOVA são todos iguais.

3.3. Umidade

A umidade é um fator de grande importância quando se trata de alimentos, pois pode influenciar a estabilidade química e microbiológica, além da qualidade do alimento. Na desidratação osmótica combinada com a secagem, a principal preocupação é com a umidade, pois é pensado na preservação dos alimentos muito perecíveis, como no caso da manga. Com isso foi feito uma comparação entre os tratamentos, para saber se há diferença entre ele e qual o melhor tratamento.

Analisando os dados da Tabela 1, na coluna da umidade, recomendando que quanto menor a umidade melhor o tratamento, tem-se uma grande diferença entre os tratamentos Tr1 e Tr5, manga pura e manga com 65% de sacarose respectivamente, e entre os tratamentos que passaram pelo processo de desidratação osmótica, pode-se observar que não há diferença entre os tratamentos Tr2, Tr3 e Tr4, mas estes em relação ao tratamento Tr5 apresenta diferença significativa a 5% de probabilidade para os fatores umidade e concentração.

De acordo com o Programa R, há diferença entre os tratamentos, sendo suas médias normais e homogêneas, com isso utilizamos o contraste ortogonal, que está descrito na Eq. 3, essa equação foi construída de acordo com a nossa ordem de interesse para saber qual tratamento era o melhor.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F calculado	F crítico
Tr1 vs resto	1	9911,977	9911,977	84539,52*	4,96
Tr2Tr3 vs Tr4Tr5	1	8,0688	8,0688	68,81901*	4,96
Tr2 vs Tr3	1	0,040017	0,040017	0,344303	4,96
Tr4 vs Tr5	1	3,952817	3,952817	33,71368*	4,96
Erro	10	1,172467	1,172467		
Total	14	9925,211	0,117247		

Tabela 2 Contrastes da variável umidade dos tratamentos. * apresenta diferença significativa ao nível de 5%. GL: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrados médios.

Na Tabela 2, os valores do F calculado que são maiores que o F crítico, dizem que apresenta diferença significativa no contraste da variável umidade. Verifica-se pelo primeiro contraste, que houve uma resposta significativa no tratamento com manga pura (Tr1) em relação aos outros tratamentos, no caso Tr1 foi o pior apresentando, umidade elevada, e observou-se que o tratamento Tr5 mostrou ser o melhor na comparação do teor de umidade e que dos quatro contrastes feitos ele ficou em primeiro na ordem de interesse, mostrando que sua umidade é a mais baixa entre todos os outros com 11,31%.

	GL	SQ	MQ	F calculado	F de significação
Regressão	1	9923,153	9923,153	62684,61527	2,48407E-25
Resíduo	13	2,057937	0,158303		
Total	14	9925,211		$R^2 = 0,9997$	

Tabela 3 Resultados da ANOVA e regressão linear para o modelo de umidade em relação ao ganho de sólidos na desidratação. GL: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrados médios.

	GL	SQ	MQ	F calculado	F de significação
Regressão	1	9915,69977	9915,69977	13553,34509	5,20509E-21
Resíduo	13	9,510869543	0,731605349		
Total	14	9925,21064		$R^2 = 0,9990$	

Tabela 4 Resultados da ANOVA e regressão linear para o modelo de umidade em relação a perda de água na desidratação. GL: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrados médios.

Os modelos propostos para descrever a umidade em relação ao ganho de sólidos e perda de água na desidratação osmótica da manga verde, estão de acordo com a Eq. 5 e Eq. 6, em que G_s é o ganho de sólidos e P_a é a perda de água. Observando R-quadrado na Tabela 3 e 4, pode-se dizer que 99,97% da variação da umidade é explicada pela variação dos ganhos de sólidos e que 99,90% pode ser explicada pela variação da perda de água.

$$Umidade = 100,02 - 100,66 * G_s \quad (5)$$

$$Umidade = (-0,2945) + 19,7655 * P_a \quad (6)$$

3.4. Ganho de sólidos

A taxa de remoção de água e incorporação de sólidos durante a desidratação osmótica depende de diversos fatores, tais como: concentração e temperatura da solução, tempo de contato, grau de agitação da solução, forma e tamanho do sólido, razão solução/sólido e nível de vácuo, se aplicado (Egea & Lobato, 2014). Nos resultados apresentados, observa-se que o maior fator foi a concentração da solução de sacarose.

Ao observar os ganhos de sólidos na Tabela 1, verifica-se também uma diferença entre os tratamentos e pode-se notar que este fator apresenta uma correlação inversa em relação a umidade e com a perda de água. Conforme o esperado, quanto maior é a concentração de sacarose na solução osmótica, maior é o ganho de sólidos, o tratamento Tr5 com 65% de sacarose comprovou isso, mesmo sendo em manga verde apresentou os mesmos resultados encontrados em estudos com frutos maduros.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F calculado	F crítico
Tr1 vs resto	1	0,977927	0,977927	36672,26*	4,96
Tr2Tr3 vs Tr4Tr5	1	0,000833	0,000833	31,2375*	4,96
Tr2 vs Tr3	1	0	0	0	4,96
Tr4 vs Tr5	1	0,000267	0,000267	10,0125*	4,96
Erro	10	0,000267	2,67E-05		
Total	14	9925,211	0,117247		

Tabela 5 Contrastes da variável ganho de sólidos dos tratamentos. * apresenta diferença significativa ao nível de 5%. GL: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrados médios.

Verifica-se na Tabela 5, que assim como na umidade, houve diferença significativa no primeiro contraste Tr1 versus resto. Observando o segundo e o quarto contraste, nota-se, que mais uma vez, o tratamento Tr5 é o mais indicado, por que apresentou maior ganho de sólidos.

	GL	SQ	MQ	F calculado	F de significação
Regressão	1	0,978549874	0,978549874	17110,75664	1,14553E-21
Resíduo	13	0,000743459	5,71892E-05		
Total	14	0,979293333		R ² = 0,9992	

Tabela 6 Resultados da ANOVA e regressão linear para o modelo de ganho de sólidos na desidratação. GL: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrados médios.

O modelo proposto para ganho de sólidos está descrito na Eq. 7, onde verificou-se que 99,92% da variação do ganho de sólidos é explicada pela variação da perda de água e que 0,08% da variação do ganho de sólidos é dado por outros fatores, diferente da variação da perda de água.

$$\text{Ganho de sólidos} = 0,9965 - 0,1963 * Pa \quad (7)$$

3.5. Perda de água

De acordo com Egea & Lobato (2014), a maior perda de água do processo de desidratação osmótica ocorre nos primeiros 30 minutos do processo, pela alta diferença de gradiente sólido-solução existente. Se no processo de desidratação osmótica como pré-tratamento antes da secagem já apresenta uma perda de água considerável do alimento, após a secagem em estufa com circulação de ar, a perda de água é ainda maior, podendo favorecer no ganho de sólidos e na estabilidade do produto final.

Na Tabela 1, a comparação entre tratamento Tr1 com o resto tem uma diferença significativa, um resultado já esperado, enquanto os tratamentos Tr2, Tr3, Tr4 e Tr5 não apresentaram diferença significativa entre eles, comprovando que com o aumento da concentração há um aumento na perda de água. No estudo da cinética de desidratação de abacaxi de Silveira et. al. (1996) citado por Almeida et. al. (2004), concluíram que a perda de água e o ganho de sólidos aumentam com o aumento da concentração.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F calculado	F crítico
Tr1 vs resto	1	25,32726	25,32726	10883,67*	4,96
Tr2Tr3 vs Tr4Tr5	1	0,024291	0,024291	10,43837*	4,96
Tr2 vs Tr3	1	0,000693	0,000693	0,297797	4,96
Tr4 vs Tr5	1	0,005198	0,005198	2,233694	4,96
Erro	10	0,023271	0,002327		
Total	14	9925,211	0,117247		

*Tabela 7 Contrastes da variável perda de água dos tratamentos. * apresenta diferença significativa ao nível de 5%. GL: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrados médios.*

A Tabela 7 mostra que há diferença no primeiro e no segundo contraste e ainda aponta que no segundo contraste Tr2 Tr3 versus Tr4 Tr5, produtos que passaram pelo processo de desidratação osmótica ao mesmo tempo, tiveram uma perda de água significativo juntos. Em relação aos dois últimos contrastes não apresentou diferença.

	GL	SQ	MQ	F calculado	F de significação
Regressão	1	25,36143977	25,36143977	17110,75664	1,14553E-21
Resíduo	13	0,019268506	0,001482193		
Total	14	25,38070828		R ² = 0,9992	

Tabela 8 Resultados da ANOVA e regressão linear para o modelo da perda de água na desidratação. GL: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; MQ: quadrados médios.

Pode-se observar que o modelo proposto para a perda de água está apresentado abaixo pela Eq. 8. De acordo com o R-quadrado na Tabela 8, pode-se dizer então que, 99,92% da variação da perda de água é explicada pela variação do ganho de sólidos.

$$\text{Perda de água} = 5,0723 - 5,0889 * G_s \quad (8)$$

4. Conclusões

De acordo com as análises estatísticas, conclui-se que houve diferença significativa das variáveis estudadas entre os tratamentos e que o tratamento Tr5 foi o melhor entre todos.

O ganho de sólidos e perda de água aumentam com aumento da concentração. E a umidade é influenciada pelo ganho de sólido e pela perda de água.

Os modelos experimentais ajustados para umidade, ganho de sólidos e perda de água na desidratação com sacarose seguida da secagem em estufa com circulação de ar, foram estatisticamente significativos.

5. Referências

ALMEIDA, F. de A. C.; RIBEIRO, C. de F. A.; TOBINAGA, S.; GOMES, J. P. **Otimização do processo de secagem osmótica na obtenção de produtos secos da manga Tommy Atkins**. Revista Bras. De Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.4, p. 576-584, 2005.

AZUBEL, P. M.; CABRAL, A. C. P. L. F.; SILVA, M. D. B. DA; OLIVEIRA, S. B. de. **Modelagem matemática da cinética de secagem de manga 'Tommy Atkins'**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química e Congresso Brasileiro de Termodinâmica Aplicada em Recife – PE, 2008. Disponível em :<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/OPB1912.pdf>

Acesso em: 21 nov. 2017.

BORGES, S. V.; MENEGALLI, F. C. **Influência da desidratação osmótica sobre a cinética de secagem de manga**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 29, n.4, p. 637-642, abr. 1994.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. **Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica L.*) var. Haden, durante o amadurecimento**. Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas - SP, vol. 18, n. 2, 1998.

DANTAS JÚNIOR, E. E.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIREDO, R. M. F. de. **Determinação da difusidade térmica da polpa de manga espada**. Revista Educação Agrícola Superior, v. 22, n. 1, p. 43-46, 2007.

MAGALHÃES, A. M. de; QUEIROZ, M. R. de. **Desidratação osmótica de abacaxi**. In: Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP, Campinas: Unicamp. 2001. Disponível em
:<<https://www.prp.unicamp.br/pibic/congressos/ixcongresso/cdrom/pdfN/467.pdf>>

Acesso em: 06 jun. 2017.

MORAES, F. **Redução da atividade de água**. In: AUGUSTO, P. E. D. Princípios de tecnologia de alimentos. 1 Ed – Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 2018. Vol 3, cap 9, p. 299-302.

PINA, M. G. M.; MAIA, G. A.; *et al.* **Processamento e conservação de manga por métodos combinados**. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP, v. 25, n. 1, p. 63-66, 2003.

SOUZA NETO, M. A.; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, A. S. **Cinética de desidratação osmótica de manga**. Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng., Ponta Grossa, 10 (2): 37-44, ago. 2004.

SOUZA, E. F. M.; PETERNELLI, L. A.; MELLO, M. P. de. **Software livre R: aplicação estatística**. Disponível em:<<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/137/Apostilas%20e%20Tutoriais%20-%20R%20Project/Apostila%20R%20-%20GenMelhor.pdf>> Acesso em: 13 nov. 2017.

SOUZA, K. A.de. **Otimização do processo de desidratação osmótica de manga (*Mangifera indica L.*) variedade espada**. 2007. 65 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 2007.