

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE SECAGEM PARA MANDIOCA

Carlos Ricardo Soccol +

Luna Idalia Pinheiro ++

Maria Lucia Masson +++

1 - RESUMO

Determinou-se várias curvas de secagem para a mandioca utilizando-se uma estufa com circulação forçada de ar mantendo-se constantes as condições deste ar.

Para determinação das curvas empregou-se mandioca cortada em lâminas e em raspas com espessura que variaram de 1 a 3mm, procedendo-se o branqueamento com NaCl (solução 1% a 97°C por 3 minutos) e Na_2SO_3 (solução 0,5% a 18°C por 10 minutos), empregou-se também bandejas com camadas de material com espessura de 2 a 4cm. A temperatura de bulbo seco utilizada durante a secagem foi de 80 e 90°C.

Também foram determinadas as curvas de reidratação do material utilizando água a 18°C.

As mandiocas que sofreram um branqueamento com NaCl a quente tiveram um tempo de secagem superior apresentando também características bem inferiores (cor, textura) quando comparadas com as mandiocas que sofreram branqueamento com Na_2SO_3 a frio.

Os resultados apresentaram um tempo superior de reidratação para as mandiocas que sofreram branqueamento com NaCl a quente e também para as lâminas de mandioca com espessura de 3mm, quando comparadas com mandiocas que foram branqueadas com Na_2SO_3 a frio e que possuíam lâminas com espessura de 1mm.

+ Engenheiro Químico - Professor Assistente do Departamento de Tecnologia Química da UFPr. - Aluno do Curso de Mestrado em Tecnologia Química (área de concentração alimentos).

++ Engenheira Química - Assistente Técnico do Instituto de Tecnologia do Paraná - Aluna do Curso de Mestrado em Tecnologia Química -(área de concentração alimentos)

+++ Engenheira Química - Aluna do Curso de Mestrado em Tecnologia Química (área de concentração alimentos).

2 - INTRODUÇÃO

A mandioca é um tubérculo de extrema importância na obtenção de vários produtos alimentícios e industriais. Seu teor de umidade varia entre 60-65% devido a esta alta percentagem de umidade a mesma deverá ser processada num período de 24 horas após sua colheita. Estes fatores de umidade, tempo, associado ao transporte de grandes quantidades de água contribuem para dificultar o fornecimento racional principalmente no período de estressafrá.

O referido trabalho tem como principal objetivo a determinação de dados práticos, tais como tempo de secagem, velocidade de secagem, temperatura ótima de secagem, umidade crítica e de equilíbrio, dados estes que poderão ser de extrema importância no dimensionamento de secadores, que poderão ser instalados próximos a regiões produtoras.

A mandioca é uma matéria prima de indústria química. O seu alto teor de amido e baixo custo de produção a tornam a fonte mais barata de amido, de que dispomos.⁽⁴⁾ A importância do estudo da secagem da mandioca liga-se a 3 fatores: - economia no transporte de matéria prima a longas distâncias; - não deterioração da mandioca, por longo período; - utilização da farinha crua ou torrada.

Estudo da Matéria Prima

A mandioca é uma raiz tuberosa das mais importantes em regiões tropicais, e subtropicais e é considerada como a maior fonte usada nos países de clima tropical em substituição à batata.

É cultivada em várias regiões da América Central, México e Brasil.⁽⁵⁾

A mandioca pertence à família Euforbiaceae, gênero *Manihot*.

Hoje todas as espécies de mandioca são consideradas como variedades da *Manihot utilissima*.⁽⁵⁾

As variedades de mandioca podem ser agrupadas em duas espécies principais. *Manihot palmata* a *Manihot aipi*, ou seja, mandioca amarga e mandioca doce. A diferença básica entre elas é feita em função do teor do ácido cianídrico, o qual comunica a toxicidade às raízes.

As variedades de maior interesse industrial são as tóxicas para reduzir ao mínimo a ação devastadora de animais e sua resistência a insetos e pragas; além disso são mais precoces e contém maior teor de amido.

O teor de amido e água vegetal contidos nas raízes da mandioca variam em função da idade, variedade, solos e clima.

Na tabela I apresentamos a composição de algumas variedades:

Água vegetal	60 - 65%
Amido e outros carboidratos	25 a 32%
Outros componentes	2 a 3%
Celulose	1 a 2%
Proteína	0,5 a 1%

Um pé de mandioca pode produzir de 5 a 10 tubérculos. A Manihot utilissima é que contém mais amido na sua constituição e é a mais usada em processos industriais. (5)

A partir da raiz seca da mandioca, obtém-se produtos diversos.

Tratamos, de acordo com a apresentação e preparo de três produtos distintos:

Lasca:- mandioca desidratada cortada, em fragmentos relativamente grandes, secados ao sol.

Apara: idem, cortada manualmente em rodelas relativamente finas, secadas ao sol.

Raspa:- idem, em fragmentos relativamente, secadas artificialmente, processamento mecanizado em todos os seus aspectos.

Estes produtos são conhecidos como: raízes de mandioca seca, ou simplesmente, mandioca seca, para distinguir claramente em grupo de produtos de outros. A partir destes produtos obtém-se produtos integrais, não integrais, farinha de mandioca (farinhas culinárias).

Os produtos industriais obtidos são principalmente a partir do amido que pode ser transformado em vários produtos de interesse industrial como o amido puro, álcool etílico, adoçantes (glicose). (4)

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas mandioca cortada em lâminas de 1mm e de 3mm de espessura e com 3 a 4cm de diâmetro, e raspas de mandioca com cerca de 1mm de espessura e com 1,5cm de comprimento.

A mandioca foi deixada de molho em tonéis com água cerca de 48 horas.

O teor de umidade inicial variou entre 60 - 70%.

A secagem foi realizada por contacto direto e de forma descontínua utilizando um secador de bandejas com circulação forçada. As bandejas utilizadas foram de fundo perfurado (tipo telas) com 58 x 58 x 4cm.

Sendo descontínuo o método utilizado para a secagem consideramos que após carregado o secador é feita a circulação do ar de secagem através do material, as condições deste ar não variaram com o tempo.

Foram efetuadas secagens com temperaturas de bulbo seco constantes, procedendo-se variações na espessura do material, forma do material, espessura da bandeja e diferentes soluções de branqueamento.

Durante todo o período de secagem a umidade relativa do ar manteve-se entre 65 - 70% e sua temperatura em torno de 20°C.

A obtenção das curvas de reidratação foram realizadas utilizando-se um Becker de 1000ml de H_2O a 18°C para cada experimento. Colocou-se 100g de mandioca desidratada nos respectivos Beckers, reidratando sem agitação por um período de duas horas. Retirou-se 10g de amostra por experimento a cada trinta minutos, determina-se o teor de água absorvida a través da secagem do material em estufa a 110°C por 3 horas.

4 - RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Na figura I operando em condições constantes de secagem e circulação de ar representou-se a umidade do sólido frente ao tempo. A figura II relaciona a velocidade de secagem frente a umidade, observando-se as curvas obtidas na figura I pode-se notar que no princípio a umidade da mandioca diminui linearmente com o tempo de secagem (porção reta da representação).

Este período de velocidade de secagem constante para a mandioca foi de aproximadamente duas horas, para as condições do trabalho. Esta velocidade de secagem constante se processa até que a umidade da mandioca alcança o valor crítico, a partir do qual diminui, anulando-se quando a umidade da mandioca atinge o valor de equilíbrio com o ar nas condições constantes de operações, quando a umidade livre é zero.

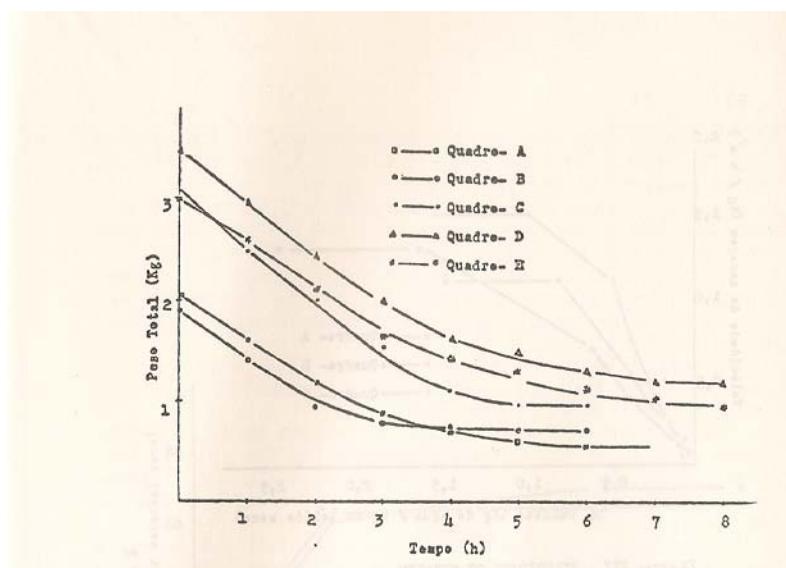


Figura- I VARIAÇÃO DE UMIDADE EM RELAÇÃO AO TEMPO

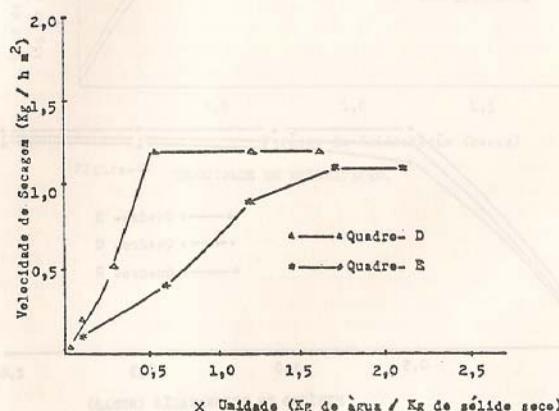


Figura- II VELOCIDADE DE SECAGEM

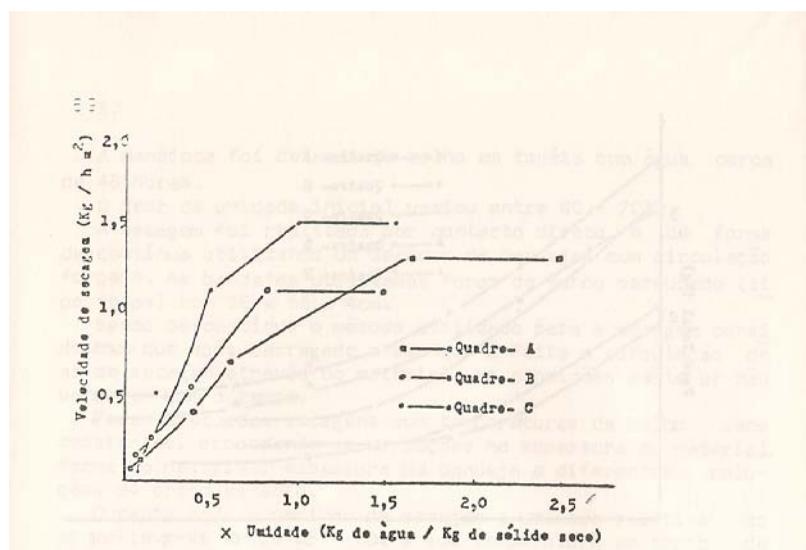


Figura- III VELOCIDADE DE SECAGEM

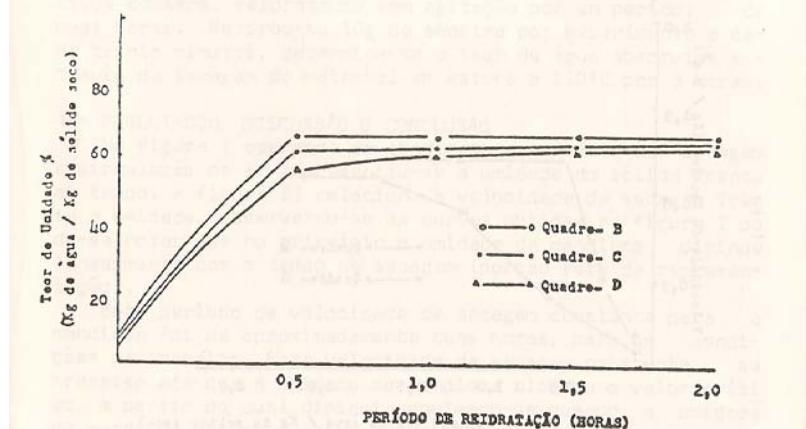


FIGURA-IV VELOCIDADE DE REIDRATAÇÃO

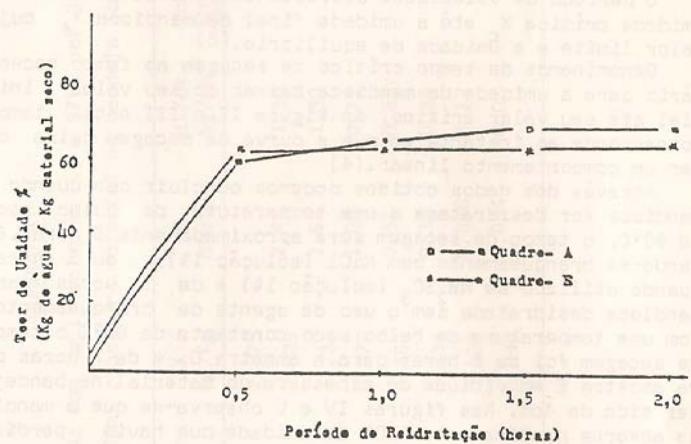


Figura-V- VELOCIDADE DE REIBATACAO.

A partir dos dados de secagem empregados para a construção das figuras II e III pode-se obter os dados de velocidade de secagem: $(- dx/dt)$ em relação à umidade.

Nestas figuras estão representados duas fases diferentes: uma que corresponde a um período de velocidade constante e outra a um período de velocidade decrescente.

O período de velocidade constante vai desde a umidade inicial X_0 até a umidade crítica X_c . O valor da umidade crítica depende das condições do ar de secagem e da espessura do material a secar.⁽⁸⁾

O período de velocidade decrescente se estende desde a umidade crítica X_c até a umidade final da mandioca X_f cujo valor limite é a umidade de equilíbrio.⁽⁸⁾

Denominamos de tempo crítico de secagem ao tempo necessário para a umidade da mandioca baixar do seu valor inicial até seu valor crítico; na figura II e III este tempo corresponde ao instante em que a curva de secagem deixa de ter um comportamento linear.⁽⁴⁾

Através dos dados obtidos podemos concluir que quando a mandioca for desidratada a uma temperatura de bulbo seco de 90°C, o tempo de secagem será aproximadamente 6 horas, fazendo-se branqueamento com NaCl (solução 1%), ou 5 horas quando utilizou-se Na_2SO_3 (solução 1%) e de 5 horas para mandioca desidratada sem o uso de agente de branqueamento. Com uma temperatura de bulbo seco constante de 60°C o tempo de secagem foi de 6 horas para a amostra D, e de 7 horas para amostra E em virtude da espessura do material na bandeja ter sido de 4cm. Nas figuras IV e V observa-se que a mandioca absorve praticamente 100% da umidade que havia perdido na desidratação em apenas 1 hora.

Observou-se que as mandiocas que sofreram um branqueamento com NaCl (solução 1% a 97°C por 3 minutos). Apresentaram um tempo de secagem superior apresentando também características bem inferiores (cor e textura) quando comparadas com as mandiocas que sofreram branqueamento com Na_2SO_3 (solução 0,5% a 18°C por 10 minutos).

Os resultados mostraram também que as mandiocas que sofreram branqueamento com NaCl a quente bem como aquelas com lâminas de espessura de 3mm, apresentaram um período de reidratação superior às branqueadas com Na_2SO_3 a frio e com lâminas de espessura de 1mm.

QUADRO A
 Mandioca branqueada com NaCl (solupão 1%) e 97°C por 3 minutos
 Lâminas de 1mm x 3cm; espessura material na bandeja 1cm.

Tempo h	Peso Total Kg	Unidade Total Kg	X Kg/Kg	X Médio	- dx/dt_2 Kg/hm ²	Temperatura $T_w = 97^\circ C$	Temperatura Bulbo Úmido $T_w = 97^\circ C$	Temperatura Bulbo Seco $T_w = 97^\circ C$
00	2,950	1,521	2,875	2,45	1,30	24	90	90
01	1,600	1,071	2,025	1,63	1,30	41	90	90
02	1,180	0,651	1,231	1,00	0,71	41	90	90
03	0,940	0,411	0,777	0,57	0,65	41	90	90
04	0,720	0,191	0,361	0,36	0,36	42	90	90
05	0,600	0,071	0,134	0,134	0,12	42	90	90
06	0,560	0,031	0,059	0,059	0,07	43	90	90
07	0,555	0,026	0,049	0,049	0,07	43	90	90

QUADRO 8

Mandioca em raspas de 1mm x 5cm, espessura do material na bandeja 1cm.

Tempo h	Peso		Unidade Kg	X Kg/Kg	X Médio	- dx/dt Kg/hm ²	Temperatura	
	Total Kg	Total Kg					Bulbo Úmido T _{bd} -°C	Bulbo Seco T _{ws} -°C
00	1,875	1,225	1,885		1,481	1,1	24	90
01	1,350	0,700	1,077		0,800	1,1	40	90
02	0,990	0,340	0,523		0,385	0,54	42	90
03	0,810	0,160	0,246		0,160	0,25	42	90
04	0,725	0,075	0,115		0,096	0,10	43	90
05	0,700	0,050	0,077		0,070	0,05	43	90
06	0,690	0,040	0,062					

QUADRO C

Mandioca branqueada com Na_2SO_3 (solução 0,5%) a 18°C por 10 minutos
Lâminas de 1mm x 3cm; espessura do material na bandeja 2cm.

Tempo h	Peso Kg	Umidade Total Kg/Kg	X	- $\frac{dx}{dt}$ Kg/hm ²	Temperatura		
					Médio	Bulbo Úmido Twb-°C	Bulbo Seco Tws-°C
00	3,080	2,192	2,470	2,132	1,70	27	90
01	2,480	1,592	1,794			41	90
02	2,010	1,122	1,265	1,530	1,50	42	90
03	1,505	0,618	0,696	0,981	1,50	42	90
04	1,130	0,243	0,273	0,485	1,10	42	90
05	0,980	0,093	0,104	0,189	0,50	43	90
06	0,940	0,053	0,059	0,082	0,10	43	90

QUADRO D

Mandioca branqueada com Na_2SO_3 (solução 0,5%) a 18°C por 10 minutos
Lâminas de 3mm x 3cm; espessura da matrícula na bandeja 2cm.

Tempo h	Peso Total Kg	Umidade: X Kg/Kg	X -dx/dt	Temperatura Bulbo úmido Twb-°C	Temperatura Bulbo Seco Tws-°C
00	3,255	2,064	1,732	25	80
01	2,850	1,659	1,392	41	80
02	2,420	1,229	1,031	41	80
03	2,040	0,849	0,712	1,10	41
04	1,640	0,449	0,376	1,10	41
05	1,460	0,269	0,225	0,50	41
06	1,290	0,099	0,083	0,154	41
07	1,230	0,039	0,032	0,058	41
08	1,220	0,029	0,024	0,028	41

QUADRO E
 Mandioca branqueada com Na_2SO_3 (solução 0,5%) a 10°C por 10 minutos
 Lâminas de 1mm x 3cm espessura do material na bandeja 4cm.

Tempo h	Peso Total Kg	Umidade Total Kg	X Kg/Kg	X Médio	$-\frac{dx}{dt}$ Kg/m ²	Temperatura Bulbo Úmido Twb-°C	Temperatura Bulbo Seco Tws-°C
00	2,890	2,010	2,25	2,085	1,1	25	80
01	2,570	1,690	1,92	1,675	1,1	41	80
02	2,140	1,260	1,43	1,235	0,9	41	80
03	1,800	0,920	1,04	0,840	0,9	41	80
04	1,440	0,560	0,64	0,545	0,4	41	80
05	1,280	0,400	0,45	0,345	0,5	41	80
06	1,090	0,202	0,24	0,160	0,3	41	80
07	0,950	0,062	0,08	0,060	0,1	41	80
08	0,910	0,030	0,04				

REFERÉNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - BENNET, C.O; MYERS, J.E. Fenômenos de Transporte de Quantidade de Movimento, Calor e Massa; São Paulo, MC GRAW-HILL DO BRASIL, 1978, cap. 36, p. 48 - 644.
- 2 - BROWN, G.G; Operações Básicas da Engenharia Química; Barcelona - Manuel Marin, 1955, p. 629
- 3 - FOUST, A.S; WENZEL A.L; CLUMP, W.C; MAUS L; ANDERSEN, L.B; Princípios das Operações Unitárias. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1982, parte III, p. 401 - 410.
- 4 - HELMUTH, K.B; W. SHOLZ, Aspectos Industriais da Mandioca no Nordeste; Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil S/A p. 2 - 56 - 1971.
- 5 - LIMA, L.R; MARCONDES, A.A. Mandioca como Matéria Prima Industrial - Revista Química Industrial, Curitiba, 1979, p. 1 - 17.
- 6 - LIMA L.R; Apostila de Operações Unitárias - Secagem; Curitiba, Departamento de Engenharia Química, p. 19 - 26. 1971.
- 7 - NORMANHA, S.E; LORENZI, J.O; Mandioca Secagem ao Sol com Vistas à Produção de Álcool Carburante e Rações. Instituto Agronômico, Campinas SP, 1979.

8 - OCON. G.T; TOJO, G.B; Problemas de Ingenieria Química.
Madrid, Aguilar, 1972, cap. 9, p. 62 - 240.

9 - PERRY H.R; CHILTON H.C; Manual de Engenharia Química,
5^a Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1980, cap. 20,
p. 11 - 204.

AGRADECIMENTO

Ao Prof. LÉO DA ROCHA LIMA pela orientação e estímulo.