

# Secagem de Milho Farináceo: Comportamento Cinético e Efeitos na Cor do Pericarpo

64

*Gabriel Sakai Fugita<sup>1</sup>, Rafael da Silveira Coelho<sup>1</sup>, Newton da Silva Timm<sup>1</sup>, Lucas Ávila do Nascimento<sup>1</sup>, Ricardo Scherer Pohndorf<sup>1</sup>, Cristiano Dietrich Ferreira<sup>1</sup>, Eberson Diedrich Eicholz<sup>2</sup>, Maurício de Oliveira<sup>1</sup>*

---

## RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho verificar o comportamento e os efeitos da secagem de grãos de milho farináceo de pericarpo branco e amarelo. Os grãos de milho foram secos nas temperaturas de 30, 50, 70 e 90°C até atingirem 13% de umidade. Foi realizado o perfil colorimétrico dos grãos após a secagem. Conforme o aumento da temperatura de secagem, ocorreu a redução no tempo de secagem, passando de 570 min a 30°C para 60 min a 90°C no milho branco, e de 720 min a 30°C para 70 min a 90°C no milho amarelo. Com o aumento da temperatura de secagem o milho branco apresentou maior tendência a coloração amarela. Independente da temperatura de secagem o milho amarelo sofreu alterações na cor do pericarpo, comparado aos grãos não secos.

Palavras-chave: Milho branco, Milho amarelo, Perfil colorimétrico.

## INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais cultivados no mundo, destinado para a alimentação humana e animal. Atualmente o Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial de produção (cerca de 86 milhões de toneladas), que equivale a 8% da produção mundial (CONAB, 2018).

---

<sup>1</sup>Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS), Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA), da Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), campus universitário, s/n, CEP 96010-900, Capão do Leão/RS. E-mail: mauricio@labgraos.com.br

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Br 392, km 78, CEP 96010-971, Pelotas/RS. E-mail: eberson.eicholz@embrapa.br

A colheita é uma das principais etapas na produção de grãos. Normalmente os grãos de milho são colhidos com um teor de água acima do recomendado, sendo necessário a secagem tecnificada para valores ao redor de 13% com a finalidade de obter-se um armazenamento seguro (Elias, 2017; Takayama, 2007). A redução da quantidade de água diminui a atividade metabólica dos grãos e de organismos associados (Elias, 2017).

A secagem dos grãos ocorre na presença de um gradiente de pressão de vapor. Nesse caso é necessário que a pressão de vapor do ar utilizado para a secagem seja menor que a pressão de vapor do ar secante (Guimarães et al., 2015).

Durante a secagem de grãos de milho é importante monitorar o teor de umidade e a temperatura da massa de grãos, pois são fatores que afetam a qualidade final do produto (Jayas e White, 2003; Eckhoff e Watson, 2009; Odjo et al., 2012). Por essa razão é fundamental observar o comportamento dos grãos de milho durante a secagem em altas e baixas temperaturas.

Sendo assim, objetivou-se verificar o comportamento cinético da secagem de grãos de milho em diferentes temperaturas e observar os efeitos sobre o perfil colorimétrico dos grãos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados grãos de milho farináceos de pericarpo branco e amarelo. Os grãos foram cultivados e colhidos na Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, na safra 2017/2018. Após a colheita os grãos foram transportados até o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS), onde foi feita a secagem e as análises dos grãos.

Os grãos de milho foram secos nas temperaturas de 30, 50, 70 e 90°C até atingirem 13% de umidade. Foi utilizado um secador estacionário, com velocidade do ar de secagem de 0,5 m/s. As equações de secagem dos grãos de milho foram feitas por meio do software Excel.

Foram feitas as curvas de secagem e temperatura da massa de grãos durante a secagem. A temperatura da massa de grãos foi mensurada por meio de um termômetro digital (Testo AG, Alemanha).

O perfil colorimétrico foi obtido por meio do colorímetro Minolta (Modelo CR-310, Osaka, Japão), capaz de realizar leituras de cores em um sistema tridimensional, gerando os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . O parâmetro  $L^*$ , representa a luminosidade e vai de preto ( $L=0$ ) a branco ( $L=100$ ). Os valores das coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ , variam de -a (verde) até +a (vermelho) e de -b (azul) até +b (amarelo), respectivamente. As amostras foram

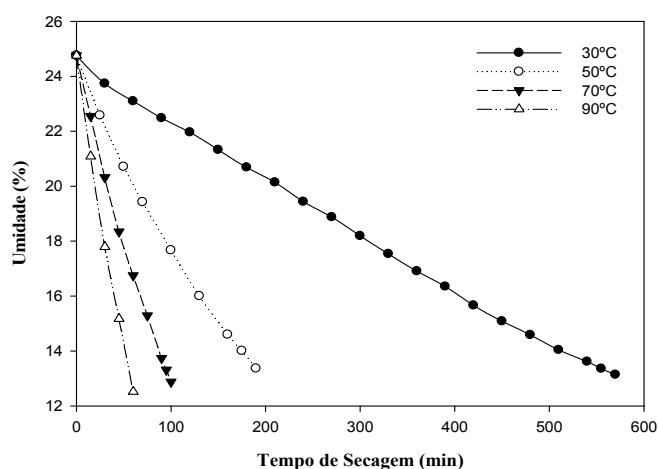
colocadas em um recipiente circular, sendo feitas 12 leituras por amostra, em pontos aleatórios imediatamente sobre os grãos. Os resultados foram submetidos a análise de variância ANOVA, seguidos de teste TUKEY a um nível de significância de 5% para a comparação das médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

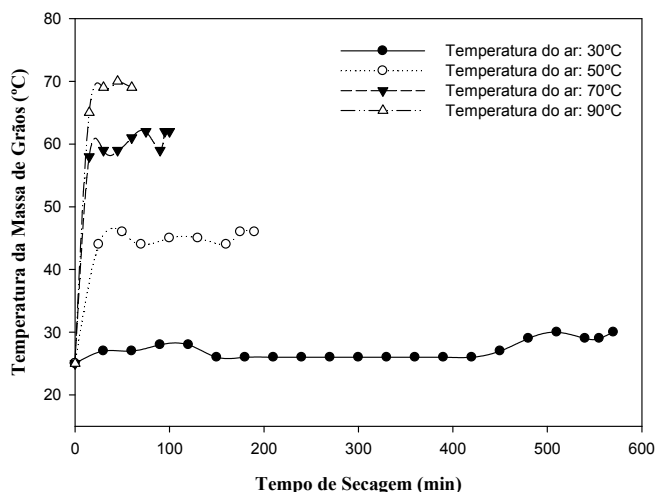
Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas, respectivamente, as curvas de secagem e a temperatura da massa de grãos durante a secagem de milho farináceo de pericarpo branco. Inicialmente os grãos de milho branco estavam com aproximadamente 25% de umidade. Observa-se que quanto maior a temperatura do ar de secagem menor foi o tempo para os grãos atingirem a umidade de 13%. A secagem a 30°C prolongou-se durante 570 min e na temperatura de 90°C ocorreu por 60 min.

As secagens nas temperaturas de 70 e 90°C apresentaram uma rápida remoção de água dos grãos. Abasi e Minaei (2014) apresentam resultados semelhantes para a secagem de milho (variedade KSC704) a 40, 50, 60 e 70°C. Esses autores destacam que o tempo de secagem a 40°C foi aproximadamente 21% maior que a 50°C e assim sucessivamente.

Quanto maior a temperatura do ar de secagem foi maior a temperatura atingida pela massa de grãos de milho branco. Na secagem com temperatura do ar a 30°C a massa de grãos atingiu a mesma temperatura no final da secagem. No entanto, nas secagens com a temperatura do ar de 50, 70 e 90°C os grãos de milho brancos não atingiram a temperatura do ar de secagem. Nesses casos as temperaturas máximas atingidas pela massa de grãos foi de 46, 62 e 70°C, respectivamente.



**FIGURA 1.** Curvas de secagem em diferentes temperaturas de grãos de milho farináceos de pericarpo branco



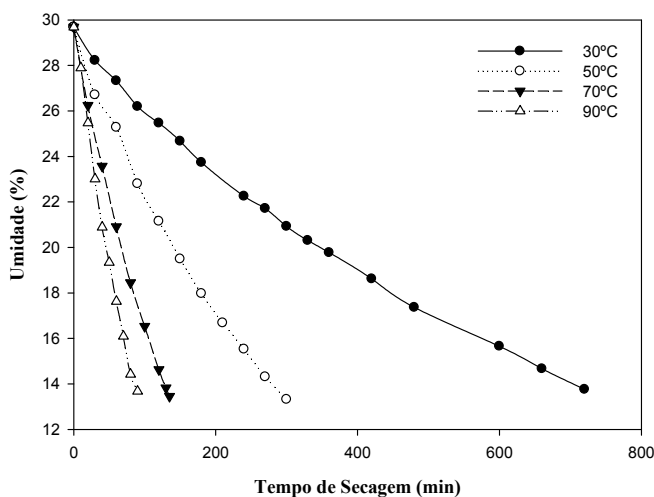
**FIGURA 2.** Temperatura da massa de grãos durante a secagem de milho farináceo de pericarpo branco

Na Tabela 1 são apresentadas as equações de secagem de milho farináceos de pericarpo branco. Essas equações são importantes para calcular o tempo de secagem (x) ou a umidade dos grãos (y) em determinado tempo de secagem.

**TABELA 1.** Equações polinomiais de segunda ordem para a secagem de milho farináceo branco em diferentes temperaturas

Temperatura de Ar	Equação Polinomial	R <sup>2</sup>
30°C	$y = 0,000004 x^2 - 0,0227 x + 24,585$	0,9993
50°C	$y = 0,0001 x^2 - 0,0836 x + 24,659$	0,9997
70°C	$y = 0,0004 x^2 - 0,1574 x + 24,751$	0,9997
90°C	$y = 0,0009 x^2 - 0,254 x + 24,725$	0,9997

Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas, respectivamente, as curvas de secagem e a temperatura da massa de grãos durante a secagem de milho farináceo de pericarpo amarelo.

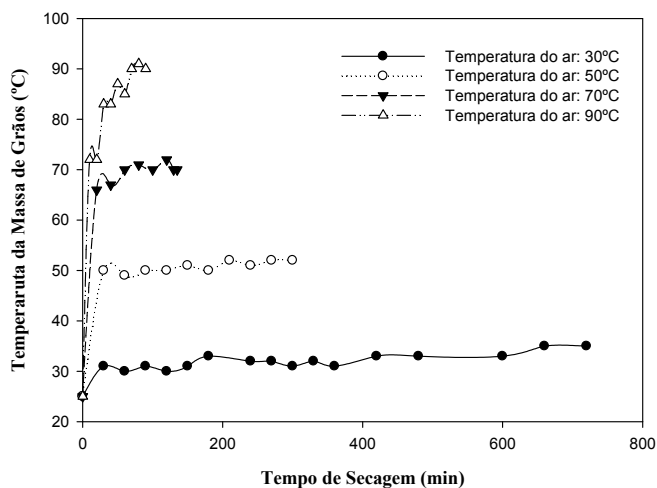


**FIGURA 3.** Curvas de secagem em diferentes temperaturas de grãos de milho farináceos de pericarpo amarelo

Inicialmente os grãos de milho amarelos estavam com aproximadamente 30% de umidade. O maior tempo de secagem foi obtido na secagem a 30°C (720 min) e o menor tempo de secagem foi obtido na secagem a 90°C (90 min). Elevadas temperaturas de secagem proporcionam uma rápida diminuição do teor de umidade dos grãos de milho (Odjo et al., 2011).

Durante a secagem o milho farináceo de pericarpo amarelo atingiu a mesma temperatura do ar de secagem, principalmente no final da secagem. Segundo Andrade et al. (2004) a temperatura da massa de grãos tende a aumentar no final da secagem. Nesse momento há uma quantidade menor de água para ser removida.

A secagem em elevadas temperaturas (70 e 90°C) apresentaram um comportamento próximo a linearidade (Figura 3) e as equações polinomiais são apresentadas na Tabela 2.



**FIGURA 4.** Temperatura da massa de grãos durante a secagem de milho farináceo de pericarpo amarelo

**TABELA 2.** Equações polinomiais de segunda ordem para a secagem de milho farináceo amarelo em diferentes temperaturas

Temperatura de Ar	Equação Polinomial	R <sup>2</sup>
30°C	$y = 0,00002 x^2 - 0,0321 x + 29,215$	0,9986
50°C	$y = 0,00009 x^2 - 0,0792 x + 29,428$	0,9986
70°C	$y = 0,0003 x^2 - 0,1662 x + 29,598$	0,9998
90°C	$y = 0,0008 x^2 - 0,2532 x + 29,999$	0,9984

**TABELA 3.** Perfil colorimétrico de milho branco farináceo e amarelo farináceo antes e após a secagem em diferentes temperaturas

Parâmetros Colorimétricos	L	a*	b*
<b>Temperatura de Secagem</b>	<b>Branco Farináceo</b>		
<b>Inicial (Sem secar)</b>	<b>72,11 ± 4,90<sup>c*</sup></b>	<b>-0,32 ± 0,61<sup>a</sup></b>	<b>18,43 ± 1,27<sup>c</sup></b>
30°C	71,41 ± 3,81 <sup>c</sup>	-1,07 ± 0,50 <sup>b</sup>	19,43 ± 1,05 <sup>bc</sup>
50°C	76,28 ± 3,54 <sup>ab</sup>	-0,96 ± 0,61 <sup>b</sup>	20,70 ± 1,76 <sup>ab</sup>
70°C	72,60 ± 4,90 <sup>bc</sup>	-1,22 ± 0,43 <sup>bc</sup>	19,05 ± 1,85 <sup>c</sup>
90°C	78,28 ± 3,96 <sup>a</sup>	-1,62 ± 0,63 <sup>c</sup>	21,98 ± 1,62 <sup>a</sup>
<b>Temperatura de Secagem</b>	<b>Amarelo Farináceo</b>		
<b>Inicial (Sem secar)</b>	<b>66,38 ± 7,15<sup>b</sup></b>	<b>-3,74 ± 1,44<sup>b</sup></b>	<b>44,90 ± 6,98<sup>b</sup></b>
30°C	75,42 ± 6,63 <sup>a</sup>	-1,57 ± 2,25 <sup>a</sup>	48,54 ± 8,11 <sup>ab</sup>
50°C	72,78 ± 2,92 <sup>a</sup>	-0,25 ± 1,32 <sup>a</sup>	52,62 ± 7,36 <sup>a</sup>
70°C	72,41 ± 3,84 <sup>a</sup>	-0,64 ± 1,86 <sup>a</sup>	47,77 ± 8,77 <sup>ab</sup>
90°C	70,99 ± 7,34 <sup>ab</sup>	-0,45 ± 2,02 <sup>a</sup>	45,16 ± 8,04 <sup>ab</sup>

\*Médias aritméticas ± desvio padrão (n=3), seguido por letras iguais na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, com um nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ).

Na Tabela 3 são apresentados os perfis colorimétricos dos grãos de milho farináceo de pericarpo branco e amarelo. O milho de pericarpo branco apresentou maior luminosidade (coloração clara) dos grãos secos a 90°C. Não teve diferença nesse parâmetro entre os grãos antes e após a secagem a 30°C. O milho branco apresentou maior tendência a coloração amarela com o aumento da temperatura de secagem.

O milho de pericarpo amarelo apresentou maior luminosidade nos grãos submetidos a secagem a 30, 50 e 70°C. Os grãos secos a 90°C mostraram-se com menor luminosidade e não apresentou diferença dos grãos antes da secagem. Independente da temperatura de secagem o milho amarelo apresentou uma alteração na cor do pericarpo. Houve uma tendência à cor vermelha, comparado aos grãos não secos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABASI, S.; MINAEI, S.; Effect of Drying Temperature on Mechanical Properties of Dried Corn. **Drying Technology**, v. 32, n. 7, p. 774-780, 2014.

ANDRADE, E. T.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M.; PEIXOTO, A. B. Determinação de propriedades térmicas de grãos de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28 n. 3, p. 488-498, 2014.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, 2018. 140p.

ECKHOFF, R.S.; WATSON, S. Corn and sorghum starches: production. **Starch: Chemistry**

and Technology, p. 373-439, 2009.

ELIAS, M. C. **Tecnologias de Pré-Armazenamento, Armazenamento e Conservação de Grãos**. Pelotas: UFPel 2017. 102p.

GUIMARÃES, D. S.; LUZ, C. A. S.; PERES, W. B.; LUZ, M. L. G. S.; GADOTTI, G. I. **Secagem de Grãos e Sementes**. Pelotas: Gráfica Santa Cruz, 2015. 314p.

GUSTAFSON, R.J., THOMPSON, D.R., SOKHANSANJ, S., 1979. Temperature and stress analysis of corn kernel-finite element analysis. ASAE, p.955–960, 1979.

JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. Storage and drying of grain in Canada: low cost approaches. **Food Control**, v.14, p.255–261, 2003.

ODJO, S.; MALUMBA P.; DOSSOU, J.; JANAS, S.; BÉRA, F. Influence of drying and hydrothermal treatment of corn on the denaturation of salt-soluble proteins and color parameters. **Journal of Food Engineering**, v.109, p.561-570, 2012.

TAKAYAMA, H. **A importância da secagem de grãos dentro do processo de armazenagem**. Cuiabá, 2007.