

EFEITOS DE DIFERENTES MÉTODOS E TEMPERATURA DE SECAGEM SOBRE PROPRIEDADES QUÍMICAS DA FARINHA DE MILHO BRANCO

Newiton da Silva Timm¹; Eberson Diedrich Eicholz²; Gustavo Heinrich Lang³; Adriano Hirsch Ramos³; Cristiano Dietrich Ferreira⁴; Maurício de Oliveira⁵.

¹Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas.

²Pesquisador, Embrapa Clima Temperado.

³Doutorando em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas.

⁴Pesquisador de Pós-Doutorado, Universidade Federal de Pelotas.

⁵Professor e Pesquisador, Universidade Federal de Pelotas. E-mail: mauricio@labgraos.com.br

RESUMO - Este estudo objetivou investigar os efeitos dos métodos de secagem na solubilidade proteica, atividade da enzima lipase e ácidos graxos livres da farinha de milho branco seco nas temperaturas de 70 e 90 °C. Foi observada uma redução da solubilidade proteica e da atividade da enzima lipase, que está relacionado com o aumento da intensidade e do tempo de exposição dos grãos ao ar aquecido. Entretanto, nessas mesmas condições, com o aumento da temperatura de secagem houve uma redução do conteúdo de ácidos graxos livres.

PALAVRAS-CHAVE: milho farináceo branco; métodos de secagem; solubilidade proteica; lipase; acidez.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos grãos mais difundidos no mundo devido seu alto valor nutricional e sua fácil adaptação em diferentes condições ambientais (EICHOLZ, 2016). O grão de milho constitui-se de endosperma (82,3%), gérmen (11,5%), pericarpo (5,3%) e ponta (0,8%). A composição química desse grão, em base seca, é 72,4% de amido, 9,6% de proteínas, 4,7% de óleo, 1,94% de açúcares e 1,43% de cinzas (BEMILLER; WHISTLER, 2009).

No endosperma encontra-se a maior parte do amido (86,6%) e proteínas de reserva (8,6%) do tipo prolaminas, chamadas de zeínas (BEMILLER; WHISTLER, 2009). Conforme a distribuição dos grânulos de amido e da matriz proteica, o endosperma do milho é classificado em farináceo e vítreo. No primeiro, os grânulos de amido são arredondados e estão dispersos, o que resulta em espaços de ar internamente. Já no endosperma vítreo há uma matriz proteica densa, com corpos proteicos estruturados, que circundam os grânulos de amido e formam uma estrutura compactada (DELLOUR; HOSENEY, 2010).

A colheita dos grãos de milho normalmente ocorre com umidade elevada (25 a 30%, base úmida). Sendo assim, deve ser realizada a secagem artificial dos grãos até níveis de umidade adequados para o armazenamento seguro (12 a 13%, base úmida). Segundo Elias *et al.* (2017), existem diferentes métodos em que é possível secar grãos de milho, como a secagem em leito fixo e intermitente. Além dos métodos convencionais, a secagem por aquecimento com radiação infravermelha vem sendo estudada para a secagem de grãos e apresentou uma redução do consumo energético (BUALUANG *et al.*, 2012).

Na secagem em leito fixo não há a movimentação da massa de grãos e o ar de secagem é forçado a passar por entre os grãos. Nesse método pode ser utilizado o ar ambiente ou aquecido (ELIAS *et al.*, 2017). A secagem intermitente é um processo não contínuo com períodos de não exposição dos grãos ao ar de secagem (temperagem), e que tem sido amplamente utilizada devido à redução dos gradientes de umidade interna na têmpera (DONG *et al.*, 2009). No método de secagem em leito fixo, são secos maiores volumes de grãos ao mesmo tempo, em relação a secagem intermitente.

A utilização do ar aquecido para a remoção de água dos grãos é um modelo consolidado na pós-colheita de grãos. No entanto, a secagem com radiação infravermelha tem vantagens em

relação as secagens convencionais, como: redução do tempo de secagem, alta eficiência energética e redução da vazão do ar de secagem, quando utilizado (TOGRUL, 2005).

Nesse sentido, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos dos métodos de secagem intermitente com 10 e 30 min de exposição a câmara de secagem, leito-fixo e por radiação infravermelha, na solubilidade proteica, atividade de lipase e ácidos graxos livres da farinha de grãos de milho brancos seco nas temperaturas de 70 e 90 °C.

METODOLOGIA

As amostras da cultivar de milho BRS 015FB (endosperma completamente farináceo e tegumento branco) foram colhidas na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, e imediatamente transportados ao Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEl) para a realização da secagem.

A secagem em leito fixo foi realizada em um secador experimental com potência de aquecimento do ar de 10 kW e diâmetro da câmara de secagem de 0,30 m. Os grãos (5 kg) foram secos à 70 e 90 °C com velocidade do ar de 0,5 m.s⁻¹. As secagens intermitentes com 10 e 30 min de exposição ao ar de secagem foram conduzidas com relação de intermitência de 1:6 (secagem/intermitência), de acordo com Zhao *et al.* (2018). A secagem intermitente foi realizada no mesmo equipamento para secagem em leito fixo. Os grãos (3 kg) foram secos nas temperaturas de 70 e 90 °C e velocidade do ar de 0,5 m.s⁻¹. Na têmpera, os grãos foram acondicionados em uma câmara de equalização isolada termicamente, com temperatura de 25 °C e sem fluxo de ar. A secagem por radiação infravermelha foi realizada com um emissor de radiação infravermelha (IR) (Moisture Balance, Gibertini, modelo Crystaltherm, Itália) com potência de 300 W e situada sobre e perpendicular aos grãos. Os grãos foram secos a 70 e 90 °C, sem fluxo de ar.

Após a secagem foi realizada a moagem dos grãos em moinho laboratorial (Perten 3100, Perten Instrumentes, Huddinge, Sweden), com granulometria padronizada para 70 mesh.

A solubilidade proteica em água foi determinada de acordo com Liu *et al.* (1992). O conteúdo de nitrogênio foi determinado pelo método de micro Kjeldahl, com fator de conversão nitrogênio para proteína de 6,25. A atividade de lipase foi mensurada de acordo com Kaur *et al.* (1993) e foi expressa em percentual de lipólise (%). Os ácidos graxos livres foram determinados de acordo com o método descrito pela AACC método 02-01A (AACC, 2000). A acidez foi expressa em mg de hidróxido de sódio necessário para neutralizar 100 g de farinha, com fenolfaleína como solução indicadora.

As determinações analíticas foram realizadas em triplicata e os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 95% ($P < 0,05$). As variáveis dependentes que foram influenciadas pelas variáveis independentes foram comparadas pelo teste t entre as temperaturas de secagem (70 e 90 °C) e comparados pelo teste de Tukey (5%) entre os diferentes métodos de secagem (Intermitente – 10 min, intermitente – 30 min, leito fixo e infravermelho).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da solubilidade proteica, atividade da enzima lipase e ácidos graxos livres da farinha obtida de grãos de milho brancos secos em diferentes métodos a 70 e 90 °C são apresentados na Tabela 1.

A solubilidade proteica reduziu com o aumento da temperatura de secagem, independentemente do método. Na secagem a 70 °C, foi observada uma redução de 44.04% e 43.89% na proteína solúvel da farinha dos grãos de milho secos pelo método intermitente – 30 min, quando comparado a secagem por radiação infravermelha e leito fixo, respectivamente. Na secagem a 90 °C, a maior solubilidade proteica (8.77%) foi observada na farinha dos grãos secos em leito fixo, seguido dos grãos secos por radiação infravermelha (4.83%), intermitente – 10 min (4.72%) e intermitente – 30 min (3.05%) (Tabela 1). A atividade da enzima lipase reduziu com o

aumento da temperatura de secagem de 70 para 90 °C nos métodos intermitente – 10 min, intermitente – 30 min e radiação infravermelha. Independente da temperatura de secagem, as maiores atividades da enzima lipase foram observadas na secagem em leito fixo (Tabela 1).

Tabela 1. Proteína solúvel, atividade de lipase e ácidos graxos livres de farinha obtida de grãos de milho brancos secos a 70 e 90 °C pelos métodos intermitente 10 min, intermitente 30 min, leito fixo e por radiação infravermelha

Métodos de Secagem	70 °C*	90 °C*
<i>Proteína Solúvel (%)</i>		
Intermitente – 10 min	8,30 ± 0,33 α AB	4,72 ± 0,54 β BC
Intermitente – 30 min	6,29 ± 0,23 α B	3,05 ± 0,79 β C
Leito fixo	11,21 ± 0,06 α A	8,77 ± 0,10 β A
Radiação Infravermelha	11,24 ± 2,45 α A	4,83 ± 0,85 β B
<i>Atividade de lipase (%)</i>		
Intermitente – 10 min	5,00 ± 0,34 α B	3,62 ± 0,84 β B
Intermitente – 30 min	2,27 ± 0,25 α C	1,62 ± 0,17 β C
Leito fixo	6,73 ± 0,01 α A	6,69 ± 0,38 α A
Radiação Infravermelha	1,61 ± 0,59 α C	0,47 ± 0,13 β C
<i>Ácidos Graxos Livres (mg NaOH.100g⁻¹)</i>		
Intermitente – 10 min	2,08 ± 0,11 α A	1,77 ± 0,04 β B
Intermitente – 30 min	1,98 ± 0,00 α A	2,06 ± 0,06 α A
Leito fixo	1,34 ± 0,06 α B	1,22 ± 0,01 β C
Radiação Infravermelha	2,12 ± 0,02 α A	1,98 ± 0,05 β A

*Letras gregas comparam por teste t ($P < 0,05$) as temperaturas de secagem. Letras maiúsculas comparam pelo teste de Tukey (5%) os métodos de secagem.

A redução da solubilidade proteica e da atividade de lipase está relacionado com as elevadas temperaturas observadas nos grãos durante a secagem, principalmente nas secagens intermitente e por radiação infravermelha. A temperatura atingida pela massa de grãos na secagem em leito fixo foi menor devido ao maior volume de grãos secos nesse método.

Elevadas temperaturas podem desnaturar as proteínas do milho, principalmente devido as modificações na estrutura da zeína, como interações hidrofóbicas, dobramento de cadeias e ligações covalentes com outros compostos (MALUMBA *et al.*, 2008). A redução da atividade da enzima lipase está associada à desnaturação das albuminas. De acordo com Malumba *et al.* (2008), as albuminas são as principais proteínas enzimáticas presentes nos grãos de milho e as que desnaturam mais facilmente a elevadas temperaturas.

A acidez reduziu 14,9%, 9,0% e 6,6% com o aumento da temperatura de secagem de 70 para 90 °C na farinha obtida dos grãos secos pelo método intermitente – 10 min, leito fixo e infravermelho. Independente da temperatura de secagem, a menor acidez foi observada nas farinhas obtidas dos grãos secos pelo método de leito fixo (Tabela 1). A exposição dos grãos ao calor acelerou o processo de oxidação lipídica e aumentou o percentual de ácidos graxos livres (STEWART *et al.*, 2003).

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo demonstraram que a redução da solubilidade proteica e da atividade da enzima lipase estão associados com o aumento da intensidade de calor na qual os grãos foram submetidos durante a secagem.

REFERÊNCIAS

AACC. Fat acidity e general method. Method 02-01A. In: **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. American Association of Cereal Chemists, Inc, St. Paul, MN, USA, 2000.

BEMILLER, J.; WHISTLER, R. **Starch: Chemistry and technology**. Third edition. Food Science and Technology, International series. Elsevier, 2009. 879p.

BUALUANG, O.; TIRAWANICHAKUL, Y.; TIRAWANICHAKUL, S. Comparative study between hot air and infrared drying of parboiled rice: kinetics and qualities aspects. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 37, p. 1119-1132, 2012.

DELCOUR, J. A.; HOSENEY, R. C. **Principles of Cereal Science and Technology**. Editora AACCI International, 2010. 270p.

DONG, R.; LU, Z.; LIU, Z.; NISHIYAMA, Y.; CAO, W. Moisture distribution in a rice kernel during tempering drying. **Journal of Food Engineering**, v. 91, p. 126–132, 2009.

EICHOLZ, E. D.; GRIEP, L.; AIRES, R. F.; EICHOLZ, M. D. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento: Avaliação agrônômica de variedades de milho de polinização aberta no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 26p.

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; LANG, G. H.; VANIER, N. L. **Certificação de unidades armazenadoras de grãos e fibras no Brasil**. Pelotas: Gráfica Santa Cruz, 2017. 375p.

KAUR, J.; RAMAMURTHY, V.; KOTHARI, R. M. Characterization of oat lipase for lipase for lipolysis of rice bran oil. **Biotechnology Letters**, v. 15, p. 257-262, 1993.

LIU, K.; MCWATTERS, K. H.; PHILLIPS, R. D. Protein insolubilization and thermal destabilization during storage as related to hard-to-cook defect in cowpeas. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n. 12, p. 2483-2487, 1992.

MALUMBA, P.; VANDERGHEM, C.; DEROANNE, C.; BÉRA, F. Influence of drying temperature on the solubility, the purity of isolates and the electrophoretic patterns of corn proteins. **Food Chemistry**, v. 111, n. 3, p. 564–572, 2008.

STEWART, O. J.; RAGHA, G. S. V.; ORSAT, V.; GOLDEN, K. D. The effect of drying on unsaturated fatty acids and trypsin inhibitor activity in soybean. **Process Biochemistry**, v. 39, p. 483-489, 2003.

TOGRUL, H. Simple modeling of infrared drying of fresh apple slices. **Journal of Food Engineering**, v. 71, p. 311-323, 2005.

ZHAO, Y.; HUANG, H.; CHEN, X. F.; WANG, F. H.; CHEN, P. X.; TU, G.; YANG, D. Y. Tempering-drying simulation and experimental analysis of corn kernel. **International Journal of Food Engineering**, v. 14., 2018.

GERMINAÇÃO DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE MILHO CONVENCIONAL SUBMETIDOS AO ESTRESSE SALINO COM CLORETO DE POTÁSSIO

Letícia Nayara Fuzaro Rodrigues¹; Allan Hisashi Nakao²; Adriel José Sobral¹; Igor Rodolfo Munhoz¹.

¹Graduanda(o) em Agronomia, Centro Universitário de Santa Fé do Sul - UNIFUNEC.

²Doutor em Sistema de Produção, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul - UNIFUNEC. E-mail: allanhisashinakao@gmail.com

RESUMO - Estudou-se o efeito do estresse salino pelo aumento das concentrações de cloreto de potássio na germinação e crescimento das plântulas de milho convencional. Trabalhou-se com seis tratamentos (-0; -0,4; -0,8; -1,2; -1,6 e -1,8 MPa) e três repetições. Avaliou-se contagem inicial e final, comprimento de plântulas, matéria fresca e seca. Dentre as concentrações, a que provocou efeito negativo na germinação foi de -1,8 MPa. Maiores concentrações de KCl prejudicam o desenvolvimento das plântulas.

PALAVRAS-CHAVE: salinidade; desempenho de sementes; *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

As altas concentrações de sais no solo podem restringir a germinação e emergência das plântulas pela diminuição do potencial osmótico, onde a disponibilidade hídrica e o movimento de água para as sementes são importantes.

Conforme Torres *et al.* (2000), em algumas regiões como as regiões áridas e semiáridas, o problema com altas concentrações de sais no solo interferem diretamente na produção agrícola. Esse fato é devida a salinização presente no solo que prejudica significativamente a germinação, bem como o estande final de plantas, o desenvolvimento, a produtividade e dependendo do caso a seca das plântulas (SILVA; PRUSKI, 1997).

Para as plantas as altas concentrações de sais é um fator muito negativo e causam muito estresse, principalmente por ocorrer a redução do potencial osmótico, ou seja, água que deveria se tornar disponível para a planta, acaba se tornando retida por causa da ação dos íons sobre uma estrutura que se encontra no interior das células denominado protoplasma. Segundo Ribeiro *et al.* (2001) a água não se tornará disponível as plantas, devido ao potencial osmótico exercido sobre ela, pois ficará retida em solução salina, conforme o aumento da solução de sais, essa água ficará cada vez menos disponível para as plantas. No solo devido ao aumento da salinidade o potencial osmótico diminuirá, implicando na absorção de água realizada pelas raízes (AMORIM *et al.*, 2002).

No entanto é possível encontrar plantas que se adaptem em solos cuja as concentrações são elevadas, isso se deve principalmente pela evolução gerada e a constituição fisiológica da planta que foi se alterando até conseguir se desenvolver em locais com condições adversas (BRADY, 1989). Em algumas culturas com grande importância no cenário econômico como é o caso do milho, feijão, trigo e o sorgo, apresentam uma tolerância maior em relação a outras culturas como por exemplo o arroz (FRANÇOIS *et al.*, 1984; MAAS *et al.*, 1986). Para Guerra (1976) a salinização na cultura do arroz provoca uma sensibilização que é expressa principalmente no período de floração e frutificação.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do estresse salino induzido por concentrações de cloreto de potássio na germinação de sementes e no crescimento de plântulas do cultivar de milho convencional.

METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Sementes do Centro Universitário (UNIFUNEC), localizado no município de Santa Fé do Sul – SP. O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, constando 6 potenciais osmóticos, utilizando como fonte cloreto de potássio (KCL), sendo: 0 (controle); -0,4; -0,8; -1,2; -1,6 e 1,8 MPa com 3 repetições.

Em cada repetição foram dispostas 50 sementes do cultivar de milho convencional IAC - 9015, em folha de papel tipo germitest umedecidas com 2,5 vezes a sua massa de acordo com as soluções citadas anteriormente e enrolados, ao finalizar o procedimento em cada tratamento os rolos foram conduzidos em câmara para germinação da marca Tecnal TE-405, sob temperatura de 25°C.

Foram realizadas avaliações no 4º dia e 7º dia sendo primeira contagem e contagem final, para esse processo foram contabilizados a quantidade de plântulas normais seguindo os critérios apontados pelas Regras para Análise de Sementes, e os resultados foram expresso em porcentagens (BRASIL, 2009).

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada aleatoriamente com 10 plântulas para o comprimento da plântula (CP), massa fresca da plântula (MFP) e massa seca da plântula (MSP).

Os dados gerados foram submetidos à ANOVA pelo teste de F, com médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, além da análise de regressão (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias da porcentagem de plântulas normais nos testes de primeira contagem e contagem final, bem como do comprimento da plântula, massa fresca e massa seca das plântulas, proveniente do cultivar de milho convencional, em cada nível de potencial osmótico de cloreto de potássio (KCl), encontra-se presente na Tabela 1.

Tabela 1. Teste de germinação (%), Comprimento de plântula (CP), Massa fresca da plântula (MFP) e Massa seca da plântula (MSP), cultivar de milho convencional, Santa Fé do Sul – SP, 2019.

Tratamento	CP	MFP	MSP	Primeira contagem da germinação	Contagem final
	cm	(g)	(g)	(%)	(%)
- 0,0 MPa	21,94 ¹	9,54 ²	3,83 ³	94,66 ⁴	96,00 ⁵
- 0,4 MPa	13,40	9,21	4,06	92,00	92,00
- 0,8 MPa	9,00	8,47	4,11	92,66	93,33
- 1,2 MPa	5,38	7,08	4,04	80,66	86,00
- 1,6 MPa	2,63	6,80	4,09	74,00	84,00
- 1,8 MPa	2,02	6,33	3,39	65,33	70,66
Teste F	325,53*	8,30*	3,76*	17,85*	12,94*
DMS	2,07	1,86	0,70	13,84	0,05
CV (%)	8,05	8,30	6,34	5,86	5,09

*Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Equações= $^1y = 5,1877x^2 - 20,069x + 21,51R^2 = 0,9954$; $^2y = -0,1362x^2 - 1,6485x + 9,6811R^2 = 0,9671$; $^3y = -0,589x^2 + 0,944x + 3,7968R^2 = 0,6624$; $^4y = -10,459x^2 + 3,1625x + 94,176R^2 = 0,9743$ e $^5y = -8,592x^2 + 4,1022x + 94,546R^2 = 0,8868$;

Os resultados da análise de variância revelaram efeitos significativos a 5% de probabilidade, em relação as diferentes concentrações de cloreto de potássio utilizadas nas sementes de milho convencional, sendo expresso pelas avaliações realizadas para cada parâmetro. Isso significa que pelo comportamento que apresentaram sobre as diferentes concentrações salinas, mostra a importância sobre esse elemento no desenvolvimento das plântulas, podendo agir de forma negativa.