

Análises químicas dos grãos de soja avariados por percevejo na lavoura durante o armazenamento em diferentes condições**Chemical analysis of soybean grains damaged by stink bug in the agriculture during storage in different conditions**

DOI:10.34117/bjdv6n7-457

Recebimento dos originais:03/06/2020

Aceitação para publicação:17/07/2020

Jaqueline Ferreira Vieira Bessa

Doutora em Ciências Agrárias

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde
Endereço: Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural | Rio Verde - Go CEP: 75.901-970
E-mail: jaqueline@agricola.eng.br

Oswaldo Resende

Doutor em Engenharia Agrícola

Universidade Federal de Viçosa

Endereço: Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural | Rio Verde - Go CEP: 75.901-970
E-mail: osvresende@yahoo.com.br

Rayr Rodrigues Lima

Agrônomo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde
Endereço: Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural | Rio Verde - Go CEP: 75.901-970
E-mail: rodrigues.rayr5@gmail.com

Maria Aparecida da Silva Lopes

Agrônoma

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural | Rio Verde - Go CEP: 75.901-970
E-mail: maria.slopes94@gmail.com

Adrielle Borges de Almeida

Mestra em Agroquímica

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural | Rio Verde - Go CEP: 75.901-970
E-mail: drica.engal@gmail.com

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi avaliar a qualidade do óleo e quantificar as proteínas durante o armazenamento em diferentes condições dos grãos de soja altamente danificados por percevejo na lavoura. Os grãos foram obtidos de lavouras comerciais com 30% de grãos danificados por percevejo. O experimento foi levado a efeito utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado e as análises dos resultados foram feitas utilizando-se um esquema fatorial 2 x 4 x 5, sendo os teores de água de 11,75 e 13,84% (bu), as temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C e armazenados por oito meses em embalagens PEAD com avaliações a cada dois meses. As amostras foram

avaliadas quanto ao teor de óleo, índices de acidez, peróxidos e iodo, além da proteína bruta. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. O teor e a qualidade do óleo extraído dos grãos de soja reduzem com o tempo, independentemente do teor de água de armazenamento.

Palavras-chave: Proteína, Qualidade, Teor de óleo.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the oil quality and to quantify the proteins during the storage in different conditions of the soybean grains highly damaged by stink bug. The grains were collected from commercial crops with 30% of damaged grains per stink bug. The experiment was carried out using a completely randomized design and the analyzes of the results were done using a 2 x 4 x 5 factorial scheme, being stored for eight months, packed in HDPE packages at temperatures of 20, 25, 30 and 35 °C and moisture contents of 11.75 and 13.84% (wb). The samples were evaluated every two months by analyzing oil content, acidity indexes, peroxides and iodine and crude protein. Data were analyzed through analysis of variance and regression. The oil content and the quality of the oil extracted from the soybean grains reduce with time, regardless of the storage water content.

Keywords: Protein, Quality, Oil content.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca no cenário agrícola mundial como segundo produtor de soja totalizando a produção na safra de 2018/19 com 118,8 milhões de toneladas, atrás somente dos Estados Unidos¹. Estima-se que a produção para a safra 2019/2020 de 123 milhões de toneladas superando os Estados Unidos com 112,95 milhões de toneladas².

A exploração intensa das áreas cultivadas durante o ano todo fornece condições ideais para a sobrevivência de percevejos polípagos, que se alimentam de plantas pertencentes a diferentes famílias. A sucessão de culturas favoreceu a adaptação dos percevejos às gramíneas, praga a qual também está causando danos à cultura do milho e outras culturas sucessivas à soja, mas ainda é considerada a principal praga da soja³.

A soja apresenta cerca de 20% de teor lipídico, que são suscetíveis ao processo de deterioração da qualidade, com possível degradação desses compostos, quando armazenada de forma inadequada, o que se pode acarretar sérios prejuízos para a indústria alimentícia, pois a qualidade do óleo refinado é influenciada pela qualidade do óleo bruto e de sua matéria-prima⁴.

O óleo de soja representa entre 20 e 24% de todos os óleos e gorduras mais consumidos no mundo⁵.

O óleo bruto extraído de grãos de soja com teor de água acima de 11% (bu) não mantém a qualidade quando armazenados a temperatura de 40 °C⁶.

Quando o percevejo *Piezodorus guildinni* Westwood insere seu aparelho digestivo para se alimentar dos grãos de soja eles secretam enzimas digestivas presentes na saliva que causam danos a semente, e podem modificar sua estrutura fisiológica e bioquímica⁷.

A qualidade da soja proveniente de regiões quentes do Brasil tem sido comprometida pelos elevados índices de deterioração causada pela umidade⁸ em seu interior. A combinação de teores de água e temperaturas mais elevados intensificam o processo de deterioração de grãos de soja armazenados⁹. Além disso, as condições de armazenamento para os grãos de soja refletem diretamente sobre o rendimento e a qualidade do produto final¹⁰.

Outro fator relevante é a redução da quantidade de água do material que diminui a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento¹¹.

A respiração é um processo fortemente relacionado com a deterioração. Enquanto organismos vivos e em condições aeróbias, os grãos respiram, consumindo reservas, sejam essas como carboidratos, lipídeos, proteínas e/ou ácidos orgânicos. Conseqüentemente, há a liberação de água, gás carbônico e energia (está sob a forma de calor). Grãos deteriorados apresentam maior quociente respiratório (CO₂ liberado/O₂ absorvido), ou seja, maior liberação de CO₂ com menor absorção de O₂, assim como maior desorganização do processo respiratório¹².

Portanto, o objetivo neste trabalho foi avaliar a qualidade do óleo e quantificar as proteínas durante o armazenamento em diferentes condições dos grãos de soja altamente danificados por percevejo na lavoura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais (LPCPV) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano) - Campus Rio Verde.

Foram obtidos em março de 2015, na empresa Caramuru Alimentos S/A, grãos de soja provenientes de lavouras comerciais atacadas por percevejo.

A classificação dos grãos de soja foi realizada por técnico habilitado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), segundo padrão oficial regido pela Instrução Normativa n° 11/2007¹³.

Os grãos foram armazenados com 14,90% (base úmida - bu) de grãos avariados totais, que corresponde a soma de todos os defeitos encontrados (grãos danificados, grãos danificados-fermentados e grãos fermentados). Apresentando em torno de 30% da massa com danos causados pelos percevejos.

Em seguida, promoveu-se o beneficiamento em peneiras de classificação de 3,00 mm de crivos circulares e peneiras de crivos oblongos de 3,00 x 22,00 mm para limpeza, padronização do lote e separação das impurezas. Os grãos foram classificados como do grupo II que, segundo a Instrução normativa n° 11/2007 destinam-se a outros usos, que não são consumidos *in natura*¹³.

As amostras foram avaliadas a cada dois meses analisando-se o teor de óleo, índice de acidez, peróxidos e iodo e proteína bruta.

O teor de água dos grãos de soja foi determinado por gravimetria¹⁴, em estufa de circulação de ar forçado por 24h00 a 105 ± 3 °C. Os grãos de soja apresentaram teor de água inicial de 13,84% (bu). Em seguida, a massa total foi dividida em dois lotes, sendo uma das partes submetida à secagem com ar natural em terreiro, sobre lona plástica ao sol, para reduzir o teor de água até 11,75% (bu).

O experimento foi levado a efeito utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado e as análises dos resultados foram realizadas utilizando-se o esquema fatorial 2 x 4 x 5, sendo dois teores de água, quatro temperaturas, cinco tempos de avaliação em três repetições. Para o fator teor de água, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de significância.

Para os fatores tempo e temperatura realizou-se análise de regressão. Para as variáveis que obtiveram interação de temperatura e tempo, ajustaram-se modelos matemáticos baseados na superfície de resposta, sendo os modelos selecionados com base na significância da equação, pelo teste F, adotando-se o nível de 5% de significância, no coeficiente de determinação (R^2) e no conhecimento da evolução do fenômeno biológico.

Os grãos de soja foram acondicionados em embalagens de polietileno de alta densidade (PEAD) e, posteriormente, armazenados por oito meses em quatro temperaturas (20, 25, 30 e 35 °C) e dois teores de água (11,75 e 13,84% bu). Estas embalagens foram utilizadas para minimizar as trocas de vapor de água, visto que a taxa de permeabilidade do PEAD utilizado é de 0,02 g água embalagem⁻¹ d⁻¹ (BESSA et al., 2015). As amostras foram armazenadas em câmaras climáticas do tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand) reguladas nas diferentes temperaturas.

A temperatura e a umidade relativa no interior das BOD's foram monitoradas por meio de um termohigrômetro digital registrando-as a cada 00h10.

O óleo foi extraído pelo método oficial adaptado, descrito pelo Instituto Adolfo Lutz¹⁶ onde cerca de 100 g de grãos de soja foram triturados, divididos em quatro porções homogêneas (4 x 25 g) e transferidas para um aparelho de extração, tipo Soxhlet. Foram adicionados cerca de 300 mL de hexano e mantidos sob aquecimento em refluxo constante, durante 8h00. O solvente foi retirado

sob pressão reduzida em evaporador rotativo. O teor de óleo foi calculado por meio da soma da quantidade em gramas de óleo obtida vezes 100, dividido pela massa seca dos grãos triturados.

Para a avaliação da qualidade do óleo dos grãos de soja foram realizados os índices de acidez, peróxidos e iodo.

O índice de acidez foi determinado pelo método oficial adaptado, descrito pelo Instituto Adolfo Lutz¹⁶. Em um erlenmeyer de 125 mL foi colocado 1 a 2 g de cada amostra de óleo e adicionados 30 mL de solução de éter etílico e álcool etílico (1:1). O produto foi agitado até a completa diluição do óleo; acrescentando-se três gotas de solução alcóolica do indicador ácido/base fenolftaleína. A titulação foi realizada com solução padronizada de KOH 0,025mol L⁻¹ até o surgimento da coloração rósea, estável por 30 s. O índice de acidez foi calculado pela expressão:

$$IA = \frac{V \times M \times 56,1}{m} \quad ((1))$$

em que,

IA: Índice de acidez, mg KOH g⁻¹ óleo;

V: volume da solução padronizada de KOH, mL;

M: molaridade da solução de KOH;

56,1: massa molecular do KOH;

m: massa da amostra de óleo, g.

Para determinação do índice de peróxidos foi utilizado o método oficial, descrito pelo Instituto Adolfo Lutz¹⁶. Em um erlenmeyer de 125 mL foi colocado cerca de 1 g de cada amostra de óleo, adicionados 6 mL de solução de ácido acético glacial e clorofórmio (3:2) e 0,1 mL de solução saturada de iodeto de potássio, com agitação por cerca de 2 min. Ao produto foram adicionados 40 mL de água destilada e 0,1 mL de solução de amido a 1%. A titulação foi procedida com solução de tiosulfato de sódio padronizada a 0,01M até a mistura ficar transparente. O índice de peróxidos foi calculado conforme a seguinte expressão:

$$IP = \frac{V \times M \times 1000}{m} \quad ((2))$$

em que,

IP: índice de peróxidos, meq kg de amostra⁻¹;

V: volume de Na₂S₂O₃ gasto na titulação da amostra, mL;

M: molaridade da solução de Na₂S₂O₃;

m: massa da amostra, em g.

O índice de iodo foi determinado pelo método oficial, descrito pelo Instituto Adolfo Lutz¹⁶. Em um erlenmeyer de 250 mL foi colocado 0,1 g de cada amostra de óleo e adicionados 5 mL de clorofórmio, 20 mL de solução de Hanus (Iodeto de bromo) e colocado ao abrigo da luz durante 1h00 com agitação manual a cada 00h20. Em seguida, foram adicionados 10 mL de solução de iodeto de potássio a 10%, isenta de iodo livre, 100 mL de água destilada e 2 mL de solução de amido a 0,2%. Em seguida a titulação foi procedida com agitação magnética com solução de tiosulfato de sódio padronizada a 0,1M até a mistura ficar transparente. O índice de iodo foi calculado por meio da expressão:

$$II = \frac{V \times C \times 126,9}{m} \times 100 \quad (3)$$

em que,

II: Índice de Iodo, mg I₂ g óleo⁻¹;

V: volume gasto do branco menos o volume do titulante, L;

C: concentração do titulante, mol L⁻¹;

126,9: massa molecular do iodo;

m: massa da amostra, kg.

A proteína bruta foi determinada pelo método descrito por Silva e Queiroz¹⁷ que consiste na determinação do nitrogênio total. Para converter o resultado em proteína bruta foi utilizado o fator 6,5. A proteína bruta foi obtida utilizando-se os grãos de soja triturados e os resultados foram expressos em porcentagem em relação à massa da amostra seca.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o armazenamento dos grãos as médias de temperatura foram: 21,02 ± 2,15; 25,21 ± 1,66; 29,09 ± 0,47 e 34,35 ± 0,82 °C e de umidade relativa foram: 75,69 ± 12,28; 47,46 ± 16,62; 45,46 ± 12,66 e 30,60 ± 17,47%, respectivamente.

Na Tabela 1, está apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis teor de óleo, índices de acidez, iodo e peróxidos, além da proteína bruta.

Tabela 1. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio para teor de óleo, índices de acidez, iodo e peróxidos e proteína bruta

FV	GL	Teor de óleo (%)	Índice de acidez (mg KOH g óleo ⁻¹)	Índice de iodo (mg I ₂ g óleo ⁻¹)	Índice de peróxidos (meq O ₂ kg óleo ⁻¹)	Proteína bruta (%)
TA	1	28,11**	63,12**	95,69 ^{NS}	225,58**	9,37**
T	3	6,57 ^{NS}	43,26**	2,78x10 ^{3**}	4313,46**	1,96 ^{NS}
T	4	52,63**	32,85**	2,24x10 ^{3**}	11312,02**	34,49**
TAxT	3	1,74 ^{NS}	22,42**	16,34 ^{NS}	3773,56**	1,48 ^{NS}
TAxt	4	6,67 ^{NS}	12,48**	938,89**	235,64**	4,50**
Txt	12	1,39 ^{NS}	9,97**	964,22**	4052,6**	2,18**
TAxTxt	12	3,00 ^{NS}	6,40**	374,91**	2973,27**	2,39**
Resíduo	80	2,99	0,07	115,09	16,46	0,81
CV %		8,94	13,06	9,24	20,72	2,63
Média geral		19,34	2,11	116,10	19,59	34,26

TA: teor de água inicial; T: temperatura; t: tempo. **Significativo a 1% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.

O teor de óleo (Tabela 1) foi influenciado isoladamente pelo teor de água e tempo de armazenamento, não havendo interação entre os fatores. Os índices de acidez, peróxidos, iodo e proteína bruta apresentaram interação tripla entre os fatores teor de água x temperatura x tempo.

Na Tabela 2 e Figura 1 estão apresentados os valores do teor de óleo extraído dos grãos de soja com os diferentes teores de água e tempos de armazenamento, respectivamente.

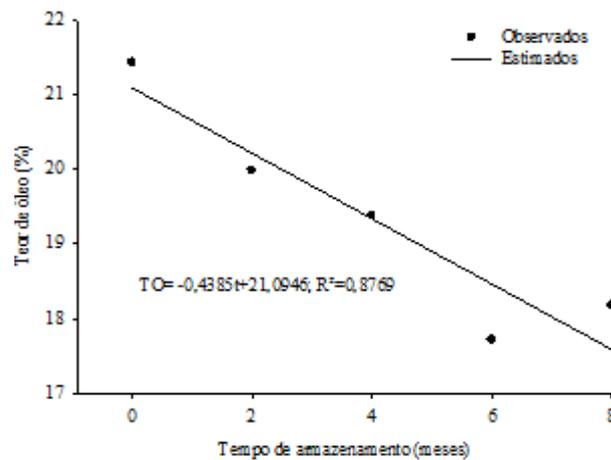
Tabela 2. Teor de óleo dos grãos de soja nos diferentes teores de água

Teor de água (% bu)	Teor de óleo (%)
11,75	18,86 a
13,84	19,82 b

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os grãos com maior teor de água apresentaram maior porcentagem de óleo comparados com os armazenados com 11,75% (bu) de teor de água, sendo superior 0,96%. Bischoff et al.¹⁰ também observaram maior teor de óleo em grãos de soja armazenados com teor de água mais elevado por 180 dias, em atmosfera modificada.

Figura 1. Teor de óleo dos grãos de soja danificados por percevejo na lavoura em função do tempo de armazenamento



O teor de óleo reduziu linearmente ao longo do armazenamento independentemente do teor de água e da temperatura. Nota-se que para cada mês de armazenamento reduziu 0,44% do teor de óleo dos grãos de soja. Alencar et al.⁹ também observaram redução do teor de óleo em grãos de soja armazenados com teor de água de 14,8% (bu) nas temperaturas de 30 e 40 °C. Donadon et al.¹⁸ observaram redução de 0,53% a cada mês no armazenamento de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst). Esta redução pode ser provocada pelo processo respiratório dos grãos, o qual pode consumir lipídeos em seu processo.

Como os grãos foram armazenados em embalagens vedadas e que apresentavam baixa permeabilidade ao vapor d'água eles estavam em um ambiente com atmosfera modificada, o que pode ter propiciado uma respiração anaeróbia, pois o ar externo à embalagem não interagiu com os grãos acondicionados, tendo influência externa apenas da temperatura e tempo de armazenamento, o que pode levar à fermentação destes grãos.

Durante o armazenamento diversas perdas de qualidade podem ocorrer. Além das mudanças no teor de água que depende dos fatores ambientais, mudanças na composição e estrutura química são comuns. A fração lipídica tende a se degradar com o armazenamento, sendo os processos de oxidação e lipólise os causadores desta queda¹⁹.

Cavalcante et al.⁵ encontraram médias de teor de óleo superiores quando extraído com RNM (ressonância nuclear magnética) aos extraídos com soxhlet, porém a correlação não significativa mostra que os dois métodos são equivalentes. As diferentes linhagens avaliadas onde o óleo foi extraído por soxhlet apresentaram média geral de 16,75%, variando de 13,51 a 21,59%. Diferentemente de Gonçalves et al.²⁰ que encontraram valores de 22,54 e 21,72%, para grãos de soja das cultivares BRS 284 e BMX Potência RR, respectivamente.

Na Tabela 3 está apresentado o índice de acidez do óleo extraído dos grãos de soja.

Tabela 3. Índice de acidez (mg KOH g óleo⁻¹) do óleo extraído dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	0,78 a	0,78 a	0,78 a	0,78 a
13,84	0,86 a	0,86 a	0,86 a	0,86 a
	2			
11,75	0,83 a	0,96 a	1,11 a	1,37 a
13,84	1,03 a	1,20 a	1,39 a	1,87 b
	4			
11,75	1,01 a	1,18 a	1,65 a	1,83 a
13,84	1,36 a	1,85 b	2,68 b	4,08 b
	6			
11,75	1,31 a	1,66 a	1,64 a	2,36 a
13,84	1,81 b	2,19 b	2,95 b	8,96 b
	8			
11,75	1,40 a	1,36 a	1,89 a	2,93 a
13,84	1,94 b	2,49 b	3,77 b	13,58 b

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

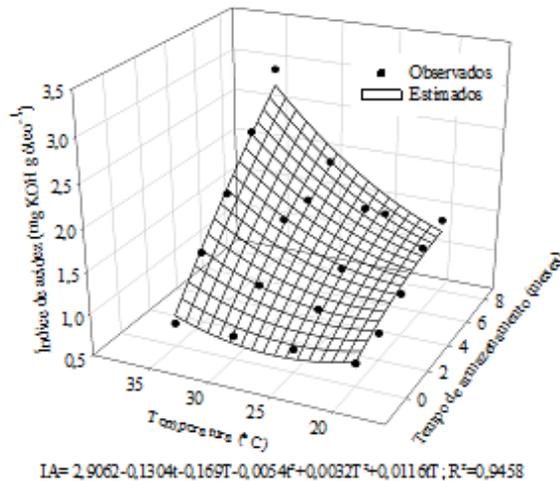
No período inicial, o índice de acidez do óleo extraído dos grãos de soja nos dois teores de água não diferiu. No segundo mês de armazenamento houve diferença nos grãos armazenados a 35 °C, obtendo uma maior acidificação do óleo de grãos com teor de água de 13,84% (bu). No quarto mês apenas nos grãos armazenados a 20 °C não houve diferença. No sexto e oitavo meses o índice de acidez diferiu em todas as temperaturas de armazenamento, sendo maior nos grãos com maior teor de água.

A combinação de teores de água e temperaturas elevados durante o armazenamento dos grãos de soja acelera o processo de deterioração do óleo⁶. O armazenamento de soja com alto teor de água resulta em maior teor de ácidos graxos livres¹⁰ o que pode causar rancidez no óleo extraído.

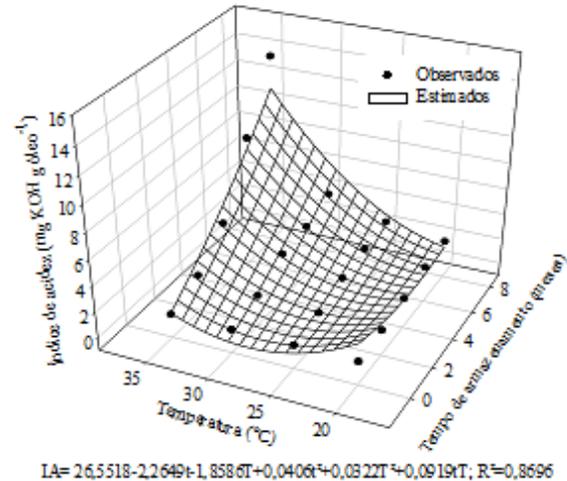
Na Figura 2 está apresentado o ajuste do modelo de superfície de resposta para o índice de acidez do óleo extraído dos grãos de soja nos diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

Figura 2. Índice de acidez do óleo extraído dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo e armazenados com os teores de água de 11,75% (bu) (A) e 13,84% (bu) (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento

A



B



Observa-se na Figura 2 que o índice de acidez aumentou em função do aumento da temperatura e do tempo de armazenamento, sendo maior no óleo extraído dos grãos de soja armazenados com teor de água de 13,84% (bu), variando de 0,86 a 13,58 mg KOH g óleo⁻¹. Nos grãos soja armazenados com 11,75% (bu) de teor de água, o índice de acidez do óleo extraído variou de 0,78 a 2,93 mg KOH g óleo⁻¹.

A ANVISA²¹ determina que a acidez de óleos e gorduras refinados seja no máximo 0,3 g 100 g⁻¹ em ácido oleico, sendo 0,3% de índice de acidez. Em todos os períodos de armazenamento os grãos de soja se mostraram com acidez maior que a recomendada pela ANVISA. O dano que o percevejo causou nos grãos propiciou redução da qualidade do óleo extraído, pois grãos danificados aceleram seu processo respiratório durante o armazenamento, propiciando um acelerado grau de deterioração.

Bischoff et al.¹⁰ descreveram que, maior porcentagem de acidez no óleo extraído de grãos de soja após 180 dias de armazenamento indica a deterioração do material armazenado. A respiração dos grãos propicia a degradação do óleo, pois este é consumido neste processo e consequentemente aumenta a acidez deste óleo extraído.

Na Tabela 4 está apresentado o índice de iodo do óleo extraído dos grãos de soja nos diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

Tabela 4. Índice de iodo ($\text{mg I}_2 \text{ g óleo}^{-1}$) do óleo extraído dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)			
	20	25	30	35
11,75	96,72 a	96,72 a	96,72 a	96,72 a
13,84	118,58 b	118,58 b	118,58 b	118,58 b
	2			
11,75	103,13 a	118,77 b	103,69 a	115,00 a
13,84	105,33 a	82,21 a	111,19 a	109,37 a
	4			
11,75	107,42 a	121,63 a	123,94 a	115,89 a
13,84	106,40 a	111,69 a	110,48 a	120,46 a
	6			
11,75	117,60 a	117,45 a	129,99 a	121,66 a
13,84	108,32 a	124,49 a	142,10 a	136,26 a
	8			
11,75	103,42 a	90,76 a	164,52 b	162,44 a
13,84	92,86 a	115,39 b	142,25 a	146,78 a

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

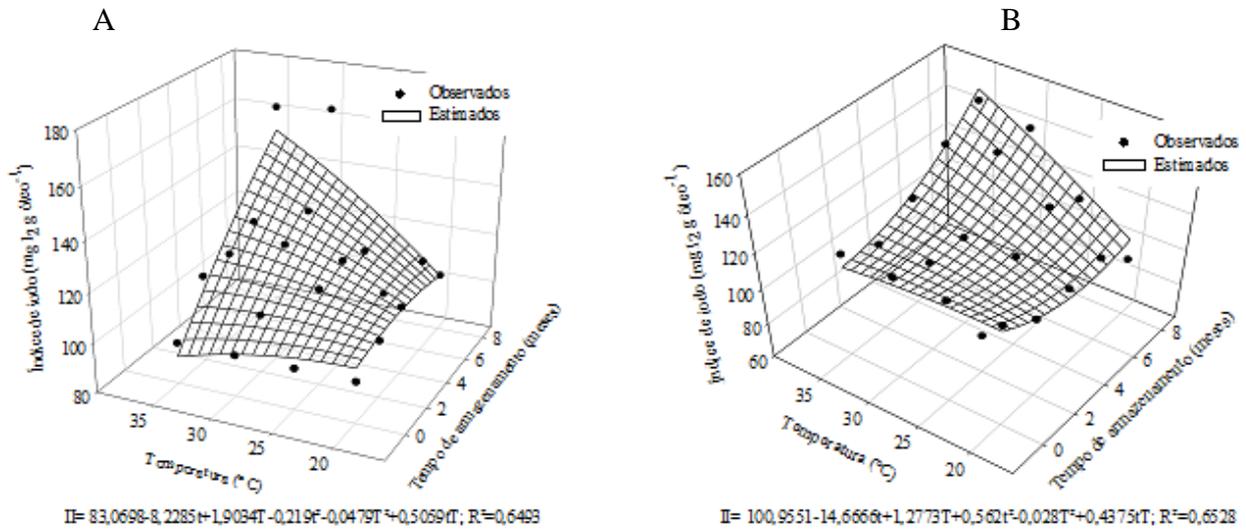
O índice de iodo se diferiu no período inicial, sendo maior no óleo extraído dos grãos armazenados a 13,84% (bu), porém no segundo mês diferiu apenas no óleo extraído dos grãos armazenados a 25 $^{\circ}\text{C}$, sendo maior nos grãos armazenados a 11,75% (bu). No quarto e sexto meses não apresentaram diferenças e no oitavo mês diferiram no óleo extraído dos grãos armazenados a 25 e 30 $^{\circ}\text{C}$.

O índice de iodo é a medida da insaturação que classifica óleos, gorduras e é utilizado como controle de alguns processamentos. Esse índice é baseado no fato de que o iodo e outros halogênios se adicionam numa dupla ligação da cadeia insaturada dos ácidos graxos²², sendo determinado pela ANVISA valores entre 120 e 143 $\text{mg I}_2 \text{ g óleo}^{-1}$ para o óleo de soja.

Alencar et al.⁶ avaliando o índice de iodo do óleo de soja armazenados em diferentes condições não observaram diferença entre as amostras, embora houvesse uma variação ao longo do armazenamento.

Na Figura 3 está apresentado o índice de iodo do óleo extraído dos grãos de soja nos diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

Figura 3. Índice de iodo do óleo extraído dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo e armazenados com os teores de água de 11,75% (bu) (A) e 13,84% (bu) (B) nas diferentes temperaturas no período de oito meses de armazenamento



Observa-se na Figura 3, de acordo com o ajuste do modelo de superfície de resposta, que o índice de iodo aumentou com o aumento da temperatura e do tempo de armazenamento. Donadon et al.¹⁸ observaram diferença do índice de iodo do óleo bruto extraído de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) ao longo do armazenamento, porém aos dados não foi possível ajustar modelo matemático que os descrevessem ao longo do tempo.

Alencar et al.⁶ avaliando a qualidade do óleo em grãos de soja armazenados não observaram diferença entre as amostras nas interações entre teor de água, temperatura e tempo.

Na Tabela 5 está apresentado o índice de peróxidos do óleo extraído dos grãos de soja nos diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

Tabela 5. Índice de peróxidos (meq O₂ kg óleo⁻¹) do óleo extraído dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	7,24 a	7,24 a	7,24 a	7,24 a
13,84	9,06 a	9,06 a	9,06 a	9,06 a
	2			
11,75	12,58 a	12,04 a	10,44 a	8,75 a
13,84	10,13 a	15,74 a	12,73 a	10,48 a
	4			
11,75	32,69 b	8,75 a	9,87 a	11,65 a
13,84	8,38 a	28,07 b	8,81 a	5,36 a
	6			
11,75	3,66 a	27,27 a	168,87 b	5,36 a
13,84	16,85 b	169,60 b	65,78 a	6,66 a

8				
11,75	4,82 a	6,59 a	7,79 a	4,19 a
13,84	5,67 a	6,69 a	5,89 a	5,89 a

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O índice de peróxidos (Tabela 5) do óleo extraído dos grãos de soja se diferiu no quarto e sexto meses de armazenamento, nos demais períodos não houve diferença.

O índice de peróxido é aplicável em estágios iniciais da oxidação. Durante o processo de oxidação, o valor de peróxido atinge um pico e depois declina²³.

Alencar et al.⁶ observaram diferença do índice de peróxidos em óleo de soja nos diferentes teores de água, temperaturas e tempo de armazenamento, sendo maiores os valores nos grãos de soja que foram armazenados em maior teor de água e temperatura.

Pohndorf¹⁹ manteve o óleo de soja bruto extraído por 5h00 em diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 e 80 °C) e observaram que, de acordo com o aumento do tempo e da temperatura a índice de peróxidos aumenta linearmente, tendo maior aumento deste índice com os aumentos de temperaturas.

Os valores de índice de peróxidos e do índice de acidez do óleo devem ser próximos de zero, logo após a colheita, podendo aumentar ao longo do armazenamento ou processamento, evidenciando a perda de qualidade do produto¹⁹.

Regulamentado pela ANVISA²¹, o índice de peróxidos para óleos e gorduras refinados devem apresentar no máximo 10 meq kg⁻¹ de óleo.

De acordo com Pohndorf¹⁹ o aumento de peróxidos é mais intenso em grãos armazenados com maior umidade e em temperaturas mais elevadas.

Na Tabela 6 está apresentado o teor de proteína bruta quantificado nos grãos de soja para diferentes teores de água, temperatura e tempo de armazenamento.

Tabela 6. Proteína bruta (%) dos grãos de soja com elevada danificação por percevejo nos diferentes teores de água e temperaturas ao longo do armazenamento

Teor de água (% bu)	Tempo de armazenamento (meses)			
	0			
	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
11,75	35,17 a	35,17 a	35,17 a	35,17 a
13,84	36,09 a	36,09 a	36,09 a	36,09 a
2				
11,75	36,79 a	36,46 a	35,10 a	34,08 a
13,84	34,65 b	33,31 b	34,71 a	34,83 a
4				
11,75	34,96 a	34,87 a	35,91 a	34,21 a

13,84	34,97 a	34,64 a	33,86 b	31,85 b
6				
11,75	32,57 a	32,92 a	32,39 a	33,39 a
13,84	31,93 a	31,73 a	32,92 ^a	32,24 a
8				
11,75	33,95 a	34,49 a	33,58 a	34,41 a
13,84	35,16 a	32,25 b	32,20 a	34,00 a

Letras iguais na mesma coluna e no mesmo tempo não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A proteína bruta dos grãos de soja danificados por percevejo na lavoura não diferiu no período inicial e no sexto mês de armazenamento. No segundo mês de armazenamento, nas temperaturas de 20 e 25 °C, no quarto mês, nas temperaturas de 30 e 35 °C e no oitavo mês na temperatura de 25 °C os teores de proteína bruta dos grãos de soja foram maiores nos grãos armazenados com o teor de água de 11,75% (bu).

Observa-se que, os resultados indicam que, durante o armazenamento ocorreu degradação das proteínas¹⁸.

Finoto et al.²⁴ avaliando o teor de óleo e proteína com a antecipação e retardamento de colheita de sementes de soja observaram médias de 17,28 e 40,74%, respectivamente e concluíram que, pode-se antecipar a colheita de até 11 dias, utilizando dessecantes, sem prejudicar esta composição.

Ponhdorf¹⁹ afirma que as proteínas tendem a se degradar com o armazenamento, podendo ser degradadas em pequenos peptídeos e aminoácidos.

A proteína bruta dos grãos de soja apresentou média geral de 34,26%, variando de 32,39 a 36,79% nos grãos armazenados a 11,75% (bu) e de 31,73 a 36,09% nos grãos armazenados a 13,84% (bu). Não se ajustou modelos matemáticos para descrever a proteína bruta dos grãos de soja em função da temperatura e tempo de armazenamento. O teste F das equações da superfície de resposta ajustadas aos dados apresentou 2,01 e 5,54 para os grãos armazenados a 11,75 e 13,84%, respectivamente.

Gonçalves et al.²⁰ observaram valores de proteína bruta para grãos de soja das cultivares BRS 284 e BMX Potência RR de 33,24 e 34,74%, respectivamente.

Delarmelino-Ferraresi et al.²⁵ em seus estudos concluíram que a composição química varia entre lotes e cultivares, sendo que o aumento de proteína corresponde a redução do óleo e que os teores de proteína, óleo e ácidos graxos livres evidenciam a relação entre a composição química e a qualidade fisiológica das sementes de soja.

4 CONCLUSÕES

O teor de óleo e a qualidade do óleo extraído dos grãos de soja reduzem com o tempo, independentemente do teor de água de armazenamento. O índice de acidez aumentou com o aumento da temperatura e tempo de armazenamento.

AGRADECIMENTOS

Ao IF Goiano – Campus Rio Verde e à equipe da empresa Caramuru Alimentos S/A em nome de José Ronaldo Quirino e Elivânio dos Santos Rosa pela colaboração, bem como ao CNPq, FAPEG, FINEP e à CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Conab estima safra 2018/2019 em 237,2 milhões de toneladas de grãos **2019**. Disponível em: [<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2019/01/conab-estima-safra-20182019-em-2372-milhoes-de-toneladas-de-graos.html>]. Acessado: 18 junho de 2019.
- [2] USDA – Departamento de Agricultura norte-americano. Brasil pode superar EUA na produção de soja em 2019/20 **2019**. Disponível em: [<https://opresenterural.com.br/brasil-pode-superar-eua-na-producao-de-soja-em-2019-20/>]. Acessado em 18 de junho de 2019.
- [3] FERREIRA, S. B. Interações socioeconômicas no sistema soja e prejuízos causados por *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **2013**. Dissertação (Mestrado) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, GO. 72 f.
- [4] FARONI, L. R. A.; ALENCAR, E. R.; PAES, J. L.; COSTA, A. R.; ROMA, R. C. C. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. *Engenharia Agrícola* **2009**, 29, 91-100. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162009000100010&script=sci_abstract&tlng=pt]
- [5] CAVALCANTE, A. K.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T. Determinação e avaliação do teor de óleo em sementes de soja pelos métodos de ressonância magnética nuclear e soxhlet. *Bioscience Journal* **2011**, 27, 8-15. [<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7353>]

- [6] ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. A.; PETERNELLI, L. A.; SILVA, M. T. C.; COSTA, A. R. Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2010, 14, 303-308. [<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000300010>]
- [7] DEPIERI, R. A.; PANIZZI, A. R. Duration of feeding and superficial and in-depth damage to soybean seed by selected species of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology* **2011**, 40, 197-203. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2011000200007]
- [8] FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por “umidade” e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG 113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios X e testes de potencial fisiológico. *Revista Brasileira de Sementes* **2010**, 32, 123-133. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222010000300014&script=sci_abstract&tlng=pt]
- [9] ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. A.; LACERDA FILHO, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **2009**, 13, 606-613, [<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n5/v13n05a14.pdf>]
- [10] BISCHOFF, T. Z.; COELHO, S. R. M.; SCHOENINGER, V.; CASSOL, F. D. R.; PRADO, N. V. Technological quality of soybean oil obtained from stored grain under controlled environmental conditions. *Engenharia Agrícola* 2016, 36, 1145-1156. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162016000601145]
- [11] ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **2014**, 18, 279-286. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662014000300006&script=sci_abstract&tlng=pt]
- [12] MARTINEZ, C. O. Respiração. **2016**. Disponível em: [http://paginapessoal.utfpr.edu.br/camilamartinez/tecnologia-pos-colheita-de-graos/RESPIRACaO.docx/at_download/file]. Acesso em: 13/11/2017.

- [13] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico da Soja, Instrução normativa n.11, de 15 de maio de **2007**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n.93, p.13-15, 2007a. Seção 1. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17751>> Acesso em: 30/03/2015.
- [14] BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília, **2009**. 399p.
- [15] BESSA, J. F. V.; DONADON, J. R.; RESENDE, O.; ALVES, R. M. V.; SALES, J. F.; COSTA, L. M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I - Qualidade fisiológica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental **2015**, 19, 224-230. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662015000300224&script=sci_abstract&tlng=pt]
- [16] INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, **2008**.
- [17] SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos). 3 ed. Viçosa, UFV, **2002**. 235p.
- [18] DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. R. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidade química. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental **2015**, 19, 231-237. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662015000300231&script=sci_abstract&tlng=pt]
- [19] POHNDORF, R. S. Efeitos da umidade e do resfriamento no armazenamento sobre a qualidade de grãos e do óleo de soja para fins comestíveis e de produção de biodiesel. **2012**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. 83f.
- [20] GONÇALVES, L. C.; RIBEIRO, A. P. C.; SEIBEL, N. F. Composição química e propriedades tecnológicas de duas cultivares de soja. Biochemistry and biotechnology reports **2014**, 3, 33-40. [<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/bbr/article/view/19095>]

- [21] ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Consulta Pública nº 85, de 13 de dezembro de **2004**, D.O.U de 17/12/2004. Disponível em: [http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B8994-1-0%5D.pdf]. Acesso em: 12/10/2017.
- [22] TOFANINI, A. J. Controle de qualidade de óleos comestíveis. **2004**. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 40 f.
- [23] SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. *Food ingredients South America* **2002**, 1, 64-71. Disponível em: [http://hygeia.fsp.usp.br/~eatorres/gradu/frituras.pdf] Acesso em 18 de junho de 2019.
- [24] FINOTO, E. L.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SOARES, M. B. B.; GALLI, J. A.; CORDEIRO JÚNIOR, P. S.; MENEZES, H. S. Antecipação e retardamento de colheita nos teores de óleo e proteína das sementes de soja, cultivar Valiosa RR. *Scientia Agropecuaria* **2017**, 8, 99-107. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172017000200002&script=sci_abstract]
- [25] DELARMELINO-FERRARESI, L. M.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z. Desempenho fisiológico e composição química de sementes de soja. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* **2014**, 9, 14-18. [http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i1a2864]