

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

QUALIDADE TECNOLÓGICA DO ÓLEO DE SOJA OBTIDO DE GRÃOS
ARMAZENADOS EM CONDIÇÕES AMBIENTAIS CONTROLADAS

TÁBATA ZINGANO BISCHOFF

CASCADEL - PR
FEVEREIRO - 2015

TÁBATA ZINGANO BISCHOFF

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DO ÓLEO DE SOJA OBTIDO DE GRÃOS
ARMAZENADOS EM CONDIÇÕES AMBIENTAIS CONTROLADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração: Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

Orientadora: Dr^a. Silvia Renata Machado Coelho

CASCADEL – PR

FEVEREIRO – 2015

1 Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

B527q Bischoff, Tábata Zingano
Qualidade tecnológica do óleo de soja obtido de grãos armazenados em condições ambientais controladas./Tábata Zingano Bischoff. — Cascavel, 2015.
84 p.

Orientador: Profª. Drª. Silvia Renata Machado Coelho

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-graduação Strictu Sensu em Engenharia Agrícola

1. *Glycine max* 2. Oxidação lipídica. 3. Umidade relativa. 4. Extinção específica. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21.ed.633.34

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio – CRB 9ª/965

TÁBATA ZINGANO BISCHOFF

"Qualidade tecnológica do óleo de soja obtido de grãos armazenados em condições ambientais controladas"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação "*Stricto Sensu*" em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, aprovada pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Silvia Renata Machado Coelho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



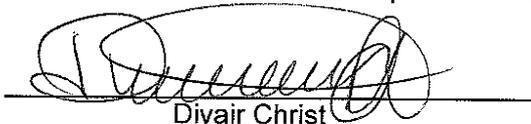
Ellen Toews Doll Hojo

Faculdade Assis Gurgacz (FAG)



Ortência Leocádia Gonzalez da Silva Nunes

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Toledo (UNIOESTE)



Divair Christ

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 12 de Fevereiro de 2015.

BIOGRAFIA

Tábata Zingano Bischoff, concluiu o curso de graduação em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE em dezembro de 2012. Durante a graduação desenvolveu atividades de pesquisa, participando de projeto de iniciação científica - balcão/CNPq, nesta universidade, cujo título do trabalho foi: a influência do uso de água residuária no aparecimento de *Acanthoscelides obtectus* (caruncho) no cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. (feijão comum).

Em março de 2013, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, na área de Engenharia de Sistemas Biológicos Agroindustriais, na linha de pesquisa da Pós-colheita, sob orientação da Prof. Dr^a. Silvia Renata Machado Coelho.

Em fevereiro de 2015, concluiu a pós-graduação com a aprovação desta dissertação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, criador de todas as coisas, minha fé e meu salvador, pelo dom da vida e inteligência. Pela graça de iluminar minha vida em todos os momentos. A Ele todo meu louvor e gratidão.

Aos meus familiares, pai (Alfredo), mãe (Cintia) e irmão (Teodato), por sempre estarem ao meu lado me dando todo apoio. Ao meu namorado (Luciano) pelo amor, carinho e pela compreensão. A eles também sou muito grata.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade e disponibilidade de sua estrutura para que fosse possível a realização do curso e aprimoramento do conhecimento profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão de bolsa de estudos durante a realização deste curso de pós-graduação.

À professora Silva Renata Machado Coelho, minha orientadora, pelas muitas experiências positivas de aprendizagem, por sua atenção, confiança e orientações.

Aos meus colegas, em especial àqueles que contribuíram mais de perto na minha pesquisa. Aos colegas do grupo de pesquisa do Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas, em especial a Vanderleia Schoeninger, Rose Mary Silochi, Péttersen Pramiu, Nayara Boiago, Flávia Cassol, Sabrine Z. da Silva, também ao Edison B. Cunha, técnico do laboratório de Saneamento Ambiental. À amiga, Naimara Vieira do Prado, por todo apoio e paciência.

À empresa Agrícola Horizonte, especialmente ao Engenheiro Agrônomo Werner João Barth, pela doação dos grãos de soja para a execução deste experimento.

QUALIDADE TECNOLÓGICA DO ÓLEO DE SOJA OBTIDO DE GRÃOS ARMAZENADOS EM CONDIÇÕES AMBIENTAIS CONTROLADAS

RESUMO

A soja é uma GR importante, tanto por seu alto valor nutricional quanto para a produção do óleo utilizado na alimentação humana. A reação de oxidação que acontece nos óleos e gorduras é uma das causas principais da deterioração em alimentos, acarretando, deste modo, a diminuição da qualidade nutricional e a qualidade do óleo bruto, que pode ser remediada ou prevenida pelo armazenamento apropriado dos grãos, com temperatura, umidade relativa e teor de água do grão ótimos. Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar as principais alterações na qualidade do óleo de soja bruto, presente em grãos de soja, a partir do armazenamento dos grãos na temperatura de 30 °C e diferentes umidades relativas (59,6, 67 e 76%). Para tanto, foram utilizados grãos da variedade SYN 1059 RR, oriundos de uma empresa beneficiadora de grãos e produtora de sementes da região oeste do Paraná. Os grãos de soja permaneceram em recipientes de plástico, dentro dos quais foram colocadas soluções saturadas de sais para que os grãos atingissem a umidade desejada. As análises de teor de água, lipídeo, índice de acidez, cor, capacidade antioxidante e extinção específica por absorção na região ultravioleta foram realizadas durante o armazenamento, por 180 dias, pois a correlação destas propriedades indicam o grau de oxidação do óleo e, conseqüentemente, a qualidade do grão. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcela subdividida e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias. O tempo de armazenamento provocou alterações nas propriedades físico-químicas dos grãos, assim sendo, o óleo foi degradado ao longo do tempo. Outro fator que influenciou na degradação foi a umidade relativa do ar, pois, com a menor umidade relativa (56,9%) e a maior (76,0%) ocorreram as maiores degradações.

Palavras chave: *Glycine max*, oxidação lipídica; umidade relativa; extinção específica.

TECHNOLOGICAL QUALITY OF SOYA OIL OBTAINED OF THE STORED GRAIN UNDER CONTROLLED ENVIRONMENTAL CONDITIONS

ABSTRACT

Soy is an important Fabaceae, both for its high nutritional value, as for the commercial production of oil, which is mainly used in human food. The reaction oxidation that takes place in oils and fats is one of the main causes of the deterioration of food, causing thus a decrease of the nutritional quality and the quality of crude oil, which can be remedied or even prevented through the storage appropriate the grain, temperature, relative humidity and the dried optimum of the grain. Given the above, the objective of this study was to evaluate the main changes in the quality the soybean oil crude, present in grain the soybeans, from the storage of grain in the temperature of 30 °C and different relative humidity's (59,6, 67 and 76%). For this purpose, used grain on variety SYN 1059 RR, derived from a grain processing company and producer of seeds of western Paraná. Soybeans grain It was packaged in plastic recipients, within were placed in saturated salt solutions so that the grains reach the desired moisture. The analyzes the dried, lipid, acid value, color, antioxidant capacity, specific extension by absorption in the ultraviolet region were made during storage, because the correlation between these properties indicates the degree of oil oxidation and, consequently, the quality of the grain. A completely randomized design, in a split plot and the results were submitted to analysis of variance and mean comparison test. The storage time caused changes in physical-chemical properties of the grains, therefore, the oil was degraded over time. Another factor that influenced the degradation was the relative humidity because, with the smallest lower relative humidity (56,9%) and most (76,0%) showed the largest degradation.

Keywords: Glycine max; oxidation lipid; relative humidity; extinction specific.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XII
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Geral	3
2.2 Específicos	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Histórico	4
3.2 Composição nutricional e utilização.....	5
3.3 Óleo de soja	6
3.4 Características físico-químicas dos lipídeos	9
3.5 Oxidação lipídica	11
3.5.1 Fatores que afetam a oxidação lipídica	12
3.6 Armazenamento	15
3.6.1 Teor de água	17
3.6.2 Temperatura.....	19
3.7 Análises para o óleo	21
3.7.1 Índice de acidez	21
3.7.2 Cor	22
3.7.3 Determinação da capacidade antioxidante	23
3.7.4 Extinção específica por absorção na região ultravioleta	24
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1 Matéria-prima (material)	26
4.2 Análises.....	26
4.3 Condições experimentais	26
4.4 Armazenamento dos grãos.....	27

4.5	Preparo das amostras	29
4.6	Determinações analíticas no grão	30
4.6.1	Determinação do teor de água	30
4.6.2	Determinação do teor de lipídeos pelo método de Soxhlet	30
4.6.3	Determinação do teor de lipídeo pelo método de Bligh e Dyer	30
4.6.4	Determinação do teor de acidez	31
4.7	Determinações analíticas no óleo bruto	31
4.7.1	Índice de acidez	32
4.7.2	Determinação dos parâmetros de cor	32
4.7.3	Determinação da capacidade antioxidante	33
4.7.4	Determinação da extinção específica por absorção na região do ultravioleta	33
4.8	Análise estatística	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1	Análises físico-químicas no grão	35
5.1.1	Teor de água	35
5.1.2	Teor de lipídeo (método Soxhlet)	37
5.1.3	Teor de lipídeo (método Bligh e Dyer)	40
5.1.4	Teor de acidez	42
5.2	Alterações no óleo bruto durante o armazenamento	43
5.2.1	Índice de acidez	44
5.2.2	Parâmetro a*	45
5.2.3	Parâmetro b*	48
5.2.4	Capacidade antioxidante	50
5.2.5	Extinção específica por absorção na região do ultravioleta	52
5.2.5.1	Absorbância no comprimento de onda de 232 nanômetros	52
5.2.5.2	Absorbância no comprimento de onda de 270 nanômetros	54
6	CONCLUSÕES	56
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICE	66
APÊNDICE A	Análise de variância (ANOVA), de cada análise, dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Diferentes etapas do processamento para a obtenção de óleos.....	8
Figura 2	Frasco de 5L com apoio para frasco com orifício.....	27
Figura 3	a) Frasco com orifício sob o apoio b) Vista do termo-higrômetro.	28
Figura 4	Médias do teor de água dos grãos de soja armazenados por 180 dias, na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.....	37
Figura 5	Comparação de médias, nos tratamentos, da porcentagem do teor de lipídeo nos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.	38
Figura 6	Comparação de médias, em cada tempo, da porcentagem do teor de lipídeo nos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.	39
Figura 7	Médias do teor de lipídeos pelo método de soxhlet dos grãos de soja armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.	40
Figura 8	Comparação de médias, em cada tempo, da porcentagem do teor de lipídeo (método Bligh e Dyer) nos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.	40
Figura 9	Médias do teor de lipídeos pelo método de Bligh e Dyer dos grãos de soja armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.	41
Figura 10	Médias do teor de acidez dos grãos de soja armazenados por 180 dias, na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.....	43
Figura 11	Médias do índice de acidez do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.	45
Figura 12	Valores médios, em cada tempo, do componente a*, do óleo extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.	46
Figura 13	Médias do parâmetro a* do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.	47

Figura 14	Valores médios, nos tratamentos, do componente b^* , no óleo extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.....	48
Figura 15	Valores médios, em cada tempo, do componente b^* , no óleo extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.....	49
Figura 16	Médias do parâmetro b^* do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.	49
Figura 17	Valores médios, nos tratamentos, da capacidade antioxidante no óleo extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C. durante 180 dias.....	50
Figura 18	Valores médios, em cada tempo, da capacidade antioxidante do óleo extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.....	51
Figura 19	Médias da capacidade antioxidante do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.	51
Figura 20	Médias da extinção específica por absorção na região do ultravioleta, no comprimento de onda de 232 nanômetros, do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.	53
Figura 21	Médias da extinção específica por absorção na região do ultravioleta, no comprimento de onda de 270 nanômetros, do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características físico-químicas originais do óleo de soja	7
Tabela 2	Período de armazenamento seguro para grãos de soja	18
Tabela 3	Valores de umidade relativa de equilíbrio do ar, para a manutenção dos teores de água do grão a 30 °C.....	28
Tabela 4	Atividade de água das soluções salinas	29
Tabela 5	Valores médios de porcentagem de teor de água nos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.....	35
Tabela 6	Comparação de médias da porcentagem do teor de acidez nos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.....	42
Tabela 7	Comparação de médias do índice de acidez no óleo (mg KOH.g ⁻¹) extraído dos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.....	44
Tabela 8	Comparação de médias da extinção específica no óleo, absorvância de 232 nanômetros, extraído dos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias	53
Tabela 9	Comparação de médias da extinção específica no óleo, absorvância de 270 nanômetros, extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias	54

LISTA DE ABREVIATURAS

g	grama
mg	miligrama
mL	mililitro
L	litros
mm	milímetro
μ	micro
b. s	base seca
b. u	base úmida
%	porcentagem
°C	grau celcius

2 INTRODUÇÃO

A soja já fazia parte da alimentação humana na China há cerca de 4500 anos, por ser considerada um excelente alimento rico em proteína e por conter substâncias oleaginosas e minerais. Atualmente, ocupa um lugar de destaque, pois o consumo de soja e seus derivados podem estar intimamente relacionados com a saúde humana, pelo fato de o grão apresentar características como qualidade nutricional adequada, quantidade significativa de minerais e fibras, pequeno teor de gordura saturada e ausência de colesterol (PENHA *et al.*, 2007).

No momento da comercialização e do processamento dos grãos, a qualidade é um importante parâmetro e pode influenciar o valor do produto. Apesar das mudanças ocorridas, desde a colheita até ao beneficiamento dos grãos, por conta da tecnologia, as perdas qualitativas e quantitativas que se originam no processo de pós-colheita, ainda são significativas, sendo que no período do armazenamento a massa de grãos é grandemente influenciada por fatores externos. Estes fatores podem ser físicos (temperatura e umidade), químicos, (fornecimento de oxigênio) e biológicos (bactérias, fungos, insetos e roedores) (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992). Alguns parâmetros podem influenciar o processo de deterioração dos grãos, como a temperatura, o teor de água, o tempo de armazenamento e a percentagem de grãos quebrados. Quando os grãos são submetidos a armazenamento indevido, pode aparecer a rancidez hidrolítica, resultando em hidrólises pelo aumento da acidez. Dessa forma, cresce a sensibilidade dos ácidos graxos à oxidação, alterando as propriedades funcionais do produto (ARAÚJO, 2012).

São as condições boas ou ruins de armazenamento da soja que indicam a qualidade do produto final. No processo que envolve a respiração, as reações químicas são controladas por enzimas. O aumento da umidade dos grãos favorece a atividade biológica porque as enzimas e o substrato são mais facilmente mobilizados para o processo. Quanto mais elevada for a temperatura, maior será a atividade respiratória dos grãos, aumentando, dessa forma, a deterioração da matéria prima (ELIAS, 2009).

Quando se fala de óleos vegetais, o óleo de soja apresenta-se em lugar de destaque, pois é o mais consumido no mundo e, em números percentuais, corresponde a 28% de todos os óleos e gorduras consumidos. No Brasil, a sua porcentagem é superior a 50% em produtos alimentícios (RUDDLE *et al.*, 2014).

O óleo de soja é rica fonte de ácidos graxos poli-insaturados, ômega 3 e 6 (DAMUDE, 2008). Caracteriza-se por possuir ácidos graxos insaturados (aproximadamente 85% do total), em especial o ácido palmítico (variação entre 7 – 14%), ácido oleico (19 - 30%), ácido linoleico (entre 44 – 62%) e ácido linolênico (4 – 11%) (BLOCK; ARELLANO, 2013).

A oxidação é um processo que acontece naturalmente em alimentos e bebidas, ocasionando muitas alterações, gerando perda do valor nutricional, mudança das características sensoriais e rejeição do produto, podendo haver a formação de compostos tóxicos nos alimentos. Quando se trata de reações de oxidação em lipídeos, um dos principais problemas gerados são as alterações sensoriais no período do armazenamento, sendo que a percepção dessas alterações se dá quando o aroma passa a ser desagradável, chamado de ranço (ARAÚJO, 2012).

Os lipídeos, na sua maioria, são degradados por oxidação, hidrólise, polimerização, pirólise e absorção de sabores e odores estranhos (ARAÚJO, 2012). As reações de oxidação são ocasionadas por diversos fatores como luz, calor, reações de ionização, traços de metais, metaloproteínas e lipoxigenases, quando se ligam à reação do oxigênio com lipídeos insaturados, por mecanismos químicos e enzimáticos, como a auto-oxidação, foto-oxidação e lipoxigenase. A oxidação dos lipídeos em alimentos pode ocasionar a destruição dos ácidos linoleico e linolênico, vitamina A, carotenoides, tocoferóis e da vitamina C (CHORILLI; LEONARDI; SALGADO, 2007). Durante o armazenamento, os lipídeos são hidrolisados pelas lipases em ácidos graxos livres e glicerol, em especial, quando a temperatura e o teor de água são elevados (ATHIÉ *et al.*, 1998).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar as principais alterações de qualidade do óleo de soja bruto, presente em grão de soja, a partir do armazenamento dos grãos na temperatura de 30 °C e diferentes umidades relativas (59,6, 67 e 76%).

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar as principais alterações de qualidade do óleo de soja bruto, presente em grão de soja, a partir do armazenamento dos grãos, na temperatura de 30 °C e diferentes umidades relativas (59,6, 67 e 76%).

3.2 Específicos

- a) Avaliar a qualidade do óleo bruto extraído dos grãos de soja armazenados com diferentes umidades relativas (59,6, 67 e 76%) e na temperatura de 30 °C.
- b) Analisar a qualidade do grão durante o armazenamento: teor de água, teor de lipídeo e teor de acidez.
- c) Realizar análises físico-químicas de determinação do índice de acidez, cor, determinação da capacidade antioxidante e extinção específica por absorção na região do ultravioleta, a fim de determinar o controle da qualidade do óleo de soja.
- d) Estabelecer qual a melhor umidade relativa, na temperatura de 30 °C, em que os grãos devem ser armazenados para manter a qualidade do produto final.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Histórico

A soja, com nome científico *Glycine max* (L.), é uma planta pertencente à família das fabáceas, subfamília das papilináceas e ao grupo faseoláceas (DAMODARAN, 2010). De origem muito antiga, a soja já era cultivada e utilizada para alimentação de humanos há, aproximadamente, cinco mil anos (DONG *et al.*, 2014), por ser considerada um excelente alimento, rica em proteína, substâncias oleaginosas e minerais.

Segundo relatos, a soja era selvagem e crescia em terras baixas e úmidas, próximas dos lagos e rios da China Central (EMBRAPA, 2013). Há, porém, divergências quanto a sua origem. Segundo Bonato e Bonato (1987), alguns autores indicam o leste da Ásia, outros, na parte central da China. Para Dong *et al.* (2014), a soja originou-se na China, mas, segundo Chung e Singh (2008), tanto a origem quanto a domesticação deram-se no nordeste da Ásia, mais precisamente na China e regiões próximas. Independentemente das divergências quanto à origem, a soja foi domesticada há cerca de 4500-4800 anos, na parte oriental da China, expandindo-se para o sul da China, Coréia, Japão e sudeste da Ásia (REVISTA FUNCIONAIS E NUTRACÊUTICOS, 2007). Nesses lugares, o grão passou a servir de alimento para a população.

Portanto, a razão pela qual a soja expandiu-se está na descoberta de sua importância como alimento humano, porém, o que possibilitou essa expansão foi sua domesticação, uma vez que, de outro modo, não poderia se adaptar a diferentes regiões. No início do séc. XX, a soja foi difundida e plantada comercialmente, por conter elevados teores de óleo e proteína, despertando o interesse das indústrias mundiais. Efetivamente, a difusão da oleaginosa ocorreu entre a primeira e a segunda guerras mundiais, em 1919, passando a ter destaque internacional (REVISTA FUNCIONAIS E NUTRACÊUTICOS, 2007). Essa difusão deu-se pela necessidade em aumentar a quantidade de alimentos proteicos, tendo como alternativa a soja, para a alimentação dos soldados (COSTA *et al.*, 2014).

A expansão da soja foi mais significativa a partir de 1960, pois, houve o surgimento de lavouras comerciais, cuja causa se deu principalmente por dois motivos: a) pela cultura da soja ser uma opção de verão, já que no sul do Brasil o trigo era mais produzido e a leguminosa vem em sucessão ao trigo, tendo, assim, a possibilidade de se ter mais de uma safra por ano e, também; b) nesse período o Brasil iniciava comercialmente a produção de

suínos e aves, de modo que a necessidade em produzir alimentos para animais aumentou e, como alternativa, veio o farelo de soja (EMBRAPA, 2013).

Por meio de tecnologias aplicadas nas sementes, a produtividade pôde ser cada vez maior. Neste sentido, a soja brasileira começou a se destacar no final da década de 1980 e, ainda mais, na década de 1990 (EMBRAPA, 2013). Nos dias atuais, o Brasil é um dos principais produtores mundiais de soja, sendo o segundo, logo após os Estados Unidos, que é o destaque como primeiro lugar. Em seguida vêm a Argentina e a China (FAO, 2013).

Segundo a CONAB (2013), a área plantada de soja no Brasil passou de 27,74 milhões de hectares na safra de 2012/2013 para 29,53 milhões de hectares na safra de 2013/2014. Isso significa um crescimento da produção de 81,50 para 90,23 milhões de toneladas de grãos de soja. A produção da safra de 2012/2013, que foi de 186,84 milhões de toneladas de grãos de soja, deve aumentar de 3,0% a 5,3% na safra de 2013/2014. Este resultado representa um incremento de 5,59 a 9,81 milhões de toneladas devido, principalmente, à cultura da soja, que apresenta crescimento na produção de 7,8 a 10,7% (6,36 a 8,73 milhões de toneladas).

4.2 Composição nutricional e utilização

A soja possui grande importância por ser altamente versátil quanto à produção de diversos produtos destinados à alimentação humana e animal, bem como por possuir elevado valor econômico nos mercados nacional e internacional. O consumo da soja e seus derivados podem estar intimamente relacionados com a saúde humana pelo fato de o grão conter características nutricionais de qualidade como, elevado teor de proteína de qualidade nutricional adequada, quantidade significativa de minerais e fibras, pequeno teor de gordura saturada e ausência de colesterol (PENHA *et al.*, 2007).

A composição nutricional da soja pode variar muito dependendo da variedade, do tipo de solo, da concentração e de quais minerais estão disponíveis, do clima, entre outros (MARTINEZ *et al.*, 2011). Segundo Bowles e Demiate (2006), um típico grão de soja contém 40% de proteína, 20% de lipídeo, 30% de carboidratos, 13% de umidade e 5% de minerais e cinzas. Para Martinez *et al.* (2011), a soja é fonte de proteínas, ácidos graxos saturados e insaturados, possuindo algumas vitaminas e compostos polifenólicos (isoflavonas).

Além de possuir características nutritivas, a soja pode reduzir o risco de algumas doenças crônicas e degenerativas, pois é considerada um alimento funcional, pela qualidade de suas proteínas (PAULETTO; FOGAÇA, 2012).

O grão possui fitosteróis na forma de isoflavonas. Essas que reagem quimicamente com os hormônios esteroides do organismo humano, minimizando os sintomas da menopausa, osteoporose e câncer (LIMA; CARDOSO, 2012). As substâncias fitoquímicas, mais restritamente os flavonoides, estão relacionadas com a redução dos riscos de doenças crônicas não infecciosas. Por exemplo, as doenças cardiovasculares, alguns tipos de cânceres e a osteoporose (ÁVILA; ALBRECHT, 2010).

Atualmente, os produtos funcionais, como os derivados de soja, estão em alta, já que pesquisas comprovam que o consumo do grão é importante para prevenir algumas doenças. A indústria utiliza o grão da soja para dar origem a produtos e subprodutos, como a farinha e o extrato de soja, a proteína texturizada, o leite de soja e o tofu (MEDIC *et al.*, 2014).

A proteína de soja pode ser adicionada a vários produtos comestíveis, por exemplo, em panificação, massas, cereais, misturas preparadas, bebidas, alimentação para crianças e alimentos dietéticos. As indústrias de adesivos, alimentação animal, adubos, formulador de espumas, fabricação de fibras, papel, emulsão de água para tintas, temperos para saladas, também utilizam a proteína da soja. A lecitina, que é um agente emulsificante, é utilizada na fabricação de salsichas, achocolatados, entre outros. Mas, o produto à base de soja que possui maior interesse na indústria de alimentos é o óleo de soja refinado, obtido do óleo bruto e utilizado como óleo de cozinha, além de matéria-prima para margarinas, gorduras vegetais e maioneses (EMBRAPA, 2013).

4.3 Óleo de soja

No preparo de sua alimentação diária, o homem utiliza óleos como fonte de energia, como ingrediente para realçar o sabor, a cor e a textura, deixando, assim, mais os alimentos mais atraentes para o consumo ou, ainda, como meio de transferência de calor para cozer determinados alimentos. Também é fonte de matéria-prima na preparação de temperos de saladas, produção de margarinas, gordura vegetal, maionese. A vantagem da utilização do óleo de soja, em comparação aos demais tipos de óleos, é o seu baixo preço e, junto a isso, excelente qualidade (CAMPOS *et al.*, 2009). Na Tabela 1 estão apresentadas as características físico-químicas do óleo de soja.

Tabela 1 Características físico-químicas originais do óleo de soja

Características	Óleo de soja
Ácido palmítico (C 16:0)	12,7
Ácido esteárico (C 18:0)	3,9
Ácido oleico (C 18:1)	23,6
Ácido linoleico (C 18:2)	55,3
Ácido linolênico (C 18:3)	4,5

Fonte: Sambanthamurthi, Sundram, Tan (2000).

O óleo de soja é rica fonte de ácidos graxos poli-insaturados, ômega 3 e 6, gorduras essenciais para a saúde que mantêm os níveis de colesterol adequados, contribuindo para a saúde do coração (DAMUDE; KINNEY, 2008). O óleo se caracteriza por possuir ácidos graxos insaturados (aproximadamente 85% do total), em especial o ácido palmítico (variação entre 7 - 14%), ácido oleico (19 - 30%), ácido linoleico (entre 44 - 62%) e ácido linolênico (4 - 11%) (BLOCK; ARELLANO, 2013).

Quando se trata de óleos vegetais, o óleo de soja apresenta-se em lugar de destaque, pois é o mais consumido no mundo, corresponde a 28% de todos os óleos e gorduras consumidos. No Brasil, essa porcentagem é superior e chega a 50%, em produtos alimentícios (RUDDLE *et al.*, 2014).

De toda produção nacional da soja, 40% são exportados em grãos, em especial para a Europa e China. O restante, 60%, é esmagado; destes, 20% são destinados à produção de óleo, 77% são transformados em farelo e 3% são destinados a outras formas de alimentos. Na totalidade do óleo produzido no Brasil, 80% são utilizados para consumo do mercado interno (ESPINDOLA *et al.*, 2008).

A normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nº 49, de 22 de dezembro de 2006, traz a definição de óleo de soja como “óleo refinado obtido dos grãos da espécie *Glycine max* (L) Merrill, por meio de processos tecnológicos adequados” (BRASIL, 1999).

A classificação é o ato de determinar as qualidades intrínsecas e extrínsecas de um produto vegetal, seus subprodutos e resíduos de valor econômico, com base em padrões oficiais, físicos ou descritos e está sujeita à organização normativa, à supervisão técnica, ao controle e à fiscalização (BRASIL, 1999). Sujeitos a essa classificação estão todos os produtos vegetais destinados diretamente à alimentação humana, importados ou relacionados à compra e venda pelo poder público.

De acordo com a normativa, os óleos vegetais refinados são classificados em tipo 1 e tipo 2, quanto às análises de acidez, ponto de fumaça e índice de peróxido. As demais características de qualidade, impurezas insolúveis em éter de petróleo, umidade e matéria volátil, sabões, aspecto a 25 °C, odor, sabor e cor não são tipificados. Ainda segundo a

normativa acima, os óleos e as gorduras vegetais são definidos como produtos que têm como componente principal glicerídeos de ácidos graxos de espécies vegetais, podendo conter pequenas quantidades de outros lipídeos, como fosfolipídeos, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres, naturalmente presentes no óleo ou na gordura.

As principais fontes de óleos comestíveis são soja, algodão, canola e girassol. O óleo bruto é obtido pela extração com solventes ou prensa dos grãos, dando origem aos óleos (GONÇALVES, 2009). Na Figura 1 é possível observar um esquema simplificado do processo de extração do óleo.

A extração de óleo é realizada após um processo de limpeza dos grãos, que consiste somente na retirada de impurezas. A extração pode ser a frio, com prensas, seguida por decantação, centrifugação e filtração, obtendo-se o óleo natural e mantendo-se as características nutricionais do grão, sem envolver processos químicos ou extração com solvente. Esse processo é seguido por destilação e filtração, ficando entre 10 a 15% o teor de impurezas, sendo tiradas pela purificação do produto. Assim, a extração nada mais é do que o processo aplicado à matéria-prima para a retirada do óleo (GONÇALVES, 2009).

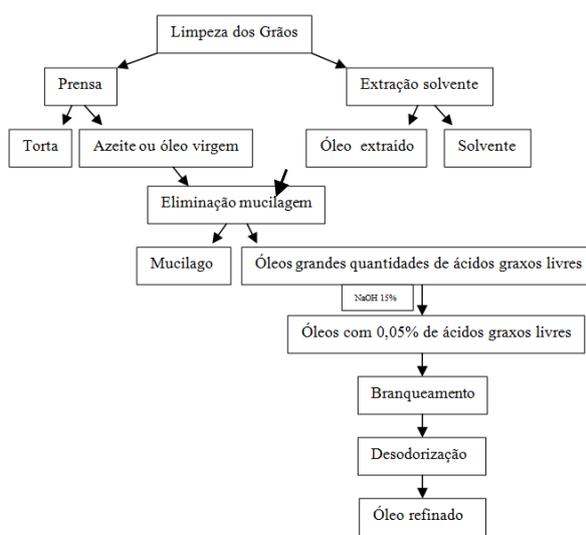


Figura 1 Diferentes etapas do processamento para a obtenção de óleos.

Fonte: Gonçalves (2009).

O método de extração a frio se caracteriza pela distinção de fases de um sistema formado pela amostra, metanol, clorofórmio e água, colocados em suas respectivas proporções. Todas as camadas (polares e apolares) de lipídeos são extraídas (lipídeos neutros e os lipídeos polares), pois o clorofórmio é um solvente orgânico para qualquer classe de lipídeos e o metanol tem a função dupla de facilitar o embebedimento da amostra e desfazer as ligações lipoproteicas. Ainda, a extração é feita sem aquecimento, a frio,

permitindo a utilização dos lipídeos extraídos para qualquer tipo de determinação, sem alterações químicas e físicas nos óleos. Lipídeos neutros estão ligados covalentemente e podem ser extraídos dos tecidos por solventes apolares, enquanto lipídeos polares, os quais estão ligados por forças eletrostáticas e pontes de hidrogênio, requerem solventes polares capazes de quebrar tais ligações e liberá-los (SHAHIDI; WANASUNDARA, 1998).

Existem algumas vantagens em se utilizar esse método, pois há formação de um sistema bifásico a partir das proporções de solventes adicionados durante o processo de extração. A teoria na qual a formação desse sistema bifásico está firmada é a do equilíbrio líquido-líquido de três componentes (clorofórmio/metanol/água) (BRUM; ARRUDA; ARCE, 2009).

O óleo de soja bruto é impróprio para o consumo, pois apresenta substâncias indesejáveis, como gomas (fosfatídeos e substâncias coloidais), ceras e ácidos graxos livres. Para se tornar consumível, o óleo bruto passa por um processo conhecido como refino (purificação), que consiste nas etapas de degomagem (hidratação), tratamento pelo qual se retira do óleo as substâncias indesejáveis denominadas fosfolipídeos; neutralização (desacidificação), processo que promove a neutralização dos ácidos orgânicos naturalmente presentes no óleo; e branqueamento (clarificação), tratamento realizado com o uso de adsorventes ou terras clarificantes apropriadas para remoção de clorofila, metais e outros compostos indesejáveis. O processo de refino pode ser descrito como um conjunto de processos para a transformação de óleos brutos em óleos comestíveis (GONÇALVES, 2009).

4.4 Características físico-químicas dos lipídeos

Os lipídeos são a fração mais propensa à degradação nos grãos. A palavra lipídeo é utilizada para se referir a gorduras e substâncias gordurosas, como os óleos e gorduras. São insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos, como éter de petróleo, acetona, clorofórmio, benzeno e álcoois (ARAÚJO, 2012; CECCHI, 2012). Sua classificação mais generalizada considera dois grupos, o dos lipídeos apolares ou neutros (glicerídeos, ceras, carotenoides e esteroides) e o grupo dos lipídeos polares (fosfolipídeos e outros lipídeos complexos). Lipídeos são ésteres de ácidos graxos com álcool e nos alimentos são encontrados ácidos graxos de cadeia linear, que podem ou não apresentar ligações duplas na cadeia, ou seja, insaturações. Assim, os ácidos graxos se dividem em saturados e

insaturados. Quanto maior for o grau de insaturações na cadeia linear de ácidos graxos, menos estável é o óleo (ORDÓÑEZ, 2005).

Entre a gordura e o óleo existe uma diferença quanto ao estado físico em que se encontram quando em temperatura ambiente. A gordura apresenta estado sólido e o óleo estado líquido. Normalmente, as gorduras possuem uma dominância de ácidos graxos saturados e os óleos tem alto nível de ácidos graxos insaturados (MERÇON, 2010).

Os lipídeos têm grande importância na qualidade de certos produtos alimentares, principalmente por suas propriedades sensoriais, que os tornam desejáveis. Exemplos disso são o flavor, a cor e a textura. Além da importância já descrita, o lipídeo é uma das principais fontes de energia utilizada pelo homem e, também, é fonte de ácidos graxos essenciais, vitaminas lipossolúveis, como A, D, E e K (CASTRO *et al.*, 2004).

Os lipídeos estão presentes em quase todos os alimentos, e na maior parte (~90%), são encontrados na forma de triacilgliceróis. Os alimentos apresentam outros tipos de lipídeos, como os fosfolipídeos, glicolipídeos, esfingolipídeos e lipoproteínas. No grupo do lipídeo estão inclusos os óleos, as gorduras, algumas vitaminas e hormônios, além de componentes não proteicos (ARAÚJO, 2012).

Triacilgliceróis são ésteres de glicerol que contêm três ácidos graxos. Os ácidos graxos naturais estão presentes nos alimentos, possuindo cadeia linear e números pares de carbono, podem ser saturados ou insaturados, com até seis duplas ligações. Cada ácido graxo pode conter diferentes números de átomos de carbono e diferentes graus de insaturação (ARAÚJO, 2012).

As reações químicas de hidrólise dos triacilgliceróis, reações de quebra, podem ser enzimáticas e não enzimáticas, originando diglicerídeos, monoglicerídeos e ácidos graxos livres. A presença dos radicais livres nas cadeias insaturadas (duplas ligações) dos triacilgliceróis torna-as predispostas à oxidação (BLOCK; ARELLANO, 2013).

Óleos vegetais de uso alimentar (óleo de soja, canola, amendoim, cártamo, trigo e arroz) apresentam maiores níveis de ésteres de ácidos graxos insaturados (ácido oleico (18:1), ácido linoleico (18:2), ácido linolênico (18:3)). Os números nos mostram a quantidade de carbono existente na cadeia e o número de duplas ligações, respectivamente. As gorduras de animais possuem níveis mais elevados de glicerídeos de ácidos graxos saturados (ácido palmítico (16:0) e esteárico (18:0)) (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

As duplas ligações conferem aumento na velocidade de auto-oxidação, o que possibilita concluir que os óleos vegetais seriam mais susceptíveis à deterioração que as gorduras animais. Mas, oxidam mais vagarosamente do que se poderia esperar de sua composição química. Isso acontece porque nos óleos vegetais existem antioxidantes naturais atuantes, conhecidos como tocoferóis (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

4.5 Oxidação lipídica

A oxidação acontece naturalmente em alimentos e bebidas, ocasionando muitas alterações, gerando perda do valor nutricional, mudança das características sensoriais, rejeição do produto, podendo haver formação de compostos tóxicos nos alimentos. Quando se trata de reações de oxidação em lipídeos, um dos principais problemas gerados são as alterações sensoriais no período do armazenamento, sendo que a percepção dessas alterações se dá quando o aroma passa a ser desagradável, sendo chamado de ranço (ARAÚJO, 2012).

O processo de oxidação lipídica é espontâneo e inevitável, com consequências diretas no valor comercial dos corpos graxos ou nos produtos que deles são formulados. Como exemplo, têm-se: alimentos, cosméticos e medicamentos. Quando o processo de oxidação ocorre nos alimentos, conseqüentemente, há redução da vida de prateleira das matérias-primas e dos produtos industrializados, originando perda econômica (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009). Assim, um indicador importante na qualidade do óleo e sua vida de prateleira é a estabilidade oxidativa.

Além da redução da vida de prateleira do produto oxidado e da qualidade nutricional, ocorre o processo de degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais que formam compostos poliméricos, potencialmente tóxicos. Os efeitos da oxidação dos componentes dos alimentos incluem a oxidação dos micronutrientes, da cor, do flavor, das vitaminas e minerais. Os macronutrientes (carboidratos, lipídeos e proteínas) também são afetados. O branqueamento de pigmentos, destruição das vitaminas, formação de flavor desagradável são alguns dos resultados da oxidação em alimentos (ARAÚJO, 2012).

A ocorrência da oxidação dos lipídeos está relacionada a diversos mecanismos de reações complexas, particularmente em relação ao tipo de estrutura lipídica e o meio em que se encontram. A natureza e o número das insaturações presentes, o tipo de interface entre os lipídeos e o oxigênio, a exposição à luz e ao calor, a presença de pró-oxidantes ou antioxidantes são fatores importantes para a estabilidade oxidativa dos lipídeos (SOARES *et al.*, 2012).

O oxigênio é o principal elemento que age provocando alterações em alimentos naturais ou em alimentos processados, capaz de promover a rancidez oxidativa e descoloração de carnes, frutas e vegetais. A oxidação dos lipídeos, vitaminas, sabor e

aroma é o que causa grandes danos à qualidade do produto. Nos óleos e gorduras, as duas principais alterações químicas são as oxidações e as lipólises (FENNEMA, 1996).

A lipólise é o processo de quebra (hidrólise) das ligações éster por alguns tipos de enzimas (lipases) ou pela combinação de calor e umidade, que produz como resultado a liberação de ácidos graxos, podendo ou não ser de interesse para a qualidade do produto. É interessante quando uma quantidade limitada de lipólise se faz presente, conferindo a formação de sabor e odor desejáveis, como no caso de queijos e iogurtes. Mas, não é de interesse quando nos produtos originam flavor, odores estranhos (rancidez hidrolítica), degradação oxidativa de vitaminas, pigmentos e ácidos graxos essenciais, com redução do valor nutritivo (ARAÚJO, 2012).

Na lipoxigenase, o peróxido pode ser formado pela reação de ácidos graxos poli-insaturados (linoleico, linolênico e araquidônico) com o oxigênio, catalisado pela enzima lipoxigenase presente nos vegetais. Os radicais livres, que se formaram durante a oxidação, podem oxidar compostos como carotenoides e polifenóis, fazendo com que o produto fique descolorido. A peroxidação lipídica é a principal causa de deterioração de lipídeos e gorduras (ARAÚJO, 2012).

4.5.1 Fatores que afetam a oxidação lipídica

Nos alimentos, as reações de oxidação são as mais frequentes, pois são produzidas pelo oxigênio atmosférico, com menor tendência de serem causadas pelo ozônio, peróxido, metais e outros agentes oxidantes. Essas reações ocorrem quando os elétrons são retirados de um átomo ou grupo de átomos e, para cada reação de oxidação há uma reação de redução correspondente que, conseqüentemente, resulta na adição de elétrons a um átomo ou grupo de átomos (ARAÚJO, 2012).

Alguns fatores importantes são capazes de produzir ou acelerar as reações de oxidação, como calor, luz, reações de ionização, traços de metais (cobre e zinco), pelas metaloproteínas e pela lipoxigenase. Também podem ser influenciadas por: composição de ácidos graxos, concentração e tipo de oxigênio, ácidos graxos livres, mono e diacilgliceróis, peróxidos, compostos oxidados, pigmentos e antioxidantes. Esses fatores de maneira interativa causam a oxidação do óleo, não sendo possível distinguir o efeito individual de cada fator (DECKER; ALAMED; CASTRO, 2010).

A composição de ácidos graxos, o número, posição e geometria das insaturações afetam a velocidade da oxidação. Os ácidos graxos oxidam mais rápido quando livres que na forma esterificada. Também a concentração de oxigênio pode influenciar a velocidade de oxidação, quando se tem abundância de oxigênio, a velocidade de oxidação independe da

concentração, mas em concentrações muito baixas, a velocidade é proporcional à sua concentração (ARAÚJO, 2012).

A atividade de água nos alimentos pode influenciar a oxidação. Quando o alimento encontra-se muito seco, com baixo teor de umidade ($a_w < 0,1$), a oxidação acontece rapidamente e, quando se aumenta a atividade de água para 0,3, retarda-se a oxidação de lipídeos. A água no alimento tem um efeito de proteção, relacionada à redução da atividade de catalisadores metálicos, devido ao amortecimento de radicais livres, impedindo que o oxigênio entre em contato com o lipídeo. Quando valores de umidade atingem graus muito elevados, $a_w = 0,55 - 0,85$, a velocidade de oxidação volta a aumentar, provavelmente em razão do aumento da mobilização de catalisadores e do oxigênio (ARAÚJO, 2012).

Outro fator muito importante na velocidade de reação da oxidação é a temperatura, pois, quanto maior a temperatura, maior será a velocidade de oxidação. Essas reações de oxidação podem ocorrer em lipídeos saturados e insaturados, mas os ácidos saturados são mais estáveis do que os insaturados. Esses ácidos favorecem reações de deterioração em presença de oxigênio e calor, com a formação de grande número de substâncias voláteis, de sabor e odor desagradáveis e indesejáveis (MELO FILHO; VASCONCELOS, 2011).

A degradação oxidativa dos ácidos graxos insaturados pode acontecer por diferentes vias, em função do meio e dos agentes, como é o caso da auto-oxidação, foto-oxidação e oxidação enzimática. O mecanismo de auto-oxidação envolve reações de radicais livres, enquanto que a foto-oxidação e a oxidação enzimática se diferenciam da auto-oxidação somente nos instantes iniciais (WÓJCIAK; DOLATOWSKI, 2012).

Na auto-oxidação, oxidação espontânea dos ácidos graxos insaturados na presença de oxigênio, o primeiro produto formado pela oxidação de óleos e gorduras insaturadas é o peróxido. A decomposição do peróxido (aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos e ácidos) causa deterioração do sabor no alimento. As insaturações em todos os tipos de óleo e gordura representam o início das reações de oxidação. A formação primeira do peróxido inclui necessariamente a produção de radical livre. O peróxido e o radical livre são formados através de lipídeos insaturados, pela interação com o oxigênio na presença de catalisadores, ou seja, a radiação, ou por meio de reações químicas envolvendo íons metálicos ou metaloproteínas (ARAÚJO, 2012). Este processo é dinâmico, pois evolui ao longo do tempo.

A foto-oxidação acontece de maneira diferente da auto-oxidação, pois é mediada por radicais livres e emprega uma rota alternativa na formação de hidroperóxidos. A oxidação é produzida na presença de componentes naturalmente presentes no sistema lipídico e na presença de luz e oxigênio, sendo esses componentes conhecidos como fotossensores, por possuir a capacidade de capturar e concentrar energia luminosa (SOARES *et al.*, 2012).

O processo de foto-oxidação em gorduras insaturadas é resultante da exposição à luz juntamente com a presença de moléculas fotossensíveis (clorofila, mioglobina, riboflavina), que podem absorver energia luminosa de comprimento de onda na faixa do visível e na região da radiação ultravioleta e oxigênio singleto, que possui função como intermediário reativo (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). A energia da luz torna as moléculas eletronicamente excitadas e capazes de sensibilizar fotoquimicamente radicais livres e mover essa energia para o oxigênio tripleto, gerando o estado singleto, assim, estabelecendo a primeira fase da foto-oxidação. Na segunda fase, o oxigênio singleto, sendo mais reativo e instável que o oxigênio no estado fundamental, reage diretamente com os elétrons das duplas ligações dos ácidos graxos poli-insaturados para formar hidroperóxidos diferentes dos observados sem a presença de luz e, por conseguinte, pela degradação dão origem a aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos (BLOCK; ARELLANO, 2013).

Por catálise enzimática pode haver oxidação lipídica, conhecida por ação da lipoxigenase. Esta enzima age sobre os ácidos graxos poli-insaturados (ácidos linoleico e linolênico), catalisando a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbonada poli-insaturada. Como resultado, tem-se a formação de peróxidos e hidroperóxidos com duplas ligações conjugadas, gerando diferentes reações degradativas, semelhantes às do processo de auto-oxidação, dando origem a vários produtos (SOARES *et al.*, 2012).

O processo de quebras das enzimas origina-se com maior especificidade de substratos e de produtos finais do que o processo de auto-oxidação. Um aspecto importante da atuação da lipoxigenase está relacionado com a sua capacidade para co-oxidar substratos (carotenoides, tocoferóis, clorofila, proteínas), sendo o fator responsável do início de novos processos oxidativos (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Ultimamente, a preocupação com a qualidade do produto final, para o consumo, vem aumentando, gerando uma adoção de medidas por parte das indústrias. Quando se trata de óleos, essas medidas vão limitar o fenômeno da oxidação durante o processamento e armazenamento dos produtos através de processos que limitem a passagem do ar e o tratamento térmico; devem-se utilizar matérias-primas refinadas, com baixos teores de água e sem pró-oxidantes; com armazenamento a baixas temperaturas e em atmosfera inerte; adição de compostos antioxidantes; utilização de embalagens estanques e opacas à radiação ultravioleta. Assim, o conhecimento dos mecanismos das reações e os diversos tipos de controle das reações de oxidação são importantes para as indústrias de alimentos (LIMA JÚNIOR *et al.*, 2013).

4.6 Armazenamento

Os grãos oriundos das lavouras não se encontram em condições adequadas para o armazenamento. A colheita, da forma que vem do campo, possui elevado teor de impurezas e umidade, tornando-se inadequada para o armazenamento e estando fora dos padrões de comercialização (WEBER, 1998). As impurezas tornam algumas atividades dificultadas, como a passagem dos grãos pelos transportadores, a capacidade das máquinas de classificação, uma secagem satisfatória e um armazenamento seguro. Desta forma, é imprescindível a limpeza e a secagem para manter as características dos grãos.

Os produtos recém-colhidos estão no auge da sua maturidade fisiológica, período em que a umidade é elevada, imprópria para o armazenamento, propiciando o desenvolvimento de fungos e insetos, gerando rápida degradação do grão. A secagem correta dos grãos, até a diminuição da umidade para um nível adequado no armazenamento, é o processo mais importante, assim, é possível a manutenção da qualidade dos grãos armazenados. É inviável que ocorra o armazenamento sem que a umidade do grão seja diminuída a um nível seguro (WEBER, 2005).

Weber (1998) define o armazenamento como uma técnica que tem por objetivo manter os grãos estocados e em excelente estado de conservação. Para Brooker; Bakker-Arkema e Hall (1992), o processo da armazenagem é a atividade que guarda e conserva os grãos, visando garantir à qualidade do produto independente do tempo em que este seja mantido em armazenamento.

Para ter um bom armazenamento, é indispensável que se obtenham produtos com qualidade, tendo em vista a perfeita condição do grão e alterando o mínimo possível as estruturas físicas e nutricionais. As principais características que determinam a qualidade dos grãos são: teor de água baixo e uniforme; percentuais reduzidos de material estranho, de descoloração, de susceptibilidade à quebra, de danos pelo calor (trincas internas), danos causados por insetos e fungos; valores elevados de massa específica, concentração de óleos e proteínas (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992). Alguns fatores podem afetar essas características, como as condições ambientais durante a formação dos grãos ainda na planta, época e sistema de colheita, sistema de secagem, técnicas de armazenamento, transporte e características da espécie e da variedade (SMANIOTTO *et al.*, 2014).

A deterioração da massa de grãos armazenada é resultado da interação entre variáveis físicas, que são temperatura, umidade e propriedades físicas da massa de grãos. Dentre as propriedades físicas está a porosidade, a capacidade de fluir, o acamamento dos grãos, a sorção, as propriedades termofísicas, a estrutura do armazém e suas inter-relações

e as variáveis meteorológicas. A deterioração da massa de grãos também é resultado de variáveis químicas (disponibilidade de oxigênio no ar intergranular), variáveis biológicas de fontes internas (longevidade, respiração, maturidade pós-colheita e germinação) e variáveis biológicas de fontes externas (fungos, leveduras, bactérias, insetos, ácaros, roedores e pássaros) (FARONI *et al.*, 2009; HERRMANN *et al.*, 2009).

No ambiente de armazenamento, os grãos comportam-se como um ecossistema, na qual grãos, insetos, microflora (elementos bióticos) e impurezas, ar intergranular, vapor d'água e estrutura de armazenagem (elementos abióticos) são afetados tanto química como biologicamente, por fatores ambientais, como temperatura, umidade e composição do ar. Esses componentes são variáveis do sistema e estão interagindo entre si (ATHIÉ *et al.*, 1998).

O grau de deterioração depende muito da taxa de aumento destas variáveis que são afetadas, principalmente, pela interação da temperatura e umidade relativa que prevalecem no local do armazenamento. A variação na temperatura ambiente, valores próximos à zero e até superiores a 40 °C, pode causar implicações positivas ou negativas na extensão das perdas durante o armazenamento. A umidade relativa também pode apresentar alta variação, de 10 a 20% em desertos até 90% ou mais nos trópicos. A combinação da umidade relativa e da temperatura em um específico ambiente de armazenamento determina a atividade de todos os componentes bióticos do sistema, podendo-se ter uma armazenagem segura ou perdas de produto (ATHIÉ *et al.*, 1998).

Deste modo, a deterioração do grão é resultante da ação de microorganismos, insetos, ácaros, roedores e pássaros, que utilizam os nutrientes presentes no grão para o seu crescimento e reprodução. Também pode ocorrer pelo aquecimento do grão, que é produzido pelo calor gerado na respiração do próprio grão e microorganismos associados. Assim, quanto maior o teor de água e temperatura ótima, maior o risco de deterioração.

Os grãos são higroscópicos, ou seja, possuem a capacidade de liberar e receber umidade. Formados de células de estruturas fibrosas, possuem a capacidade de conservar água no interior de pequenos poros internos. Nas matérias seca e úmida, o grão pode conter três formas básicas de umidade: umidade superficial, umidade intersticial, umidade de constituição. Umidade superficial é a umidade que se apresenta na parte externa dos grãos, sendo de fácil remoção através da evaporação. Umidade intersticial é a umidade livre localizada no interior dos grãos, nos canais intersticiais. Na secagem é estabelecido um gradiente de pressão osmótica entre as partes interna e externa do grão, forçando o aumento da pressão interna e assim ocasionando a saída da umidade do interior do mesmo, de remoção relativamente fácil. Umidade de constituição é a umidade que está nas células, quimicamente ligada aos componentes dos grãos bem como vitaminas, proteínas,

carboidratos, enzimas e gorduras. Não pode, de forma alguma, ser removida durante o processo de secagem.

Quando a transferência de massa (água) não ocorre mais, o grão atinge a umidade de equilíbrio. A pressão de vapor da água no interior do grão se iguala a pressão de vapor presente no ar, não havendo mais secagem (TRINDADE, 2013).

A umidade de equilíbrio varia de acordo com cada produto e é dependente de seus fatores químicos e físicos. O teor de umidade de equilíbrio é o teor de umidade limite do grão exposto a um ambiente controlado (ar com temperatura e umidade relativa constantes) em um período suficiente longo de tempo. Dito de outra maneira, é o teor de umidade correspondente à pressão de vapor de equilíbrio entre o material e o ambiente. Aquela teor é influenciado pela temperatura e umidade relativa e pela espécie de grão (PARRY, 1985). Os grãos ricos em óleos apresentam teores de umidade de equilíbrio mais baixos se comparados aos alimentos com alto índice de amido, mediante a exposição de igualdade de temperatura e umidade relativa (BIHAIN, 2011).

Os grãos, depois de colhidos, continuam respirando, o que traz transformações contínuas à massa de grãos. Sob condições aeróbicas, os carboidratos e lipídeos são oxidados a CO_2 e H_2O , liberando energia na forma de calor. Ocorre oxidação completa da glicose, produzindo dióxido de carbono, água e energia. Os efeitos da respiração são a perda de peso e o aumento do teor de umidade do grão, o aumento do nível de dióxido de carbono no ar e o aumento da temperatura dos grãos (FARONI, 1998).

A intensidade da respiração é proporcional ao aumento da temperatura, que é totalmente dependente do teor de água dos grãos. Sob altos índices de teor de água, superiores a 13-14%, a respiração aumenta ligeiramente na maioria dos armazenamentos, causando a deterioração do grão.

4.6.1 Teor de água

A determinação do teor de água nos alimentos é uma das medidas mais importantes e utilizadas, pois está relacionada com a estabilidade e composição, podendo afetar a estocagem, embalagem e processamento.

Nos grãos, a água absorvida fica localizada na parte mais superficial, retida por força capilar, já a água adsorvida é aquela que se encontra na constituição dos componentes estruturais e que é mais difícil de ser retirada no processo de secagem (CELESTINO, 2010).

Para grãos armazenados, este fator pode ser considerado o mais expressivo para preservação da sua qualidade. Na maior parte dos casos, a soja é colhida com teores de água maiores do que os recomendados para o armazenamento. Grãos com teor de água

superior a 13% b. u. devem ser secos para reduzir os riscos de deterioração, na forma de perda de massa seca pela respiração, ataque de fungos, produção de calor espontâneo e redução do percentual de germinação (ACASIO, 1997). Na Tabela 2 é possível visualizar os períodos de armazenamento seguro para os grãos de soja, com diferentes teores de água de acordo com Barre citado por Alencar (2006).

Tabela 2 Período de armazenamento seguro para grãos de soja

Teor de água (%) b. u.*	Período de armazenamento seguro
10,0 – 11,0	4 anos
11,0 – 12,5	1 – 3 anos
12,5 – 14,0	6 – 9 meses
14,0 – 15,0	6 meses

Fonte: Alencar (2006).

Nota: * bulbo úmido.

Os grãos, quando armazenados de maneira inviável, estão sujeitos à rancidez hidrolítica, o que resulta no aumento da acidez, da sensibilidade dos ácidos graxos à oxidação e da alteração das propriedades funcionais (ARAÚJO, 2012), o que significa, para a indústria alimentícia, grandes prejuízos.

O armazenamento de soja em condições de resfriamento preserva a cor dos grãos, quando comparado com o armazenamento em condições adversas de temperatura e umidade. Condições ideais de armazenamento que combinam umidade relativa baixa (50-60%) e temperatura amena (20-30 °C) têm inibido a degradação dos grãos de soja (HOU; CHANG, 2004).

As alterações qualitativas dos grãos de soja durante o armazenamento contribuem para a perda de qualidade do óleo e farelo. Análises como a do teor de acidez, capacidade antioxidante e índice de iodo, dentre outras, são utilizadas para avaliar danos nos grãos e a qualidade do óleo extraído. A qualidade da soja pode influenciar parâmetros qualitativos de outros derivados, como pH, sólidos totais, cor do extrato hidrossolúvel de soja e dureza (ALENCAR, 2006).

Podem ser armazenados com segurança, pelo tempo de 3 a 18 meses, grãos com teor de água entre 16 e 18,5%, se a temperatura do grão estiver entre 3 e 10 °C. Pois, nessa faixa de temperatura ocorre a inibição do desenvolvimento de fungos e insetos. A diminuição da temperatura é de grande importância, mas, por si só, não pode ser usada, devendo ser utilizada concomitantemente com a secagem. A secagem, juntamente com o resfriamento, permite maior tempo de armazenamento, sendo a manutenção da qualidade verificada

(BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992). Se a umidade puder ser mantida em níveis baixos, os demais fatores terão seus efeitos expressivamente diminuídos.

A velocidade das reações químicas e enzimáticas diminui em termos logarítmicos com a temperatura. Portanto, a refrigeração reduz a velocidade das reações químicas e enzimáticas e permite controlar a perda de qualidade dos alimentos, decorrente de atividades fisiológicas e de outras reações químicas: oxidação de lipídeos, degradação de pigmentos e vitaminas, desnaturação de proteínas (ORDÓÑEZ, 2005).

Um dos motivos da aceleração da taxa respiratória dos grãos é o alto teor de água e a alta temperatura, gerando, desta forma, grandes focos de aquecimento e sua consequente deterioração. O aumento do teor de água dos grãos tem origem na presença da água metabólica resultante das transformações químicas da respiração. Os valores críticos de teor de água são de 14% para cereais e 11% para grãos oleaginosos (ATHIÉ *et al.*, 1998). Weber (2005) recomenda, para o armazenamento seguro dos grãos, que o teor de água esteja entre 12 e 13%.

Grãos armazenados com teor de água muito elevado sofrem degradação de proteínas, carboidratos, de fosfolipídeos, produzindo compostos lipossolúveis que contaminam o óleo com impurezas que não estão usualmente presentes. Essas impurezas afetam a cor, o odor e o sabor. Além disso, o processo de deterioração é invariavelmente acompanhado da hidrólise de triacilgliceróis (D'ARCE, 2013).

4.6.2 Temperatura

Os grãos podem ser armazenados por muitos anos com taxa mínima de deterioração, se forem submetidos a condições adequadas, contudo, se forem acondicionados em condições desfavoráveis de armazenagem, sofrem danos consideráveis em poucos dias. Pesquisadores observam que, se a soja for armazenada com 10,5% b. u., em qualquer temperatura, a chance de ser infestada por insetos é muito pequena. Mas, se for mantido o mesmo teor de água, aumentando-se a temperatura acima de 20 °C, há grande possibilidade que seja infestada por insetos.

A temperatura é outro fator que afeta grandemente a armazenagem dos grãos. Em conjunto com o teor de água, ela é considerada importante na interação entre fatores que promovem a deterioração de grãos. As condições de armazenamento da soja se refletem diretamente no rendimento e na qualidade do produto final. As reações químicas envolvidas no processo respiratório são controladas por enzimas e o aumento do teor de água dos grãos favorece a atividade biológica, pois as enzimas são mais facilmente mobilizadas para o processo. Quanto maior for a temperatura, maior será a atividade respiratória dos grãos,

umentando, assim, a deterioração (ELIAS, 2009; ZUCHI *et al.*, 2011). Alencar *et al.* (2009), estudando a soja armazenada por 180 dias, verificaram que altas temperaturas associadas com elevados teores de umidade relativa do ar interferem na qualidade dos grãos.

Em regiões tropicais, o armazenamento de grãos no ambiente natural apresenta maiores problemas devido às temperaturas e umidades relativas quando comparado a regiões de clima temperado ou frio. Estes parâmetros são determinantes no processo de perda de viabilidade de sementes durante o armazenamento e alterações na qualidade do produto e nos seus subprodutos (KONG *et al.*, 2008; MALAKER *et al.*, 2008; SMANIOTTO *et al.*, 2014).

O armazenamento da soja, além de propiciar o desenvolvimento de fungos, pode favorecer alterações químicas, como processos oxidativos. Grãos de soja com teor de água entre 14 e 14,3% b. u., mantidos em temperaturas entre 5 e 8 °C, podem ser acondicionados por dois anos sem que ocorra o desenvolvimento de fungos, enquanto que grãos armazenados a 30 °C podem ser atacados por fungos em poucas semanas e serem grandemente danificados em 6 meses (ACASIO 1997).

Os grãos, depois de colhidos, continuam a viver e, como todos os organismos vivos, respiram. Através do processo respiratório, os grãos estão passíveis de transformações contínuas. O aumento da temperatura dos grãos pode estar fortemente ligado ao processo de respiração e o aumento da intensidade da respiração da massa de grãos é proporcional ao aumento da temperatura, a qual está correlacionada com o teor de água nos grãos (FARONI *et al.*, 2009). Inclusive, quanto mais se respira mais calor é gerado, elevando a temperatura dos grãos e acelerando a sua deterioração. Portanto, é um processo de via dupla.

O principal fator para os processos microbiológicos, como o desenvolvimento de fungos, leveduras e bactérias e, também, para o desenvolvimento de insetos é o teor de água. Quando se trata de produtos perecíveis, o frio é, geralmente, utilizado como inibidor do processo microbiológico, enquanto que, em produtos deterioráveis a secagem, para níveis do teor de água de até 12-13% é o processo mais simples e eficaz. O conhecimento do teor de água das matérias primas é de fundamental importância na conservação e armazenamento, na manutenção da sua qualidade e no processo de comercialização.

4.7 Análises para o óleo

4.7.1 Índice de acidez

O índice de acidez pode fornecer um dado importante na avaliação do estado de conservação do óleo, visto que a decomposição dos glicerídeos é acelerada pelo aquecimento e pela luz. A acidez livre de uma gordura é uma variável relacionada com a natureza, qualidade da matéria-prima, grau de pureza da gordura, com o processamento e, principalmente, com as condições de conservação do óleo (FUENTES, 2011). Este índice é a quantidade (mg) de hidróxido de potássio necessária para neutralizar os ácidos graxos livres de 1 g da amostra de óleo em análise (IAL, 2008).

A decomposição das gorduras através da lipase é acelerada por luz e calor, com formação de ácidos graxos livres que causam um sabor-odor desagradável, principalmente em gorduras que possuem grande quantidade de ácidos graxos de baixo peso molecular. Mas, em gorduras com ácidos graxos não-voláteis o sabor-odor característico não aparece juntamente com a deterioração. Por isso, é importante a medida quantitativa dos ácidos graxos livres para se determinar o grau de deterioração (CECCHI, 2012).

Considerando a utilização da soja para a indústria, sementes ou comércio, os principais fatores a serem considerados são: baixo teor de água; baixa infestação por insetos-praga e ácaros; baixa contaminação por fungos; níveis de micotoxinas abaixo dos permitidos pela Organização Mundial de Saúde; índices de impurezas inferior a 3%; níveis reduzidos de danos mecânicos e térmicos; baixo nível de acidez (até 0,7%) para a indústria de óleo; elevado índice de germinação e de vigor, considerando-se os efeitos latentes. Pesquisas indicam que o valor ideal do índice de acidez é inferior a 3%, expresso em % de ácido oleico (o que corresponde a aproximadamente 6,000 mg KOH/g) (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005). A legislação vigente para óleos de soja refinados tolera, no máximo, 0,3 g de ácido oleico/100 g, para óleo bruto, o valor máximo permitido é de 2,0 g de ácido oleico/100 g (BRASIL, 1999).

Um fator qualitativo para ser considerado nos grãos de soja é o índice de acidez do óleo, por influenciar no maior ou menor custo da industrialização desse produto. É importante salientar que para obtenção do produto final, industrializado, com alta qualidade, é preciso matéria-prima com boa qualidade. Grãos de soja que apresentam elevados índices de danos mecânicos, secos com procedimentos inadequados e armazenados em ambientes impróprios, resultarão na produção de óleos com baixa qualidade, aumentando o custo de produção. Grãos com essas características estarão mais susceptíveis a se

rancificar, descolorir e apresentar maior índice de acidez (LACERDA FILHO, DEMITO; VOLK, 2014). Em função de ações enzimáticas ou de processos oxidativos e o tempo de armazenagem, o índice de acidez será alto, sendo que, o custo do processo de refino do óleo será grande, ocasionado por uma maior adição de insumos e uma maior perda de matéria-prima (óleo) (BORDIGNON, 2009).

Os grãos oleaginosos, quando armazenados com teor de água e temperatura alta, materiais estranhos, pedras, grãos amassados e descascados estão sujeitos a uma acidificação mais rápida (DIOS, 1984).

Por meio da acidez total podem-se obter dados valiosos na apreciação do processamento e do estado de conservação dos grãos. Alterações hidrolíticas são comuns em oleaginosas, ainda mais evidentes quando apresentam altas umidade e temperatura por longos períodos. Assim, as oleaginosas em condições inadequadas apresentam alta acidez.

O teste de acidez é um método que avalia a deterioração em grãos armazenados e tem na sensibilidade a principal vantagem. Como nos grãos ocorre a formação de ácidos graxos livres e o resultado é a hidrólise de gorduras, esta análise permite, além da quantificação do processo deteriorativo, obter sinais ainda nos estágios iniciais. Rapidez e baixo custo na execução deste método têm aguçado investigações de ordem aplicada, buscando melhor aproveitamento do teste na área de colheita e processamento de grãos, com possibilidade de integrar um conjunto de análises de rotina (BIAGGIONI; BARROS, 2006).

4.7.2 Cor

A cor e aparência dos produtos estão relacionadas à aceitabilidade do produto pelo consumidor, ao custo de processamento e ao custo final do produto. De acordo com Alencar *et al.* (2009), a cor dos grãos de soja indica a qualidade, sendo que a descoloração indica alterações físicas, químicas, presença de metabólitos e várias outras características desfavoráveis. As alterações na cor dos grãos são causadas por microrganismos e mudanças nas condições climáticas.

Nos óleos, a cor e a aparência não são acompanhadas pelo caráter visual, mas por estarem relacionadas ao custo de processamento e qualidade final do produto. A maioria dos óleos apresenta coloração vermelho-amarelada. Essa cor se deve à presença de carotenoides e clorofila. Alguns óleos podem ter coloração forte em decorrência de danos na matéria-prima no campo, armazenamento ou em decorrência de problemas no armazenamento. As alterações na cor indicam deterioração qualitativa do óleo (O'BRIEN, 2004).

A cor da soja é uma importante característica da qualidade, e afeta a aceitação pelo consumidor. As condições de armazenamento podem causar escurecimento dos grãos, sendo que as reações de escurecimento não enzimático e oxidação são as principais causas das mudanças na cor (KONG *et al.*, 2008).

O CIELAB é um sistema de cores mais utilizado atualmente para descrição quantitativa da cor. Nesse sistema, a^* varia entre o verde ($-a^*$) e o vermelho ($+a^*$), b^* entre o azul ($-b^*$) e o amarelo ($+b^*$) e L^* é a luminosidade que varia entre 0% - negro e 100% - branco (AVENA-BUSTILOS *et al.*, 1993; BERGUER-SCHUNN, 1994). Para julgar a direção da diferença de cor entre duas amostras em uma mesma situação ou entre uma mesma amostra em duas situações diferentes, é usual calcular seus ângulos da tonalidade (h) e croma (C). O valor do croma é zero no centro do eixo de cores e aumenta conforme se distância do centro. O ângulo da tonalidade inicia-se no eixo de a^* e é expresso em graus. O h vale zero quando $+a^*$ (vermelho), 90° é definido como $+b^*$ (amarelo), 180° é $-a^*$ (verde) e 270° , $-b^*$ é azul (HEIMDAL *et al.*, 1995).

4.7.3 Determinação da capacidade antioxidante

Antioxidantes são substâncias que retardam a velocidade da oxidação, por meio de mecanismos, tais como a inibição de radicais livres e complexação de metais (WARAHO; MC CLEMENTS; DECKER, 2011).

Existem diferentes técnicas utilizadas para a determinação da atividade antioxidante, as quais permitem rápida seleção de substâncias e/ou misturas potencialmente interessantes (ALMEIDA *et al.*, 2006). Segundo Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), diversos métodos podem ser utilizados para a determinação e quantificação de antioxidantes naturais. Dentre estes métodos, destacam-se o sistema de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoleico e o método de sequestro de radicais livres, tais como DPPH - 2,2 difenil-1-picrilhidrazil.

O método de oxidação do β -caroteno/ácido linoleico avalia a atividade de inibição de radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoleico. O método está embasado em medidas espectrofotométricas da descoloração (oxidação) do β -caroteno induzida pelos produtos de degradação oxidativa do ácido linoleico. Igualmente ao sistema β -caroteno/ácido linoleico, o método de radicais livres está baseado no descoramento de uma solução composta por radicais estáveis DPPH de cor violeta, quando da adição de substâncias que podem ceder um átomo de hidrogênio. Entretanto, o primeiro método determina a atividade de uma amostra ou composto de proteger um substrato lipídico da oxidação, enquanto que o método de inibição de radicais DPPH baseia-se na transferência

de elétrons de um composto antioxidante para um oxidante. Estas metodologias utilizam quantidades significativas de reagentes, padrões e amostras, e apresentam limitações em relação ao número de análises simultâneas que podem ser realizadas (HUANG; OU; PRIOR, 2005).

O método do DPPH baseia-se no radical 2,2 difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), que possui o máximo de absorção a 517-520 nanômetros. Ao fixar um hidrogênio livre, abstraído ao antioxidante em estudo, observa-se uma diminuição da absorbância. Assim, após o estabelecimento do equilíbrio da reação, é possível realizar os cálculos da quantidade de antioxidante gasta para reduzir 50% do DPPH. É um teste rápido que não envolve condições de temperatura e oxigenação (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

A ação do radical DPPH é acompanhada pelo monitoramento da diminuição da absorbância a 515 nanômetros, isso acontece pela sua reação com algum antioxidante ou com algum radical livre (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1955). O DPPH é um radical livre, estável à temperatura ambiente, produz coloração violeta quando entra em contato com o etanol. Este radical é reduzido na presença de uma molécula de antioxidante doador de nitrogênio. O DPPH captura os hidrogênios mudando a coloração violeta para amarelo, passando para sua forma estável DPPH-H. O radical DPPH mostra forte banda de absorção em 515 nanômetros (LUZIA; JORGE, 2010).

4.7.4 Extinção específica por absorção na região ultravioleta

A análise espectrofotométrica fornece informações relativas, da auto-oxidação dos ácidos graxos e aldeídos insaturados, por ser acompanhada da isomerização que é analisada em comprimentos de onda específicos na faixa do ultravioleta, 232 nm para dienos conjugados e 270 nm para trienos conjugados. A oxidação dos ácidos graxos poli-insaturados acontece com a formação de hidroperóxidos e com o deslocamento de duplas ligações, como resultado há formações de dienos conjugados. Os dienos conjugados absorvem a 232 nanômetros e os produtos secundários da sua oxidação apresentam máxima absorção em 270 nanômetros. Assim, a diferença entre as absorções, permite diferenciar estados de evolução oxidativa com base na relação A_{232}/A_{272} . Desta forma, quanto maior o valor da absorbância a 232 nanômetros, maior a concentração de compostos primários e conteúdo de peróxidos, sendo que, esses correspondem ao início do processo de oxidação. Caso o maior valor aconteça na absorbância 270 nanômetros, maior será o teor de produtos secundários presentes.

Este método descreve o procedimento para o exame espectrofotométrico de óleos e gorduras na região do ultravioleta. A análise espectrofotométrica na região do ultravioleta

informa sobre a qualidade do óleo, seu estado de conservação e alterações causadas pelo processamento. A absorção em 232 e 270 nanômetros, comprimentos de onda próprios do método, é devida à presença de sistemas dienos e trienos conjugados, respectivamente. Estes compostos são formados por oxidação e/ou refino do óleo (IAL, 2008).

Quando a radiação na frequência do ultravioleta passa por uma substância com presença de insaturações, uma parte é absorvida, tendo redução da energia do feixe quando elétrons, em orbitais moleculares de baixa energia, são excitados a orbitais moleculares de maior energia como causa (SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2007).

5 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas (LACON), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), localizado no *campus* de Cascavel, com grãos de soja cultivados na região Oeste do Paraná.

5.1 Matéria-prima (material)

Foram utilizados neste experimento grãos de soja (*Glycine max* L.) da variedade SYN 1059 RR, safra de 2012/2013, recém colhidos, cultivados na região Oeste do Paraná. Os grãos foram doados por uma unidade armazenadora da cidade de Marechal Cândido Rondon - PR, onde passaram pelo processo de limpeza e secagem, seguindo os padrões da empresa. Para tanto, os grãos foram secos até o teor de água final do grão de 12%, em câmara de secagem, com ar de aquecimento que alcança até 80 °C.

5.2 Análises

Após, os grãos foram encaminhados ao LACON e armazenados nas condições propostas no trabalho. Determinou-se o teor de água, teor de lipídeos e teor de acidez dos grãos armazenados. No óleo bruto foram realizadas análises do índice de acidez, da cor, da determinação da capacidade antioxidante e extinção específica por absorção na região ultravioleta.

Depois de o óleo bruto ser extraído, este foi armazenado sob refrigeração (0-6 °C), dentro de embalagens de vidro com tampa até a realização das análises.

5.3 Condições experimentais

Neste experimento, trabalhou-se com três umidades relativas do ar no ambiente de armazenamento (59,6, 67,0 e 76,0%), obtidas por meio de três soluções saturada de sais, respectivamente: brometo de sódio - NaBr, iodeto de potássio - KI e cloreto de sódio - NaCl, o que possibilitou três teores de água (9,6%, 11,2% e 12,8%). Utilizou-se o sal NaBr para atingir a umidade relativa de 59,6%, o sal KI para a umidade relativa do ar de 67,0% e o sal NaCl para a umidade relativa de 76,0%. Os grãos armazenados nessas condições foram avaliados em cinco tempos distintos, por 180 dias, com amostras retiradas a cada 45 dias. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema de parcela subdividida, com 3 repetições para cada tratamento. O tipo de armazenamento, combinação da temperatura (30 °C) e umidades relativas do ar (59,6, 67 e 76%) foram as parcelas e o tempo de armazenamento (0, 45, 90, 135 e 180 dias) foi a subparcela.

5.4 Armazenamento dos grãos

Após uma seleção e limpeza mais detalhada em laboratório, 500 g de grãos de soja foram acondicionados em frascos fechados hermeticamente, com volume aproximado de 5 L e, armazenados em câmara com controle de temperatura, à temperatura de 30 °C (± 1 °C). Dentro do frasco com volume de 5 L, outro frasco com orifícios foi posto em cima de um apoio, para que os grãos não entrassem em contato direto com a solução saturada de sais. Os frascos com volume de 5 L possuíam termo-higrômetro, para ser possível o monitoramento da temperatura e umidade relativa na atmosfera onde os grãos estavam armazenados. O que está descrito acima pode ser observado nas Figuras 2 e 3 a) e b).



Figura 2 Frasco de 5L com apoio para frasco com orifício.

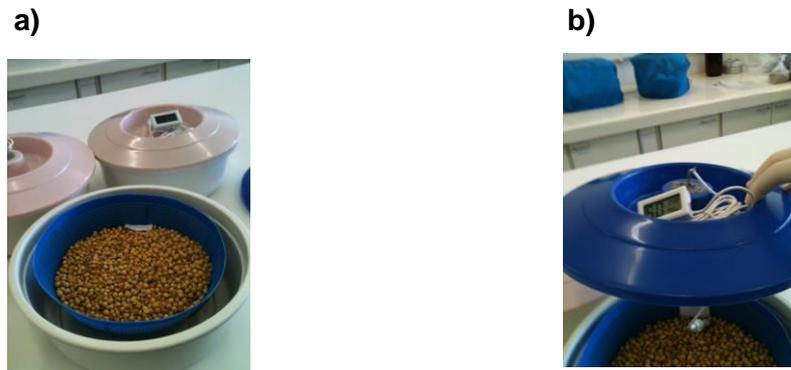


Figura 3 a) Frasco com orifício sob o apoio b) Vista do termo-higrômetro.

No início do armazenamento, os grãos apresentavam teor de água de 8,56%. Para controle do teor de água nos grãos de soja durante o armazenamento na temperatura de 30 °C, os valores de umidade relativa de equilíbrio do ar estão apresentados na Tabela 3, com a respectiva combinação do teor de água do grão. Para isso, utilizou-se o modelo proposto por Chung-Pfost como pode ser verificado na Equação 1:

$$UR_e = \exp\left[-\frac{A}{T+C} \cdot \exp(B \cdot U)\right] \quad \text{eq. (1)}$$

em que:

- UR_e = umidade relativa de equilíbrio, decimal;
- U = teor de água dos grãos, base seca decimal; e
- T = temperatura, °C;

A, B e C são constantes dos grãos e correspondem a 138,45; 14,967 e 24,576, respectivamente, para soja (NAVARRO; NOYES, 2001). Para que o grão permaneça com o teor pré-determinado é necessário que a umidade relativa do ar esteja com os valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Valores de umidade relativa de equilíbrio do ar, para a manutenção dos teores de água do grão a 30 °C

Teor de água (%) b. u.	Umidade relativa do ar (%)
9,6	59,6
11,2	67,0
12,8	76,0

A umidade relativa desejada foi obtida, neste trabalho, por meio de soluções salinas saturadas, para tanto foram utilizados os sais da Tabela 4, na temperatura de 30 °C e os intervalos de atividade da água para as soluções salinas saturadas, obtendo valores de umidade relativa do ar entre 59,6 e 76%.

As análises do grão (teor de água, teor de lipídeo e teor de acidez) e do óleo bruto extraído dos grãos de soja (índice de acidez, cor, determinação da capacidade antioxidante e extinção específica por absorção na região ultravioleta) foram realizadas a cada 45 dias, sendo que o tempo de armazenamento foi de 180 dias.

Tabela 4 Atividade de água das soluções salinas

Sal	Temperatura (°C)
	30
NaBr	0,5610
NaCl	0,7496
KI	0,6793

Fonte: Spiess e Wolf (1987); Christ *et al.* (2012).

5.5 Preparo das amostras

Após cada tempo de armazenamento, para a realização das análises dos teores de água, lipídeo e acidez os grãos passaram por um moinho de facas refrigerado, na temperatura de 16 °C. Após este procedimento, as amostras foram peneiradas em peneira de 26 mesh. Para a realização das análises a partir do óleo, extraiu-se o óleo bruto a frio, por solventes, pelo método do Bligh e Dyer, evitando sua oxidação. As análises foram realizadas em triplicata.

5.6 Determinações analíticas no grão

5.6.1 Determinação do teor de água

De cada amostra, pesaram-se 5 g de farinha que, na sequência, foi depositado em estufa na temperatura de 105 °C, pelo período de 24 horas. Após esse tempo, foram retiradas e colocadas no dessecador por um período de 20 minutos. Então, novamente passaram pelo processo de pesagem, para que se obtivesse novo peso e, assim, avaliou-se a determinação do teor de água dos grãos por diferença de pesagem em termos de porcentagem, conforme recomendação do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os valores do teor de água serão expressos em porcentagem (%).

5.6.2 Determinação do teor de lipídeos pelo método de Soxhlet

Para a determinação do teor de lipídeos apolar, utilizou-se o método Soxhlet. Foram colocados no determinador de lipídeos da marca Tecnal 2 g de farinha e os lipídeos foram extraídos com éter de petróleo. O teor de lipídeos foi determinado por diferença de pesagem de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e expressos em porcentagem (%).

5.6.3 Determinação do teor de lipídeo pelo método de Bligh e Dyer

Também foi realizada a extração do óleo pelo método de Bligh e Dyer, para extração de lipídeos com diferentes graus de polaridade. Pesaram-se em um becker de 2000 mL, 50 g de amostra moída. Foram adicionados 142 mL de clorofórmio, 285 mL de metanol e 114 mL de água destilada. Essa mistura passou por agitação. Após, adicionaram-se mais 142 mL de clorofórmio e 142 mL de sulfato de sódio 1,5%. Assim, ocorreu a separação de camada metanólica e do óleo, dentro de um balão de separação de fases; a camada metanólica foi descartada. O restante foi filtrado e 5 mL do filtrado foram transferidos para um becker de 50 mL, previamente tarado, levado à estufa (100 °C) até a evaporação total do solvente, seguiu-se com a pesagem do becker (CARVALHO *et al.*, 2002). A porcentagem de lipídeos foi obtida por meio da Equação 2:

$$\% \text{ lipídeos totais} = (\text{peso dos lipídeos (g)} * 4 * 100) / \text{peso da amostra (g)} \quad \text{eq. (2)}$$

5.6.4 Determinação do teor de acidez

Os métodos para avaliar a acidez titulável consistem em titular com soluções de álcali padrão a acidez do produto, que pode ser expressa em mL de solução molar por cento. Para tanto, deve-se pesar de 1 a 5 g da amostra, transferir para um frasco de erlenmeyer de 125 mL juntamente com 25 mL de éter-álcool. Adicionam-se de 2 a 4 gotas da solução de fenolftaleína e titula-se com solução de hidróxido de sódio 0,1 ou 0,01 M, até a coloração rósea. Calcula-se a acidez em solução molar por cento, conforme a Equação 3 (IAL, 2008).

$$\text{acidez} = (V * f * 100) / (P * c) \quad \text{eq. (3)}$$

em que:

V = número de mL da solução de hidróxido de sódio 0,1 ou 0,01 M gasto na titulação;

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 ou 0,01 M;

P = número de gramas da amostra usado na titulação;

c = correção para solução de NaOH 1 M, 10 para solução NaOH 0,1 M e 100 para solução NaOH 0,01 M.

5.7 Determinações analíticas no óleo bruto

Para a extração e determinação do óleo a frio, foi utilizado o método de Bligh e Dyer. Foram pesadas, em um becker de 2000 mL, 50 g de amostra moída. Para tanto, utilizaram-se 142 mL de clorofórmio, 285 mL de metanol e 114 mL de água destilada. Essa mistura passou por agitação. Após, adicionaram-se mais 142 mL de clorofórmio e 142 mL de sulfato de sódio 1,5%. Assim, ocorreu a separação de camada metanólica e do óleo, dentro de um balão de separação de fases e a camada metanólica foi descartada. O restante foi filtrado e 5 mL do filtrado foram transferidos para um becker de 50 mL, previamente tarado. Levou-se o becker à estufa (100 °C) até a evaporação total do solvente e seguiu-se com a pesagem do becker (CARVALHO *et al.*, 2002).

5.7.1 Índice de acidez

A análise do índice de acidez foi realizada segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os métodos que avaliam a acidez titulável resumem-se em titular, com soluções de álcali padrão, a acidez do produto ou soluções aquosas/alcoólicas do produto, assim como os ácidos graxos obtidos dos lipídeos.

Para esta determinação pesaram-se aproximadamente 2 g da amostra em frasco Erlenmeyer de 125 mL. Adicionaram-se 25 mL de solução de éter-álcool (2:1) neutra. Na sequência, adicionaram-se duas gotas do indicador fenolftaleína e realizou-se a titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L, até o aparecimento da coloração rósea persistente por 30 segundos. O cálculo foi realizado conforme a Equação 4.

O índice de acidez foi obtido pela Equação 4 e sua unidade é expressa em mg KOH.g⁻¹:

$$\text{Índice de acidez} = (v \cdot f \cdot 5,61) / P \quad \text{eq. (4)}$$

em que:

v = mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação;

f = fator da solução de hidróxido de sódio;

P = número de g da amostra.

5.7.2 Determinação dos parâmetros de cor

Para a determinação da cor do produto, foi feita a leitura direta no óleo de soja com um colorímetro digital da marca Konica Minolta®, modelo CR 410, com abertura de 50 mm. Antes da realização das leituras, foi necessária a calibração do aparelho em placa cerâmica, com padrões pré-estabelecidos pelo fabricante (Y=85,8; x=0,3195 e y=0,3369), utilizando o iluminante D65, pois este representa a média da luz do dia. Realizaram-se as leituras das amostras com três repetições, obtendo-se valores médios de a* e b* (GRANATO; MASSON, 2010). A opção pelas leituras de a* e b* foi justamente por a* indicar a variação entre o verde e o vermelho e o b* indicar a variação entre o azul e o amarelo. Os parâmetros de cor nos óleos não estão, apenas, relacionados com a aparência, mas estão relacionados à qualidade do produto final e ao custo de processamento. O óleo que tende à cor vermelha possui valor comercial maior, por não apresentar indicativos da ação de clorofila e sim a

presença de carotenoides. Já quando a cor tende ao amarelo, a atração pelo consumidor é maior.

5.7.3 Determinação da capacidade antioxidante

As análises pelo método DPPH foram realizadas de acordo com Kalantzakis *et al.* (2006) e Rezig *et al.* (2012). Neste caso, diluíram-se as amostras de óleo em 5 mL de acetato de etila. Foi retirado 1 mL do sobrenadante e adicionados 4 mL de solução de DPPH, deixadas em repouso à temperatura ambiente, ao abrigo da luz. Após 30 minutos, realizou-se a leitura em espectrofotômetro, na absorvância de 515 nanômetros. Os resultados foram expressos em porcentagem de concentração reduzida de DPPH, por meio da Equação 5 (KALANTZAKIS *et al.*, 2006; REZIG *et al.*, 2012).

$$\% \text{ DPPH} = 100 * (1 - (\text{DPPH}_{30} / \text{DPPH}_0)) \quad \text{eq. (5)}$$

em que:

Q (%) = porcentagem de concentração reduzida de DPPH;

DPPH₀ = concentração de DPPH no branco;

DPPH₃₀ = concentração de DPPH após 30 minutos de reação.

5.7.4 Determinação da extinção específica por absorção na região do ultravioleta

O óleo foi dissolvido em solvente apropriado e a extinção da solução determinada nos comprimentos de onda especificados, utilizou-se como referência o solvente puro (IAL, 2008).

Pesaram-se 0,25 g de amostra em um balão volumétrico de 25 mL, dissolvendo-se o conteúdo em ciclo-hexano e completando o volume. Esta foi a solução A. Foram transferidos 5 mL desta solução, diluindo-se em 25 mL com o ciclo-hexano em balão volumétrico (solução B). Utilizou-se a absorvância de 270 nanômetros para a solução A, usando o mesmo solvente como referência, em espectrofotômetro. Para a solução B, a maneira de proceder foi a mesma, mas com 232 nanômetros. Realizou-se o cálculo da extinção específica por meio da Equação 6 (IAL, 2008).

$$K_{\lambda} = [A_{\lambda} / (C * L)] \quad \text{eq. (6)}$$

em que:

K_λ = extinção específica no comprimento de onda λ ;

A_λ = absorvância medida no comprimento de onda λ ;

C = concentração da solução em g/100 mL;

L = caminho óptico da cubeta em cm.

5.8 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste de comparação de médias (Teste de Tukey). O nível de significância considerado foi igual ou menor que 5%. As análises de variância foram realizadas pelo programa estatístico R.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análises físico-químicas no grão

A verificação da qualidade do grão de soja durante o armazenamento em diferentes umidades relativas, à temperatura de 30 °C, foi feita por meio de análises físico-químicas como: teor de água, teor de lipídeo por distintas metodologias (Soxhlet e Bligh e Dyer) e teor de acidez. Todos os parâmetros obtidos nas análises referem-se à média dos resultados.

6.1.1 Teor de água

Conforme pode ser verificado no Apêndice A, a interação entre tratamento e tempo foi significativa. Assim, a Tabela 5 estão apresentadas as médias do teor de água nos grãos e seus respectivos intervalos de confiança em cada tempo de armazenamento.

Tabela 5 Valores médios de porcentagem de teor de água nos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias

Tempo	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
0	8,56 aA	8,56 aA	8,56 aA
45	9,92 cdB	10,31 cdB	12,31 cA
90	8,74 abC	9,37 bB	11,28 bA
135	9,35 bcC	10,06 cB	12,06 cA
180	10,04 dC	10,84 dB	12,38 cA

Notas: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

Pode-se observar que, em todos os tratamentos avaliados o equilíbrio higroscópico foi alcançado. No tratamento 1, buscava-se teor de água de 9,6% e, nota-se que aos 135 dias este valor tinha sido alcançado. No tratamento 2, a intenção era ter 11,2% de teor de água o que foi atingido no tempo de 180 dias. Para o tratamento 3, a referência de teor de água era de 12,8%, alcançado aos 180 dias de armazenamento.

Os grãos armazenados com 59,6% de umidade relativa, o tempo 0 (8,56%) foi igual estatisticamente ao tempo 90 dias (8,74%). Os tempos de 90 dias (8,74%) e 135 (9,35%) também foram iguais entre si. Mas o tempo de 135 (9,35%) dias também foi igual ao tempo de 45 dias (9,92%). E, os tempos de 45 dias (9,92%) e de 180 dias (10,04%) foram iguais entre si, a 5% de significância. Já, os grãos armazenados com umidade relativa de 67,0% o tempo 0 (8,56%) foi diferente de outros tempos. O tempo de 45 dias (10,31 %) foi igual ao tempo de 135 dias (10,06) e de 180 dias (10,84%). Para a umidade relativa de 76%, o tempo 0 (8,56%) foi diferente dos demais, isso também ocorreu para o tempo de 90 dias (11,28%). Já os tempos 45 dias (12,31%), 135 dias (12,06%) e 180 dias (12,38%) foram todos iguais entre si. Apesar das diferenças observadas, todos os grãos alcançaram teores de água próximos aos valores esperados aos 45 dias, indicando que a alteração da umidade relativa, utilizando saís, pode ser utilizada para controlar o teor de água nos grãos armazenados. No tempo 0, os tratamentos com umidade relativa de 59,6, 67 e 76% foram iguais entre si. No tempo de 45 dias, os tratamentos 1 e 2 foram iguais entre si e diferenciados do tratamento 3. Nos demais tempos de armazenamento (90, 135 e 180 dias) todos os tratamentos foram diferentes entre si, a 5% de significância.

Situação semelhante foi encontrado por Alencar *et al.* (2009), quando pesquisavam grãos de soja armazenados por 180 dias em diferentes condições (nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e teores de água de 11%, 13% e 15 % b. u.). Os teores de água dos grãos da soja permaneceram constantes ao longo do armazenamento, exceto para os grãos armazenados com teor de água de 14,8% b. u. a 30 °C, 12,8% b. u. e 14,8% b. u., na temperatura de 40 °C. É possível observar que os valores de teor de água de equilíbrio dos grãos de soja armazenados durante 180 dias, em três temperaturas, permaneceram com os teores de água praticamente constantes, exceto para os grãos armazenados com conteúdo de água de 14,8% b. u. a 30 °C e 83% de umidade relativa e 12,8 e 14,8% b. u., na temperatura de 40 °C e umidade relativa de 80 e 86%, respectivamente (ALENCAR *et al.*, 2008). O aumento do teor de água, geralmente, é atribuído à atividade respiratória dos grãos e da microflora a eles associada. É mais intensa a respiração dos grãos quando são altos os teores de água, temperatura e umidade relativa. No processo respiratório há geração de água, aumentando assim o teor de água do produto, gerando um ciclo, pois quanto mais água maior o teor de água do grão e maior a taxa respiratória (FARONI *et al.*, 2009).

De acordo com Rupollo *et al.* (2006), o teor de água dos grãos apresenta uma tendência ao equilíbrio com a atmosfera intergranular. Nas condições de armazenamento herméticas, os grãos apresentam menores variações de teor de água devido à falta de trocas com o ambiente, permitindo a estabilidade higroscópica representada pelas pequenas

variações do teor de água. Em trabalhos realizados, que não buscavam o equilíbrio do teor de água durante o armazenamento, esses reduziam ao longo do tempo de armazenamento (SCHULTZ *et al.*, 2014; SMANIOTTO *et al.*, 2014).

Na Figura 4 visualizam-se os teores médios de teor de água (%), de cada tratamento, ao longo do tempo. Durante o armazenamento, os grãos tenderam ao equilíbrio em relação ao teor de água, para cada tratamento avaliado. Aos 180 dias, para o tratamento 1 (equilíbrio do teor de água nos grãos de 9,6%) foi atingido o equilíbrio. Assim ocorreu para todos os tratamentos, sendo que, pretendia-se, no Tratamento 2, atingir o equilíbrio de teor de água 11,2%. Já para o tratamento 3, o equilíbrio pretendido era de 12,8%.

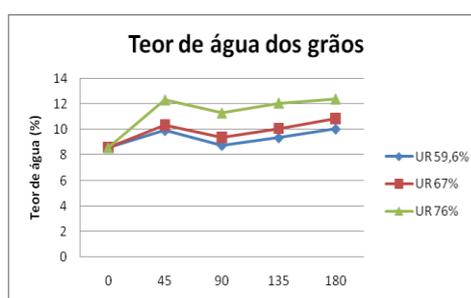


Figura 4 Médias do teor de água dos grãos de soja armazenados por 180 dias, na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.

6.1.2 Teor de lipídeo (método Soxhlet)

Na Figura 5 cada traço indica a média do tratamento com os seus respectivos intervalos de confiança. É perceptível que há diferenças para os teores de lipídeos em cada tratamento.

Observa-se que a porcentagem de lipídeos dos grãos com umidade relativa de 59,6% foi igual à dos grãos com 67,0%. Os grãos com umidade relativa de 67,0% e 76,0% também apresentaram teor de lipídeos iguais entre si, a 5% de significância. Ainda, pode-se fazer relação entre o teor de água e de lipídeos, uma vez que quanto maior o teor de água no grão, maior é o teor de lipídeo. O maior teor de lipídeo encontrado 25,3% foi verificado nos grãos de soja armazenados com umidade relativa de 76,0%.

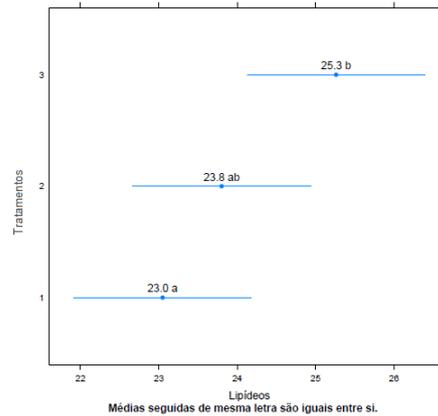


Figura 5 Comparação de médias, nos tratamentos, da porcentagem do teor de lipídeo nos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.

Notas: Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

Para a Figura 6 cada traço indica a média do tempo de armazenamento com os seus respectivos intervalos de confiança. Observa-se que há diferenças para os teores de lipídeos em cada tempo de armazenamento.

Neste estudo, houve pequenas variações no teor de lipídeos durante o armazenamento, pois a porcentagem inicial não diferiu estatisticamente do valor observado ao final do armazenamento. O menor teor de lipídeo ocorreu no tempo 0, com valor de 22%. Este tempo é igual estatisticamente ao tempo de 45 dias (24,3%) e de 180 dias (24,1%) de armazenamento. No tempo de 135 dias observou-se aumento do teor de lipídeos, reduzindo aos 180 dias. Já os tempos de 45 dias (24,3%), 90 dias (24,9%), 135 dias (25,0%) e 180 dias (24,1%) foram iguais entre si, a 5% de significância.

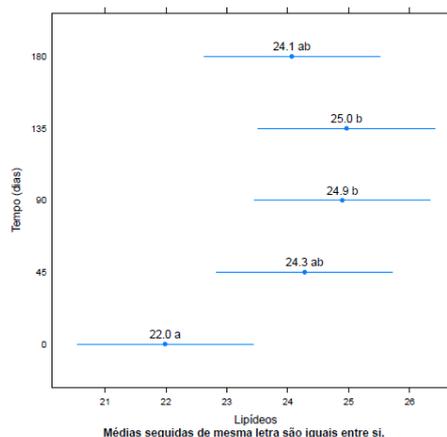


Figura 6 Comparação de médias, em cada tempo, da porcentagem do teor de lipídeo nos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.

Notas: Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

O experimento realizado por Gonçalves, Andrade e Piveta (2014), estudando a composição química e as propriedades tecnológicas de soja das cultivares BRS 284 e BMX potência RR, encontraram valores de teor de lipídeo de 22,54% e 21,72%, valores próximos aos encontrados neste trabalho. Hou e Chang (2004), ao estudarem a composição química de grãos de soja durante o armazenamento a 30 °C e 84% de umidade relativa do ar, observaram aumento no teor de lipídeos durante o tempo de armazenamento, porém os autores não explicaram o que ocasionou esse aumento.

Esse comportamento, geralmente, não é verificado em outros trabalhos. Toci *et al.* (2013) verificaram, com temperatura de 25 °C e seis meses de armazenamento, reduções nos teores de triacilgliceróis no armazenamento de grãos de café. Rupollo *et al.* (2004), estudando o armazenamento dos grãos de aveia com umidade de até 14% e armazenados até 12 meses, também verificaram reduções ao longo do tempo e afirmaram que a degradação dos lipídeos durante o armazenamento ocorre em virtude dos processos bioquímicos como a respiração, ou processos de oxidação, que podem ser ocasionados por enzimas como as lipases, as fosfolipases e as peroxidases, presentes nos próprios grãos ou estarem associadas à microflora. Já, Oliveira *et al.* (2013) verificaram que, em condições ideais de armazenamento (25 °C e umidade relativa de 60%), ocorreu diminuição nos teores de lipídeos dos grãos de soja armazenados durante 360 dias.

Na Figura 7 visualizam-se os teores médios de lipídeos, de cada tratamento ao longo do tempo.

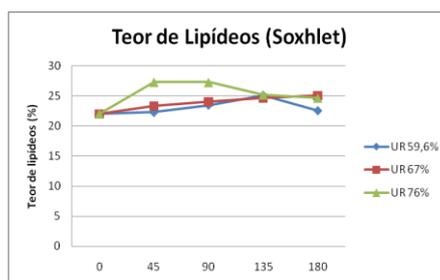


Figura 7 Médias do teor de lipídeos pelo método de soxhlet dos grãos de soja armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.

Pôde ser notado no Tratamento 1 crescimento gradual no tempo do teor de lipídeo; o maior teor observado foi no tempo de 135 dias, tendo leve redução em 180 dias. No Tratamento 2, o maior valor no teor de lipídeo foi obtido foi aos 180 dias, com valor crescente ao longo do tempo. Já, no Tratamento 3, o maior teor de lipídeos observado ocorreu no tempo 45 dias, havendo redução do teor em 180 dias.

6.1.3 Teor de lipídeo (método Bligh e Dyer)

Pelo teste de Tukey, apresentado na Figura 8, tem-se a comparação de médias para lipídeos em cada tempo. Cada traço indica a média de cada tratamento com os seus respectivos intervalos de confiança.

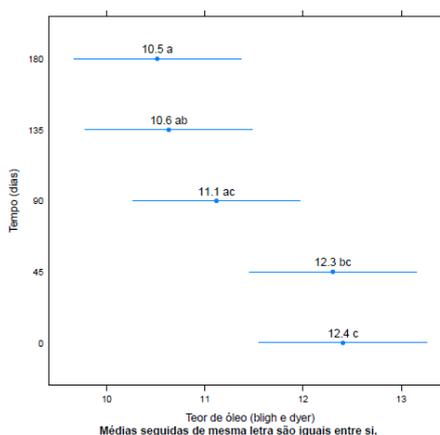


Figura 8 Comparação de médias, em cada tempo, da porcentagem do teor de lipídeo (método Bligh e Dyer) nos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.

Nota: Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

O menor teor de lipídeos, pelo método de Bligh e Dyer, foi observado no tempo de 180 dias de armazenamento, com valor de 10,5%. Este é estatisticamente igual ao tempo de 135 dias (10,6%), e 90 dias (11,1%). Já os tempos de 135 dias e 45 dias (12,3%) foram iguais entre si. O tempo 0 (12,4%) apresentou maior teor de lipídeos, foi igual no tempo 45 dias e no tempo 90 dias. Fica evidente que ocorreram reduções do teor de lipídeos durante o armazenamento.

Na literatura o método Bligh e Dyer é apresentado como aquele que extrai maior quantidade de óleo, por extrair a parte polar e apolar do grão, pois a mistura de solventes possui maior grau de polaridade. Como existem lipídeos neutros e polares, a eficiência do emprego de um único solvente diminui, pois a extração dos lipídeos neutros ocorre com o emprego de solventes apolares e, para os lipídeos polares, que estão ligados por forças eletrostáticas e ligação de hidrogênio, são utilizados solventes polares.

No estudo sobre a comparação de métodos de extração de lipídeos totais em amostras de origem animal e vegetal, de Tanamati *et al.* (2010), o método de Bligh e Dyer apresentou valores reduzidos em comparação com o método de Soxhlet (etanol) aplicado em farelo de soja. A explicação para tanto é que, devido à polaridade do etanol, durante o processo de extração dos lipídeos totais, a extração pode arrastar outros compostos solúveis em solventes polares, como proteínas e minerais. O mesmo ocorreu para Dias *et al.* (2013) que, estudando grãos de café, obtiveram média da extração por Soxhlet maior que a média da extração por Bligh e Dyer.

Na Figura 9 são visualizados os teores médios de teor de óleo (Bligh e Dyer), de cada tratamento ao longo do tempo.

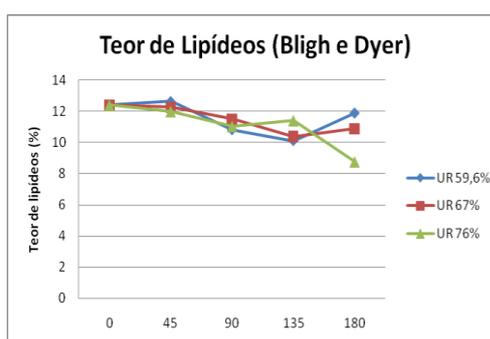


Figura 9 Médias do teor de lipídeos pelo método de Bligh e Dyer dos grãos de soja armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.

Neste estudo, pôde ser notado em todos os tratamentos que, ao longo do tempo, houve redução do teor de óleo. A diminuição mais evidente ocorreu no Tratamento 2, com umidade relativa de 67,0%. Em relação ao método de extração Soxhlet, os valores para o

método de extração Bligh e Dyer foram menores em todos os tratamentos e ao longo do tempo.

6.1.4 Teor de acidez

Como pode ser observado no Apêndice A, a interação entre tratamento e tempo foi significativa. Na Tabela 6 estão apresentadas as médias do teor de acidez nos grãos e seus respectivos intervalos de confiança, em cada tempo de armazenamento.

Tabela 6 Comparação de médias da porcentagem do teor de acidez nos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias

Tempo	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
0	17,62 abA	17,62 aA	17,62 aA
45	16,91 aB	21,85 bA	18,48 aAB
90	20,13 bcA	19,18 acA	19,11 abA
135	19,81 bcA	20,67 bcA	21,54 bcA
180	21,93 cA	22,87 bA	22,47 cA

Notas: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

Com a umidade relativa de 59,6%, o menor teor de acidez ocorreu no tempo de 45 dias de armazenamento. Este tempo é estatisticamente igual ao tempo 0 (17,62%). Já, o tempo 0 é estatisticamente igual aos tempos 90 dias (20,13%) e 135 dias (19,81%). Os tempos 90 dias, 135 dias e 180 dias são iguais entre si, a 5% de significância, sendo que, neste último tempo, ocorreu o maior teor de acidez (21,93%). Para a umidade relativa de 67,0% (Tratamento 2), o menor teor de acidez aconteceu no tempo 0 (17,62%) e o maior em 180 dias de armazenamento (22,87%). Essa mesma situação, menor valor de acidez no tempo 0 e maior no tempo 180 dias, foi verificada nos três tratamentos. Para a umidade de 76,0%, o tempo de 0 dias (17,62%) foi igual aos tempos de 45 dias (18,48%) e 90 dias (19,11%). Já, os tempos 90 dias e 135 dias foram iguais entre si. Os tempos 135 dias e 180 dias, também foram iguais entre si. Nos tempos de 0, 90, 135 e 180 dias de armazenamento, todos os três tratamentos, com umidade relativa de 59,6, 67 e 76%, foram iguais entre si. No tempo de 45 dias, os tratamentos 1 e 3 foram iguais entre si. Nesse tempo os tratamentos 2 e 3 também foram iguais entre si.

Pôde ser notado em todos os tratamentos, ao longo do tempo (180 dias de armazenamento), um aumento do teor de acidez. As condições ambientais testadas não influenciaram o teor de acidez após 90 dias de armazenamento, mas, ao longo do armazenamento, foram observadas diferenças. Essa situação também foi verificada por Park *et al.* (2012), que tiveram um aumento significativo da acidez no armazenamento de grãos de arroz polido, ao longo de quatro meses. Aumentos nos teores de acidez são resultados da ação de lipases e fosfolipases presentes nos próprios grãos ou produzidas pela microflora associada, que contribuem para o rompimento das ligações éster dos triglicerídeos e da oxidação de cadeias carbônicas insaturadas nos ácidos graxos (NAZ *et al.*, 2004).

Na Figura 10 são visualizados os teores médios da acidez no grão, de cada tratamento ao longo do tempo.

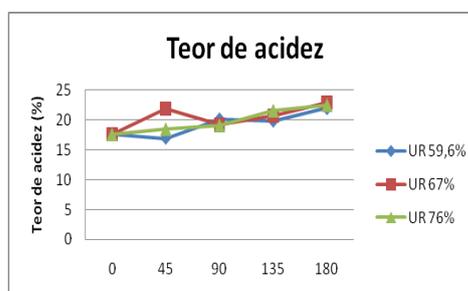


Figura 10 Médias do teor de acidez dos grãos de soja armazenados por 180 dias, na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.

Pelo gráfico da Figura 10 é possível verificar que, em todos os tratamentos, os valores de acidez foram crescentes com o passar do tempo. O Tratamento 2 teve os maiores valores de acidez e o Tratamento 1 o menor valor de acidez em 180 dias de armazenamento.

6.2 Alterações no óleo bruto durante o armazenamento

A verificação da qualidade do óleo de soja extraído a partir dos grãos armazenados, em diferentes umidades relativas do ar, à temperatura de 30 °C, foi feita pelas análises do índice de acidez, parâmetros de cor, capacidade antioxidante e extinção específica por absorção na região do ultravioleta.

6.2.1 Índice de acidez

A interação do índice de acidez entre tratamento e tempo foi significativa. Na Tabela 7 estão apresentadas as médias do índice de acidez no óleo de soja bruto e seus respectivos intervalos de confiança, em cada tempo de armazenamento.

Nos tempos de 0 e 90 dias de armazenamento, os 3 tratamentos foram iguais entre si. Nos tempos de 45 e 180 dias, os tratamentos com umidade relativa de 59,6 e 67% foram iguais entre si, sendo que o Tratamento 3 diferenciou se dos demais. Já para o tempo de 135 dias de armazenamento, os três tratamentos foram distintos.

Tabela 7 Comparação de médias do índice de acidez no óleo (mg KOH.g^{-1}) extraído dos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias

Tempo	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
0	2,63 abA	2,63 abA	2,63 aA
45	2,45 bB	2,28 aB	3,68 bcA
90	2,46 bA	2,72 abA	3,51 bA
135	3,16 acB	2,63 abC	4,20 cdA
180	3,33 cB	3,14 bB	4,72 dA

Notas: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

O menor índice de acidez do óleo, no Tratamento 1, foi verificado em 45 dias ($2,45 \text{ mg KOH.g}^{-1}$), este por sua vez, é igual estatisticamente ao tempo 0 ($2,63 \text{ mg KOH.g}^{-1}$), 90 dias ($2,46 \text{ mg KOH.g}^{-1}$) e 135 dias ($3,16 \text{ mg KOH.g}^{-1}$). Já o tempo 0 e o tempo 135 dias também são iguais entre si. E, os tempos 135 dias e 180 dias ($3,33$) foram iguais entre si, sendo que este último apresentou o maior teor de acidez. No Tratamento 2, o menor valor encontrado foi aos 45 dias ($2,28 \text{ mg KOH.g}^{-1}$) que, é igual a 5% de significância, aos tempos 0 ($2,63 \text{ mg KOH.g}^{-1}$), 90 dias ($2,72 \text{ mg KOH.g}^{-1}$) e 135 dias ($2,63 \text{ mg KOH.g}^{-1}$). Os tempos 0, 90, 135 e 180 dias ($3,14 \text{ mg KOH.g}^{-1}$) também foram iguais entre si, sendo que este último apresentou o maior teor de acidez no óleo. No Tratamento 3, o menor teor de acidez ocorreu no tempo 0 ($2,63 \text{ mg KOH.g}^{-1}$) e o maior valor em 180 dias ($4,72 \text{ mg KOH.g}^{-1}$), indicando maior deterioração do óleo nesse tratamento, o qual apresenta grãos com maior teor de água.

Na Figura 11 visualizam-se os teores médios de acidez do óleo, de cada tratamento ao longo do tempo.

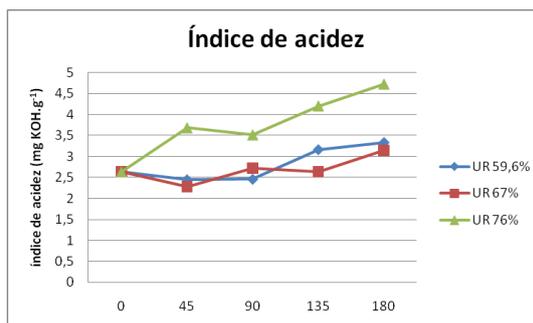


Figura 11 Médias do índice de acidez do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.

O índice de acidez mostra o estado de conservação do óleo, pois a decomposição dos glicerídeos é acelerada pelo aquecimento e pela luz; a rancidez é quase sempre acompanhada pela formação de ácido graxo livre. A acidez livre de uma gordura não é uma constante ou característica, mas é uma variável relacionada com a natureza, qualidade da matéria-prima, grau de pureza da gordura, com o processamento e, principalmente, com as condições de conservação do óleo (FARHOOSH; EINAFSHAR; SHARAYEI, 2009).

A consequência de se armazenar grãos com umidades relativas do ar elevadas é que o índice de acidez tende a ter valores elevados e, assim, maiores teores de ácidos graxos livres, pois ocorre um processo de rancidez hidrolítica (ARAÚJO, 2012). Temperatura elevada, ação de enzimas lipolíticas naturais ou produzidas por microorganismos contaminantes contribuem para a rancificação hidrolítica dos grãos, pois, a fração lipídica presente é lentamente hidrolisada pela água. Pesquisadores observaram, após 6 meses de armazenamento, um aumento significativo do índice de acidez no óleo de soja (CARVALHO *et al.*, 2008). Após 6 meses de armazenamento, foram encontrados valores para o óleo de soja de 2,91 mg KOH.g⁻¹ e 1,77 mg KOH.g⁻¹, em amostras expostas a luz e no escuro, respectivamente (ANWAR; CHATHA; HUSSAIN, 2007).

Neste estudo, pôde ser notado, em todos os tratamentos, um aumento do índice de acidez no óleo, do mesmo modo na acidez do grão e, no Tratamento 3, o qual apresentava maior umidade relativa, a acidez do óleo foi superior, indicando maior deterioração.

6.2.2 Parâmetro a*

O espaço de cor CIELAB mede as coordenadas de a*, b* e também o índice de luminosidade (L*). O parâmetro de cor a* assume valores positivos para cores avermelhadas e valores negativos para as tonalidades esverdeadas (-60 a 60), enquanto

que b^* assume valores positivos para cores em tom amarelo e negativos para tons em azul (-60 a 60) (GRANATO; MASSON, 2010). Cada traço indica a média de cada tratamento com os seus respectivos intervalos de confiança. Assim, fica visível, na Figura 12, que há diferenças desse componente em cada tratamento.

Como se verifica na Figura 12, o menor valor encontrado foi no tempo 0 (14,7), que é estatisticamente diferente dos demais tempos. O maior valor foi encontrado em 135 dias de armazenamento (24,0), indicando um aumento da cor avermelhada nos grãos e redução da cor esverdeada. Esse aumento é um fator positivo, uma vez que a cor esverdeada está relacionada à presença de clorofila no óleo, que não deve estar presente, pois reduz o valor comercial do produto. Alencar *et al.* (2009) verificaram aumento da variação da cor de acordo com o aumento da umidade de grãos e da temperatura de armazenamento. Neste estudo, os grãos foram colhidos com, aproximadamente, 18,0% b. u. de teor de água e secados até 11,2, 12,8 e 14,8% b. u. Para que os teores de água fossem mantidos, a soja foi armazenada nas seguintes condições de temperatura e umidade relativa para 11,2%: 20 °C e 61,7%; 30 °C e 67,9%; 40 °C e 69,4%; para 12,8%: 20 °C e 73,7%; 30 °C e 76,7%; 40 °C e 80,8%; e para 14,8%: 20 °C e 82,7%; 30 °C e 83,9%; 40 °C e 85,3%.

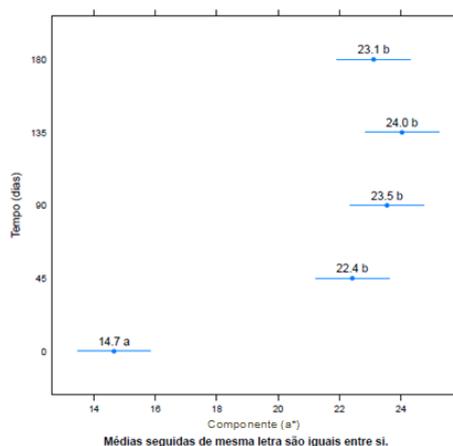


Figura 12 Valores médios, em cada tempo, do componente a^* , do óleo extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.

Notas: Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

Na Figura 13 são visualizados os teores médios do componente a^* de cada tratamento, ao longo do tempo.

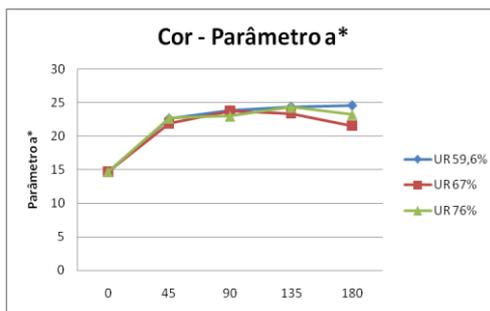


Figura 13 Médias do parâmetro a* do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.

Com base nessa figura, observa-se que o Tratamento 1 teve um aumento de valores referentes ao componente a*. Os demais tratamentos (2 e 3) tiveram um crescimento com um rápido decréscimo em 135 dias.

Pôde ser notado em todos os tratamentos, ao longo do tempo (180 dias de armazenamento), um leve aumento do componente a* no óleo. O aumento foi mais acentuado nos primeiros 90 dias. O valor de a* vai da escala de verde ao vermelho e, neste caso, há evidências que o óleo adquiriu coloração tendente ao vermelho durante os períodos de armazenamento.

A variação na coloração é resultado da degradação de compostos que conferem cor como carotenoides, juntamente com o escurecimento dos grãos pela presença de fungos nas condições mais extremas de armazenamento. A cor do óleo de soja é um importante fator de qualidade, pois afeta a aceitação do consumidor. As condições de armazenamento podem causar escurecimento dos grãos, sendo as principais causas da mudança da cor as reações de escurecimento não enzimático e oxidação (KONG *et al.*, 2008). No armazenamento, a fração proteica pode sofrer algumas reações, que ocasionam a desaminação dos aminoácidos, formando ácidos orgânicos e compostos amoniacais, e a escarboxilação com formação de aminas, causando a putrefação dos grãos, conferindo odores desagradáveis e fortes, intensificando o escurecimento (ELIAS, 2008).

Hou e Chang (2004) verificaram no armazenamento, em condições elevadas de umidade relativa do ar e temperatura, a variação na coloração dos grãos por meio do escurecimento. Diferenças na coloração de grãos de soja durante o armazenamento também foram estudadas por Alencar *et al.* (2009), que observaram aumento da variação de acordo com o aumento do teor de água dos grãos e da temperatura de armazenamento, sendo que a pior condição do referido experimento ocorreu no armazenamento com 14,8% de umidade, a 40 °C.

O controle da cor e aparência de óleos não deve ser apenas por seu carácter visual, mas, também, por estarem diretamente relacionados com custo de processamento e

qualidade do produto final. Os óleos comestíveis, em geral, apresentam coloração vermelho-amarelada como consequência da presença de carotenoides e carotenos.

6.2.3 Parâmetro b*

Na Figura 14 são visualizadas as médias do componente b* do óleo de soja extraído dos grãos de soja armazenados por cinco tempos distintos: 0, 45, 90, 135 e 180 dias. Pôde-se verificar que cada tratamento tem comportamento diferente em cada tempo de armazenamento.

O componente b* assume valores positivos para cores em tom amarelo e negativos para tons em azul (-60 a 60), diferentes ao longo do período de armazenagem. O teste de Tukey, a seguir, apresenta a comparação de médias para o parâmetro b*, em cada tempo. Cada traço indica a média de cada tratamento com os seus respectivos intervalos de confiança. Assim, fica evidente que há diferenças para os teores de cor em cada tratamento.

O menor valor para o componente b* encontra-se na umidade relativa do ar de 59,6% (41,5) e o maior encontra-se na umidade relativa de 67,0% (44,7) (Figura 14). Os tratamentos 1 e 3 são iguais entre si e o Tratamento 2 é diferente dos demais.

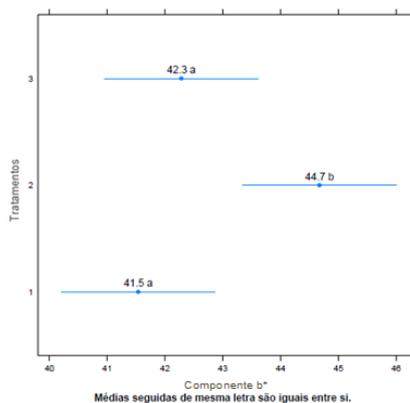


Figura 14 Valores médios, nos tratamentos, do componente b*, no óleo extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.

Notas: Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

Na Figura 15, cada traço indica a média de cada tempo com os seus respectivos intervalos de confiança. Assim, evidencia-se que há diferenças para o parâmetro b*, do sistema de cor, em cada tempo de armazenamento.

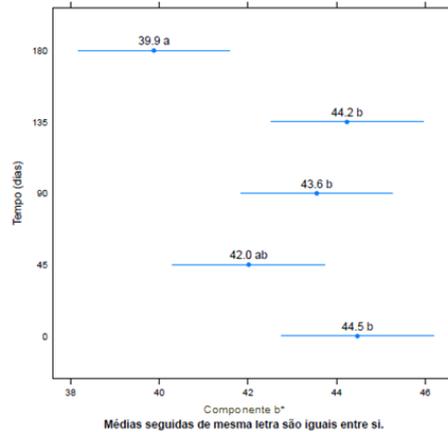


Figura 15 Valores médios, em cada tempo, do componente b*, no óleo extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.

Notas: Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

Como resultado obtido, tem-se que o menor valor encontra-se no tempo 180 dias (39,9) e o maior encontra-se no tempo 135 dias (44,2). Os tempos de 45 dias, e 180 dias são iguais entre si. Já os tempos 0 (44,5), 45 (42,0), 90 (43,6) e 135 dias (44,2) são iguais entre si, a 5% de significância.

Na Figura 16 são visualizados os teores médios do componente b* de cada tratamento, ao longo do tempo. Pôde ser notado em todos os tratamentos, ao longo do tempo (180 dias de armazenamento), que houve uma leve diminuição do componente b* no óleo. O valor de b* assume coloração entre azul a amarelo, assim, há evidências que o óleo ganhou colorações tendentes ao amarelo durante o armazenamento. Isso pode ter ocorrido pela degradação da clorofila.

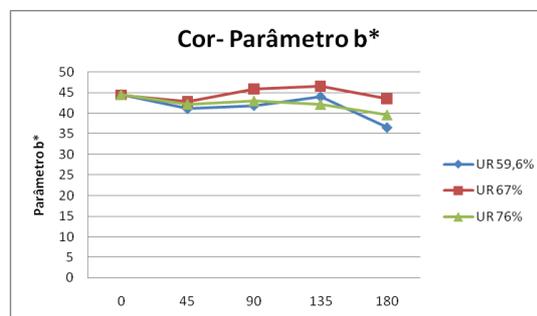


Figura 16 Médias do parâmetro b* do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.

6.2.4 Capacidade antioxidante

Na Figura 17 são visualizadas as médias da capacidade antioxidante do óleo de soja extraído dos grãos de soja armazenados. O teste de Tukey, a seguir, possibilita a comparação de médias para a capacidade antioxidante em cada tratamento. Cada traço indica a média de cada tratamento com os seus respectivos intervalos de confiança.

Observou-se, na Figura 17, que o menor valor da capacidade (38,5) ocorreu na umidade de armazenamento 76,0% e o maior valor (43,6) na umidade de 67,0%. As umidades de 59,6% e 67,0% foram iguais, a 5% de significância.

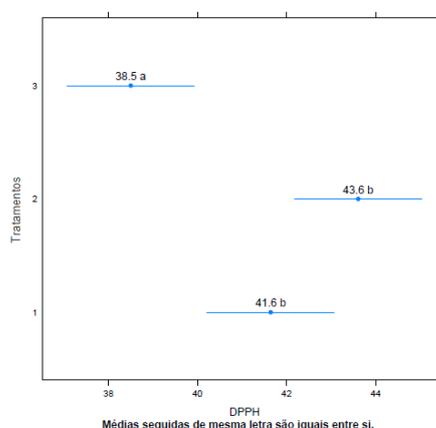


Figura 17 Valores médios, nos tratamentos, da capacidade antioxidante no óleo extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C. durante 180 dias.

Notas: Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

Na Figura 18, cada traço indica a média de cada tempo com os seus respectivos intervalos de confiança. Assim, fica visível que há diferenças para os teores da capacidade antioxidante em cada tempo de armazenamento.

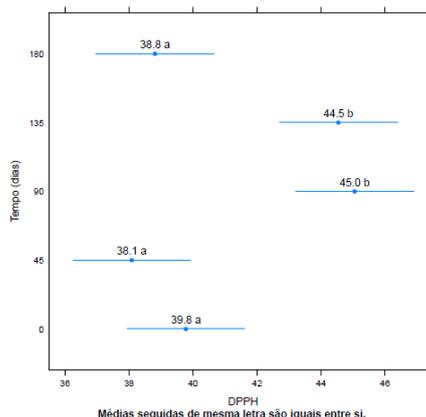


Figura 18 Valores médios, em cada tempo, da capacidade antioxidante do óleo extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias.

Notas: Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

A menor capacidade antioxidante foi verificada no tempo de 45 dias (38,1) de armazenamento, esta por sua vez, é igual estatisticamente ao tempo 0 dia (39,8) e ao tempo de 180 dias (38,8). O maior valor encontrado para a capacidade antioxidante ocorreu aos 90 dias de armazenamento (45,0) e é estatisticamente igual ao tempo de 135 dias (44,5), a 5% de significância.

Na Figura 19 são visualizados os teores médios da capacidade antioxidante de cada tratamento, ao longo do tempo.

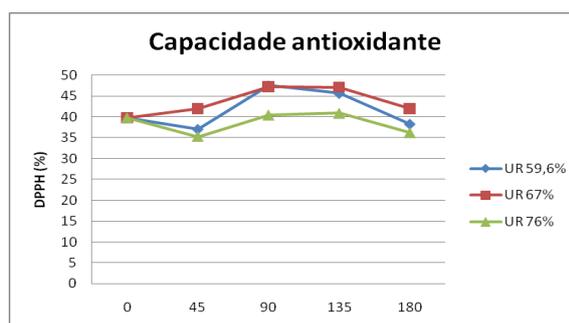


Figura 19 Médias da capacidade antioxidante do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.

O método DPPH baseia-se na captura do radical DPPH por antioxidantes presentes na amostra. A maior parte da capacidade antioxidante de alguns óleos vegetais é devida à grande quantidade de compostos fenólicos presentes (CASTELO-BRANCO; TORRES,

2011). Xu e Chang (2008) analisaram o potencial antioxidante dos grãos de soja das variedades amarela e preta, encontrando teores de 1,96 e 13,39 μmol de Trolox/g b. s., respectivamente. Perdas de compostos fenólicos e flavonoides, durante o processamento, acarretam uma diminuição na atividade antioxidante. Barbosa *et al.* (2006) obtiveram, como resultado de seu estudo, que a capacidade antioxidante da soja e dos seus derivados determinada pelo método do DPPH variou de 1,3 a 5,1 μmoles , equivalentes de Trolox/g de amostra (b. s.), essa é outra maneira de expressar a capacidade antioxidante, sendo que a unidade de amostra é trolox/g.

Os tratamentos 1 e 2 (com umidade relativa de 59,6% e 67,0%, respectivamente), tiveram maiores valores da capacidade antioxidante, com um pico em 90 dias e diminuindo em seguida. Já os valores do Tratamento 3 (umidade relativa de 76,0%) foram bem mais baixos, com pico em 135 dias. Como os valores dos tratamentos 1 e 2 foram mais elevados, houve maior captura do radical DPPH por radicais na amostra. Quanto maior a captura do radical DPPH por radicais na amostra, melhor é a conservação do óleo. No Tratamento 3, houve menor captura, provavelmente, devido aos antioxidantes já se terem oxidado, não tendo como o radical DPPH capturar radicais na amostra, por não mais existirem esses radicais.

6.2.5 Extinção específica por absorção na região do ultravioleta

6.2.5.1 Absorbância no comprimento de onda de 232 nanômetros

Na Tabela 8 estão apresentadas as médias da extinção específica, do comprimento de onda de 232 nanômetros, no óleo e seus respectivos intervalos de confiança em cada tempo de armazenamento, pois a interação entre o tratamento e o tempo foi significativo, a 5% de significância. No Tratamento 1, o menor valor encontrado foi no tempo de 0 dias (0,38), este, por sua vez, é igual estatisticamente ao tempo de 45 dias (0,66). O maior valor encontrado foi no tempo de 180 dias (0,98), que é estatisticamente igual ao tempo de 45 dias (0,66), de 90 dias (0,87), de 135 dias (0,89) e ao tempo de 180 dias (0,98). No Tratamento 2, o menor valor encontrado foi no tempo de 180 dias (0,28) e o maior valor foi encontrado no tempo de 135 dias (0,66), que é estatisticamente igual ao tempo de 0 dias (0,38), 45 dias (0,42), e 90 dias (0,58). Os tempos 0 dias (0,38), 45 dias (0,42), 90 dias (0,58) e 180 dias (0,28) são iguais entre si. No Tratamento 3, o menor valor foi encontrado nos tempos de 45 dias (0,30) e 180 dias (0,30). O maior valor foi encontrado no tempo de 90 dias (0,85).

Nos tempos de 0 e 135 dias de armazenamentos, todos os tratamentos foram iguais entre si. No tempo de 45 dias o tratamento com umidade relativa de 59,6% foi igual ao tratamento com umidade relativa de 67% e, o tratamento com 67% de umidade relativa foi igual ao tratamento com 76% de umidade relativa. No tempo de 90 dias de armazenamento, apenas os tratamentos 1 e 3 foram iguais entre si.

Tabela 8 Comparação de médias da extinção específica no óleo, absorvância de 232 nanômetros, extraído dos grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias

Tempo	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
0	0,38 aA	0,38 abA	0,38 aA
45	0,66 abA	0,42 abAB	0,30 aB
90	0,87 bA	0,58 abB	0,85 bA
135	0,89 bA	0,66 aA	0,77 bA
180	0,98 bA	0,28 bB	0,30 aB

Notas: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

Na Figura 20 são visualizados os teores médios de absorção em 232 nanômetros de cada tratamento, ao longo do tempo. Observa-se que o Tratamento 1 teve um crescimento de valores da extinção específica. Já, os tratamentos 2 e 3 tiveram uma diminuição dos valores em 135 dias.

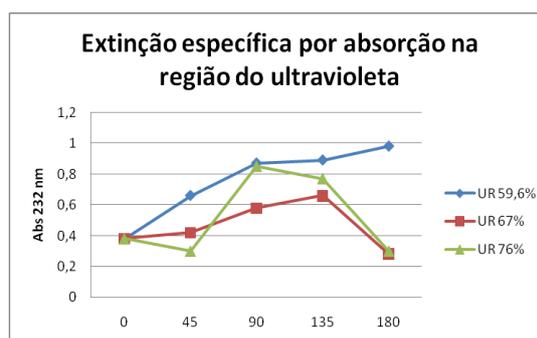


Figura 20 Médias da extinção específica por absorção na região do ultravioleta, no comprimento de onda de 232 nanômetros, do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.

Pôde ser notado, em todos os tratamentos, que os valores da capacidade extinção específica aumentaram até o tempo de 135 dias, diminuindo em 180 dias de armazenamento. Tal fato pode ser explicado, segundo Rodrigues *et al.* (2012), por que os

peróxidos e hidroperóxidos são bastante instáveis e são rapidamente decompostos para formar produtos de baixo peso molecular, como os aldeídos. Conforme os produtos primários (absorbância de 270 nanômetros) de oxidação eram formados, os mesmos foram sendo decompostos em produtos secundários, mas quando houve redução de compostos primários ao final do armazenamento, os compostos secundários aumentaram ainda mais, o que é explicado pelo fato de que a formação de compostos secundários já era maior do que a formação de compostos primários, o que é normal, pois a partir de certo ponto de degradação dos ácidos graxos, a formação de peróxidos e hidroperóxidos fica limitada.

6.2.5.2 Absorbância no comprimento de onda de 270 nanômetros

A 5% de significância, a interação entre tratamentos foi significativa. Na Tabela 9 estão apresentadas as médias da extinção específica, no comprimento de onda de 270 nanômetros, nos grãos e seus respectivos intervalos de confiança em cada tempo de armazenamento.

Tabela 9 Comparação de médias da extinção específica no óleo, absorbância de 270 nanômetros, extraído de grãos armazenados em umidade relativa de 59,6%, 67,0% e 76,0% a 30 °C, durante 180 dias

Tempo	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
0	0,64 aA	0,64 bcA	0,64 abA
45	0,50 aAB	0,24 aB	0,57 aA
90	0,87 bA	0,56 bB	0,84 bcA
135	0,93 bA	0,78 cA	0,87 cA
180	0,88 bA	0,46 bB	0,58 aB

Notas: Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Tratamento 1 - umidade relativa de 59,6% a 30 °C obtido com brometo de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 9,6%. Tratamento 2 - umidade relativa de 67,0% a 30 °C obtido com iodeto de potássio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 11,2%. Tratamento 3 - umidade relativa de 76,0% a 30 °C obtido com cloreto de sódio saturado para atingir a umidade de equilíbrio dos grãos de 12,8%.

No Tratamento 1, o menor valor encontrado foi no tempo de 45 dias (0,50), este, por sua vez, é igual estatisticamente ao tempo de 0 dias (0,64). O maior valor encontrado foi no tempo de 135 dias (0,93), que é igual estatisticamente ao tempo de 90 dias (0,87) e ao tempo de 180 dias (0,88). No Tratamento 2, o menor valor encontrado foi no tempo de 45 dias (0,24). O maior valor encontrado foi no tempo de 135 dias (0,78), que é igual estatisticamente ao tempo de 0 dias (0,64). Os tempos 0 dias (0,64), 90 dias (0,56) e 180 dias (0,46) são iguais entre si. No Tratamento 3, o menor valor encontrado foi no tempo de 45 dias (0,57). O maior valor encontrado foi no tempo de 135 dias (0,87). Os tempos de 0 e

135 dias de armazenamentos, todos os tratamentos foram iguais entre si. No tempo de 45 dias o tratamento com umidade relativa de 59,6% foi igual ao tratamento com umidade relativa de 67% e, o tratamento com 59,6% de umidade relativa foi igual ao tratamento com 76% de umidade relativa. No tempo de 90 dias de armazenamento, apenas os tratamentos 1 e 3 foram iguais entre si.

Na Figura 21 são visualizados os teores médios de absorção em 270 nanômetros de cada tratamento, ao longo do tempo. Com base nessa figura, verifica-se que todos os tratamentos tiveram um crescimento de valores da extinção específica, com diminuição dos valores em 135 dias. Outra diminuição dos valores aconteceu no tempo de 45 dias.

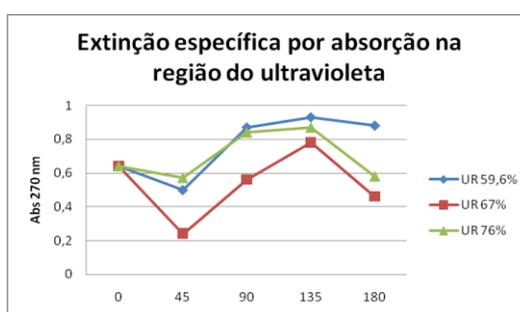


Figura 21 Médias da extinção específica por absorção na região do ultravioleta, no comprimento de onda de 270 nanômetros, do óleo de soja bruto extraído dos grãos armazenados por 180 dias na temperatura de 30 °C e umidades relativas de 59,6, 67 e 76%.

Os coeficientes de extinção específica são parâmetros importantes na determinação da qualidade de óleos, sendo que a absorvância de 232 nanômetros é indicativa da presença de peróxidos, hidroperóxidos e dienos conjugados (produtos primários de oxidação). Já a absorvância de 270 nanômetros é indicativa da presença de produtos secundários de oxidação (álcoois, cetonas, aldeídos) e trienos conjugados (RODRIGUES *et al.*, 2012). Os produtos secundários de oxidação do óleo apresentaram aumento durante o tempo de armazenamento. Como os valores da extinção específica foram maiores na absorvância de 270 nanômetros, existe maior concentração de produtos secundários no final da oxidação.

7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que:

- O tempo de armazenamento provoca alterações nas propriedades físico-químicas dos grãos, sendo que as maiores alterações nos parâmetros avaliados ocorreram naqueles que possuem maior umidade relativa do ar.
- Os grãos armazenados a 30 °C, em todas as umidades relativas do ar tiveram problemas de oxidação ao final do armazenamento.
- Também foi verificado, pelas análises realizadas no óleo bruto, que, em todas as umidades relativas, ocorreu oxidação lipídica. Isso provocou reduções, no parâmetro teor de lipídeos, extinção específica na região ultravioleta (absorbância de 232 nanômetros) do óleo, atividade antioxidante aumento da capacidade antioxidante, na absorbância de 270 nanômetros, nos índices de acidez e com variação também na coloração dos grãos. Isso indica que ocorreu oxidação, ou seja, o óleo foi degradado ao longo do tempo e, principalmente, naqueles grãos armazenados por 180 dias a 30 °C, com o menor teor de água de 9,6% e o maior de 12,8%.
- Os maiores problemas de degradação foram mais perceptíveis no tempo de 180 dias de armazenamento e com aumento da umidade relativa do ar. Assim, a melhor maneira de armazenar grãos de soja a 30 °C, é manter a umidade intermediária por curtos períodos de armazenamento.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, utilizaram-se muito solventes, os quais a venda é controlada. Além disso, são muito ofensivos à saúde, causando ação depressora do sistema nervoso central, ação irritante da pele e mucosas, lesão hepática e renal. Para tanto, houve a necessidade da utilização de equipamentos de proteção individual, evitando-se danos maiores à saúde do pesquisador.

Os resultados apresentados neste estudo podem oferecer informações para futuras pesquisas com relação à oxidação lipídica, como é necessário armazenar para que isso não venha a ocorrer. Além disso, seria interessante testar diferentes temperaturas, além do índice de 30 °C, e outras umidades relativas. Também poderia ser conveniente fazer testes em menores espaços de tempo, para melhor acompanhar a degradação de óleos.

REFERÊNCIAS

ACASIO, U. A. **Handling and storage of soybeans and soybean meal**. Department of grain science and industry, Kansas State University, p. 17, 1997. Disponível em: <http://www.asaimsea.com/pdfs/ASA-TR-FTech.pdf#page=36>. Acesso em: 08 mar. 2015.

ALENCAR, E. R. **Efeitos das condições de armazenagem sobre a qualidade da soja (*Glycine Max (L.) Merrill*) e do óleo bruto**. 2006. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; LACERDA, A. F. ; FERREIRA, L. G.; MENEGHITTI, M. R. Qualidade dos grãos de soja em função das condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 155-166, 2008.

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; LACERDA, A. F.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Jaboticabal, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais dpph. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

ANWAR, F.; CHATHA, S. A. S.; HUSSAIN, A. I.. Assessment of oxidative deterioration of soybean oil at ambient and sunlight storage. **Grasas Y Aceites**, Faisalabad, v. 4, n. 58, p.390-395, out. 2007.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2012.

ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F. P. M.; GOMES, R. A. R.; VALENTINI, S. R. T. **Conservação de grãos**. Campinas: Fundação Cargill, p. 236, 1998.

AVENA-BUSTILLOS, R. J.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. A.; KROCHTA, J. M.; SALTVEIT, M. E. Optimization of edible coating on minimally processed carrots using response surface methodology. **Transaction of the ASAE**, v. 36, n. 3, p. 801-805, 1993.

ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, L. P. Isoflavonas e a qualidade das sementes de soja. **Informativo Abrates, Cidade**, v. 20, p. 15-29, 2010.

BARBOSA, A. C. L.; HASSIMOTTO, N. M. A.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Teores de isoflavonas e capacidade antioxidante da soja e produtos derivados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v, 23, n. 4, p. 921-926, 2006.

BERGER-SCHUNN, A. **Practical color measurement**. New York: John Wiley & Sons, 1994. 192 p.

BIAGGIONI, M. A. M.; BARROS, R. E. Teste de acidez graxa como índice de qualidade em arroz. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 679-684, 2006.

BIHAIN A. L. J. **Modelagem matemática da influência da umidade do ar, sobre a dinâmica de secagem de grãos de soja em camada fina**. 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado em modelagem matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2011.

BLOCK, J. M.; ARELLANO, D. B. Artigo utilizado. *In*: -----. **Temas selectos en aceites y grasas**. São Paulo: Editora Blucher, 2013. v. 2. cap. 1.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1987.

BORDIGNON, B. C. S. **Relação das condições de armazenamento com qualidade fisiológica de sementes e composição do óleo extraído de cultivares de soja**. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

BOWLES, S.; DEMIATE, I. M. Caracterização físico-química de *okara* e aplicação em pães do tipo francês. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 652-659, 2006.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n.º 482**, de 23 de setembro de 1999. Aprova o Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a2190900474588939242d63fbc4c6735/RDC_482_1999.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 21 fev. 2015.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and Storage of Grains and Oilseeds**. AVI Book, New York: Van Nostrand Reinhold. p. 450, 1992.

BRUM, A. A. S.; ARRUDA, L. F.; ARCE, M. A. B. R. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 849-854, 2009.

CAMPOS, D. C. P.; ANTONIASSI, R.; DELIZA, R.; FREITAS, S. C.; FELBERG, I. Molho cremoso à base de extrato de soja: estabilidade, propriedades reológicas, valor nutricional e aceitabilidade do consumidor. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 919-926, 2009.

CARVALHO, H. H.; JONG, E. V.; BELLÓ, R. M.; SOUZA, R. B.; TERRA, M. F. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análise**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002.

CARVALHO, S. M.; OGLIARI, P. J.; BARRERA-ARELLANO, D.; BLOCK, J. M. Efeito da adição de tocoferóis naturais sobre a qual idade de óleo de soja refinado e embalado em PET durante a estocagem. **Brazilian Journal of Food Technology**, Florianópolis, v. 11, n. 2, p. 134-143, 30 maio 2008.

CASTELO-BRANCO, V. N.; TORRES, A. G. Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: determinantes químicos e sua relação com a qualidade dos óleos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 24, n. 1. p. 173-187, 2011.

CASTRO, H. F.; MENDES, A. A.; SANTOS, J. C.; AGUIAR, C. L. Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. **Química Nova**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 146-156, 2004.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2012.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. 1. ed. Documentos Embrapa Cerrados - Planaltina, DF: EMBRAPA, 2010.

CHORILLI, M.; LEONARDI, G. R.; SALGADO, H. R. N. Radicais livres e antioxidantes: conceitos fundamentais para aplicação em formulações farmacêuticas e cosméticas. **Revista Brasileira de Farmácia**, São Paulo, v. 88, n. 3, p. 113-118, 2007.

CHRIST, D.; CUNHA, R. L.; MENEGALLI, F. C.; TAKEUCHI, K. P.; COELHO, S. R. M.; NÓBREGA, L. H. P. Sorption isotherms of albumen dried in a spout fluidised bed. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 10, n. 2, p. 151-155, 2012.

CHUNG, G.; SINGH, R.J. Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Science's**, Boca Raton, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2013/2014 - segundo levantamento, Brasília, DF, v. 1, n. 2, p. 1-66, 2013.

COSTA, E. M. S.; FIGUEIREDO, A. V.; MOREIRA FILHO, M. A.; OST, J. C. Processamento da soja integral na alimentação de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 3094-3108, 2014.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. São Paulo: Artmed, 2010.

DAMUDE, H. G.; KINNEY, A. J. Engineering oilseeds to produce nutritional fatty acids. **Physiologia Plantarum**, Kraków, v. 132, n. 1 p. 1-10, 2008.

D'ARCE, M. A. B. R. **Pós-colheita e armazenamento de grãos**. Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição. Esalq/Usp, s/d. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/pdf/Armazenamentodegraos.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2013.

DECKER, E. A.; ALAMED, J.; CASTRO, I. A. Interaction between polar components and the degree of unsaturation of fatty acids on the oxidative stability of emulsions. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Nottingham, v. 87, n. 7, p. 771-780, 2010.

DIAS, R. C. E.; FARIA, A. F.; MERCADANTE, A. Z.; BRAGAGNOLO, N.; BENASSI, M. T. Comparison of extraction methods for kahweol and cafetol analysis in roasted coffee. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 492-499, 2013.

DIOS, C. A. D. **Recomendaciones sobre el manejo y poscosecha del girasol**. Pergamino: Estación experimental agropecuária de Pergamino, INTA, 1984.

DONG, D.; FU, X.; YUAN, F.; CHEN, P.; ZHU, S.; LI, B.; YANG, Q.; YU, X.; ZHU, D. Genetic diversity and population structure of vegetable soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in China as revealed by SSR markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 61, n. 1, p. 173-183, 2014.

ELIAS, M. C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos**. Pelotas: Santa Cruz, 2008.

ELIAS, M. C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A. R. G. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 25-30, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Soja**: história no Brasil. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=113&cod_pai=35>. Acesso em: 24 set. 2013.

ESPINDOLA, S. M. C. G.; CAVALCANTE, A. K. GONÇALVES, D. A. R.; LOPES, E. W.; COSTA, E. G.; LIMA, P. C.; HAMAWAKI, O. T. Avaliação do teor de óleo e da produtividade em linhagens de soja para cultivo no cerrado. IX simpósio nacional cerrado e II simpósio internacional savanas tropicais, Brasília. 2008. Disponível em: <<http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.cpac.embrapa.br%2Fdownload%2F689%2Ft&ei=wfBFU7HZFtGW0gGr7YCYDA&usg=AFQjCNFPuzrfoTOqJ802CXL9RLegME9pLw&sig2=ySPbdZyr6SnafNJ2-v7yw>>. Acesso em: 9 abr. 2014.

FARHOOSH, R.; EINAFSHAR, S.; SHARAYEI, P. The effect of commercial refining steps on the rancidity measures of soybean and canola oils. **Food Chemistry**, Mashhad, v. 115, p. 933-938, 2009.

FARONI L. R. D. **Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados**. Universidade Federal de Viçosa, p. 1-15. 1998. Disponível em: <ftp.ufv.br/dea/Disciplinas/Leda/ENG370/Fatores%20influec%20qualid%20graos.doc>. Acesso em: 17 dez. 2013.

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**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 91-100, 2009.

FENNEMA, O. R. 3rd ed. **Food Chemistry**. New York: Fennema, O. R., ed.; Marcel Dekker, 1996.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. Disponível em: <www.fao.org.br>. Acesso em: 24 set. 2013.

FUENTES, P. **Avaliação da qualidade de óleos de soja, canola, milho e girassol durante o armazenamento**. 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

GONÇALVES, E. C. B. A. **Análise de alimentos**: uma visão química nutricional. 2. ed. São Paulo: Varela, 2009.

GONÇALVES, L. C.; ANDRADE, A. P. C.; PIVETA, G. Chemical composition and technological properties of two soybean cultivars. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 33-40, 2014.

GRANATTO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a responder surface approach. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 1090-1096, 2010.

HEIMDAL, H.; KÜHN, B. F.; POLL, L.; LARSEN, L. M. Biochemical changes and sensory quality of shredded and MAPackaged iceberg lettuce. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 6, p. 1265-68, 1995.

HERRMANN, D. R.; CARVALHO, M. J. DE; ZACHOW, K.; SCHOLZ, F.; RABBERS, D.; TSUTSUMI, C. Y.; ZONIN, W. Avaliação da resistência de cultivares de milho ao ataque de *Sitophilus* sp. em grãos armazenados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 4290-4293, 2009.

HOU, H.J.; CHANG, K.C. Storage conditions affect soybean color, chemical composition and tofu qualities. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 28, n. 6, p. 473-488, 2004.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 6, p. 1.841-1.856, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. 4 ed. 1. ed. digital. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 2008.

KALANTZAKIS, G.; BLEKAS, G.; PEGKLIDOU, K.; BOSKOU, D. Stability and radical-scavenging activity of heated olive oil and other vegetable oils. **European Journal of Science and Technology**, v. 108, p. 326-335, 2006.

KONG, F.; CHANG, S. K. C.; LIU, Z. WILSON, L. A. Changes of soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 3, p. 134-144, 2008.

LACERDA FILHO, A. F.; DEMITO, A.; VOLK, M. B. S. **Qualidade da soja e acidez do óleo** (nota técnica). s/d. Disponível em: <<http://www.sop.eng.br/pdfs/6d2b57671ce672243df5ff377a083fb3.pdf>>. Acesso em: 2 dez. 2014.

LIMA JÚNIOR, D. M.; RANGEL, A. H. N.; URBANO, S. A.; MORENO, G. M. B. Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. **Acta Veterinária Brasília**, Mossoró, v. 7, n. 1, p. 14-28, 2013.

LIMA, E. C. S.; CARDOSO, M. H. Bebida de soja (*Glycine max*) e acerola (*Malpighia punicifolia*) enriquecida com cálcio. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 4, p. 549-553, 2012.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Potencial antioxidante de extratos de sementes de limão (*Citrus limon*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 489-493, 2010.

MALAKER, P. K; MIAN, I. H.; BHUIYAN, K. A.; AKANDA, A. M.; REZA, M. M. A. Effect of storage containers and time on seed quality of wheat. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v. 33, n. 3, p. 469-477, 2008.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e o alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 1-11, 2009.

MARTINEZ, A. P. C.; MARTINEZ, P. C. C.; SOUZA, M. C.; BRAZACA, S. G. C. Alterações químicas em grãos de soja com a germinação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 23-30, 2011.

MEDIC, J.; ATKINSON, C.; JUNIOR HURBURGH, C. R. Current knowledge in soybean composition. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Nottingham, v. 91, n. 1, p. 363-384, 2014.

MELO FILHO, A. B.; VASCONCELOS, M. A. S. **Química de alimentos**. Recife: UFRPE, 2011.

MERÇON, F. O que é uma gordura trans? **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 2, 2010.

NAVARRO, S.; NOYES, S.T. **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. Boca Raton: CRC Press, 2001. 672 p.

NAZ, S.; SHEIKH, H.; SIDDIQI, R.; SAYEED, S. A. Oxidative stability of olive, corn and soybean oil under different conditions. **Food Chemistry**, Mashhad, v. 88, p. 253-259, 2004.

O'BRIEN, R. D. Fat and oils. In: O'Brien, R. D. (ed.) **Fats and oils formulating and processing for applications**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 175-232.

OLIVEIRA, M. A.; LORINI, I.; MANDARINO, J. M. G.; LEITE, R. S.; QUIRINO, J. R.; FERREIRA, B. S. C.; VILAS BOAS, R. L. P.; DELAFRONTA, B. Teores de óleo e proteína em grãos de soja, com diferentes manejos de percevejo, da colheita ao armazenamento, utilizando a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR). In: AMERICAS: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOYBEAN UTILIZATION, 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2013. 1 CD-ROM.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. , v. 1.

PARK, C.; KIM, Y.; PARK, K.; KIM, B. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**. v. 48, p. 25-29, 2012.

PARRY, J. L. Mathematical modeling and computer simulation of heat and mass transfer in agricultural grain drying: A review. **Journal of Agricultural Engineering Researches**, New York, v. 32, p. 1-29, 1985.

PAULETTO, F. B.; FOGAÇA, A. O. Avaliação da composição centesimal de tofu e okara. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 85-95, 2012.

PENHA, L. A. O.; FONSECA, I. C. B.; MANDARINO, J. M.; BENASSI, V. T. A soja como alimento: valor nutricional, benefícios para a saúde e cultivo orgânico. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 91-102, 2007.

REVISTA FUNCIONAIS E NUTRACÊUTICOS. A soja: história, tendências e virtudes. Editora Insumos. São Paulo – SP, n. 0, p. 28-40, 2007. Disponível em: <<http://www.insumos.com.br/>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

REZIG, L.; CHOUAIBI, M.; MSAADA, K.; HAMDY, S. Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. **Industrial Crops and Products**, v. 37, p. 82-87, 2012.

RODRIGUES, N.; MALHEIRO, R.; CASAL, S.; MANZANERA, M. C. A. S.; ALBINO, B.; PEREIRA, J. A. Influence of spike lavender (*Lavandula latifolia* Med.) essential oil in the quality, stability and composition of soybean oil during microwave heating. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 2894-2901, 2012.

RUDDLE, P.; WHETTEN, R.; CARDINAL, A.; UPCHURCH, R. G.; MIRANDA, L. Effect of 9-stearoyl-ACP-desaturase-C mutants in a high oleic background on soybean seed oil composition. **Theoretical Applied Genetics**, v. 127, n. 1, p. 349-358, 2014.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARINI, L. J.; ELIAS, M. C. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1715-1722, 2004.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARTINS, I. R.; ELIAS, M. C. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 118-125, 2006.

SAMBANTHAMURTHI, R.; SUNDRAM, K.; TAN, Y. A. Chemistry and bio-chemistry of palm oil. **Progress in Lipid Research**, v. 39, n. 1, p. 507-558, 2000.

SCHULTZ, R. A.; CORADI, P. C.; BRENTAN, L. O.; CAMILO, L. J.; PEREIRA, T. L. Alterações da qualidade de grãos de soja armazenados em diferentes ambientes. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 47., 2014, Campo Grande - MS. **Anais...** Campo Grande – MS: Associação brasileira de engenharia agrícola, 2014. p. 1-8.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, J. P. D. **Food lipids: chemistry, nutrition and biotechnology.** New York, 1998. cap. 5. Disponível em: <<http://www.stu.edu.vn/uploads/documents/030509-215944.pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2014.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

SILVERSTEIN, M. S.; WEBSTER, F. C.; KIEMLE, D. J. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos.** 7. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2007.

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. O.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014.

SOARES, D. J.; TAVARES, T. M.; BRASIL, I. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Processos oxidativos na fração lipídica de alimentos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 30, n. 2, p. 263-272, 2012.

SPIESS, W. E. L.; WOLF, W. Critical evaluation of methods to determine moisture sorption isotherms. *In*: ROCKLAND, L. B.; BEAUCHAT, L. R. (eds.). **Water activity: theory and applications to food**. New York: Marcel Dekker Inc., 1987. p. 215-233.

TANAMATI, A. A. C.; TANAMATI, A.; GANZAROLI, J. F.; SANCHEZ, J. L.; SILVA, M. V. Estudo comparativo de métodos de extração de lipídios totais em amostras de origem animal e vegetal. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 73-77, 2010.

TOCI, A.; NETO, V.; TORRES, A.; FARAH, A. Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, p. 581-590, 2013.

TRINDADE, M. **Secagem de soja em camada espessa: Modelagem matemática e simulação numérica**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

WARAHO, T.; MC CLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 1, p. 3-13, 2011.

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. 2. ed., Porto Alegre: Kepler Weber, 1998.

WEBER, E. A. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**. Canoas: Salles, 2005.

XU, B. J.; CHANG, S. K. C. Total phenolic content and antioxidant properties of eclipse black beans (*Phaseolus vulgaris L.*) as affected by processing methods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 2, p. 19-27, 2008.

ZUCHI, J.; SEDIYAMA, C. S.; LACERDA FILHO, A. F.; REIS, M. S.; FRANÇA NETO, J. B.; ZANUNCIO, J. C.; ARAÚJO, E. F. Variação da temperatura de sementes de soja durante o armazenamento. **Informe Abrates**, Londrina, v. 21, n. 3, 2011.

WÓJCIAK, K. M.; DOLATOWSKI, Z. J. Oxidative stability of fermented meat products. **Acta Science Polonorum Technologia Alimentaria**, Poznań, v. 11, n. 1, p. 99-109, 2012.

APÉNDICE

APÊNDICE A - Análise de variância (ANOVA), de cada análise, dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias

Teor de água

Tabela Análise de variância (ANOVA) dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias

de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M	P-valor
Tratamento	2	32,28	16,14	0,0000*
Tempo	4	37,21	9,30	0,0000*
Trat:Tempo	8	8,39	1,05	0,0000*
Resíduo	30	2,11	0,07	

Notas: g.l.: grau de liberdade; S.Q.: soma de quadrados; Q.M.: quadrado médio.

* significativo a 5%.

Teor de lipídeo (método Soxhlet)

Tabela Análise de variância (ANOVA) dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias

Fonte de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M	P-valor
Tratamento	2	38,02	19,01	0,0096*
Tempo	4	52,72	13,18	0,0134*
Trat:Tempo	8	41,10	5,14	0,2096
Resíduo	30	104,85	3,49	

Notas: g.l.: grau de liberdade; S.Q.: soma de quadrados; Q.M.: quadrado médio.

* significativo a 5%.

Teor de lipídeo (método Bligh e Dyer)

Tabela Análise de variância (ANOVA) dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias

Fonte de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M	P-valor
Tratamento	2	2,48	1,24	0,4428
Tempo	4	29,51	7,38	0,0033*
Trat:Tempo	8	17,06	2,13	0,2204
Resíduo	30	44,40	1,48	

Notas: g.l.: grau de liberdade; S.Q.: soma de quadrados; Q.M.: quadrado médio.

* significativo a 5%.

Teor de acidez

Tabela Análise de variância (ANOVA) dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias

Fonte de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M	P-valor
Tratamento	2	10,06	5,03	0,0211*
Tempo	4	117,08	29,27	0,0000*
Trat:Tempo	8	35,89	4,49	0,0028*
Resíduo	30	34,30	1,14	

Notas: g.l.: grau de liberdade; S.Q.: soma de quadrados; Q.M.: quadrado médio.

* significativo a 5%.

Índice de acidez

Tabela Análise de variância (ANOVA) dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias

Fonte de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M	P-valor
Tratamento	2	10,27	5,14	0,0000*
Tempo	4	7,22	1,80	0,0000*
Trat:Tempo	8	3,38	0,42	0,0000*
Resíduo	30	1,65	0,06	

Notas: g.l.: grau de liberdade; S.Q.: soma de quadrados; Q.M.: quadrado médio.

* significativo a 5%.

Parâmetro a*

Tabela Análise de variância (ANOVA) dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias

Fonte de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M	P-valor
Tratamento	2	6,63	3,31	0,4106
Tempo	4	548,04	137,92	0,0000*
Trat:Tempo	8	11,22	1,40	0,9184
Resíduo	30	108,39	3,61	

Notas: g.l.: grau de liberdade; S.Q.: soma de quadrados; Q.M.: quadrado médio.

* significativo a 5%.

Parâmetro b*

Tabela Análise de variância (ANOVA) dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias

Fonte de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M	P-valor
Tratamento	2	80,55	40,28	0,0049*
Tempo	4	130,96	32,74	0,0027*
Trat:Tempo	8	56,26	7,03	0,3810
Resíduo	30	189,13	6,30	

Notas: g.l.: grau de liberdade; S.Q.: soma de quadrados; Q.M.: quadrado médio

* significativo a 5%.

Capacidade antioxidante

Tabela Análise de variância (ANOVA) dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias

Fonte de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M	P-valor
Tratamento	2	198,96	99,48	0,0000*
Tempo	4	390,54	97,64	0,0000*
Trat:Tempo	8	85,46	10,68	0,1580
Resíduo	30	196,62	6,55	

Notas: g.l.: grau de liberdade; S.Q.: soma de quadrados; Q.M.: quadrado médio.

* significativo a 5%.

Absorbância no comprimento de onda de 232 nanômetros

Tabela Análise de variância (ANOVA) dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias

Fonte de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M	P-valor
Tratamento	2	0,73	0,36	0,0000*
Tempo	4	1,18	0,29	0,0000*
Trat:Tempo	8	0,67	0,08	0,0013*
Resíduo	30	0,57	0,02	

Notas: g.l.: grau de liberdade; S.Q.: soma de quadrados; Q.M.: quadrado médio.

* significativo a 5%.

Absorbância no comprimento de onda de 270 nanômetros

Tabela Análise de variância (ANOVA) dos dados relativos aos grãos de soja armazenados em três condições de armazenamento por 180 dias

Fonte de Variação	g.l.	S.Q.	Q.M	P-valor
Tratamento	2	0,41	0,21	0,0000*
Tempo	4	0,87	0,22	0,0000*
Trat:Tempo	8	0,25	0,03	0,0013*
Resíduo	30	0,22	0,01	

Notas: g.l.: grau de liberdade; S.Q.: soma de quadrados; Q.M.: quadrado médio.

* significativo a 5%.