

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

PRISCILA FOGAÇA SCHWARZER

**ESTABILIZAÇÃO DO FARELO DE ARROZ INTEGRAL ATRAVÉS DE
TRATAMENTO HIDROTÉRMICO A VAPOR UTILIZANDO METODOLOGIA DE
SUPERFÍCIE DE RESPOSTA**

Itaqui

2014

PRISCILA FOGAÇA SCHWARZER

**ESTABILIZAÇÃO DO FARELO DE ARROZ INTEGRAL ATRAVÉS DE
TRATAMENTO HIDROTÉRMICO A VAPOR UTILIZANDO METODOLOGIA DE
SUPERFÍCIE DE RESPOSTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof^o Leomar Hackbart da Silva

Coorientador: Prof^a Paula Fernanda Pinto da Costa

Itaqui

2014

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S411e Schwarzer, Priscila Fogaça
ESTABILIZAÇÃO DO FARELO DE ARROZ INTEGRAL ATRAVÉS DE
TRATAMENTO HIDROTÉRMICO DE VAPOR UTILIZANDO METODOLOGIA DE
SUPERFÍCIE DE RESPOSTA / Priscila Fogaça Schwarzer.

35 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS, 2014.

"Orientação: Leomar Hackbart da Silva".

1. Farelo de arroz. 2. Estabilização. 3. Lipase. 4.
Tratamento térmico. I. Título.

PRISCILA FOGAÇA SCHWARZER

ESTABILIZAÇÃO DO FARELO DE ARROZ INTEGRAL ATRAVÉS DE
TRATAMENTO HIDROTÉRMICO DE VAPOR UTILIZANDO METODOLOGIA DE
SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

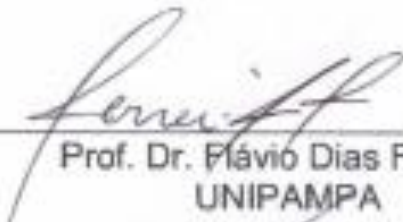
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 21 de agosto de 2014.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Leomar Hackbart da Silva
UNIPAMPA



Prof. Dr. Flávio Dias Ferreira
UNIPAMPA



Prof. MSc. Silvana Peterini Boeira
UNIPAMPA

“Tinha grandes sonhos, o que lhe dava uma belíssima perna para caminhar. Agora precisava de outra perna, a disciplina. Teve que se disciplinar para transformar seus sonhos em realidade. Resolveu estudar seriamente. Pagou um preço caro, deixando muitas coisas para trás. Sacrificou horas de lazer”.

Augusto Cury

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar nesta linda jornada e por me amparar nas dificuldades.

A Universidade pelo suporte oferecido para o desenvolvimento dos trabalhos.

Aos Prof^s. Dr. Leomar Hackbart da Silva e MSc. Paula Fernanda Pinto da Costa pelas orientações, dedicação e incentivo.

A Prof^a Joice Trindade Silveira pelo exemplo de profissionalismo e afeição por seus alunos.

A meu esposo Marcelo, pelo seu amor e companheirismo.

A minha família pelo suporte e apoio incondicional.

E aos meus amigos agradeço eternamente pelos momentos de felicidade que me proporcionaram durante o período que convivemos juntos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Superfície de resposta da atividade de lipase do farelo de arroz integral.....	24
Figura 2. Superfície de resposta do °Hue do farelo de arroz.....	27
Figura 3. Superfície de resposta para o parâmetro a* da cor dos farelos de arroz.....	28
Figura 4. Imagens dos farelos de arroz tratados com vapor.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Delineamento estatístico do tipo composto central rotacional de 2 ^a ordem.....	18
Tabela 2. Teor de umidade do farelo de arroz.....	21
Tabela 3. Atividade Lipase do farelo de arroz.....	23
Tabela 4. Influência da aplicação de vapor na cor instrumental dos ensaios	26
Tabela 5. Índice de Acidez do farelo de arroz estabilizado com vapor	30

LISTA DE ABREVIATURAS

n. - número

p. – página

f. –folha

cap. – capítulo

v. – volume

mL – mililitro

mg.g⁻¹ – miligrama por grama

mg.Kg⁻¹ – miligrama por kilo

cm – centímetros

min. - minutos

s – sem

tan⁻¹ - tangente⁻¹

LISTA DE SIGLAS

RS – Rio Grande do Sul

USA – Estados Unidos da América

ANOVA – Análise de Variância

CEP – Código de Endereçamento Postal

LISTA DE SÍMBOLOS

ΔE – diferença total de cor entre o controle e o farelo de arroz integral estabilizado

ΔL^* - diferença de cor do parâmetro L^* entre o controle e o farelo de arroz integral estabilizado

Δa^* - diferença de cor do parâmetro a^* entre o controle e o farelo de arroz integral estabilizado

Δb^* - diferença de cor do parâmetro b^* entre o controle e o farelo de arroz integral estabilizado

L^* - luminosidade (+branco/-preto)

a^* - (+vermelho/-verde)

b^* -(+amarelo/-azul)

$^{\circ}\text{Hue}$ – ângulo de tonalidade

C^* - saturação da cor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1 Amostragem	17
2.2 Aplicação de vapor	17
2.3 Delineamento experimental	17
2.4 Análises físico-químicas	18
2.5 Cor instrumental	19
2.6 Análise estatística.....	19
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1 Teor de umidade	20
3.2 Atividade lipase.....	21
3.3 Efeito da aplicação de vapor nos parâmetros de cor do farelo de arroz	25
3.4 Índice de acidez	29
4 CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	33

Este trabalho de conclusão de curso (TCC) está apresentado na forma de um artigo científico.

- 1 SCHWARZER, P. F.; COSTA, P. F. P.; SILVA, L. H. Estabilização do farelo de arroz integral através de tratamento hidrotérmico a vapor utilizando metodologia de superfície de resposta. *Brazilian Journal of Food Technology*.

Estabilização do farelo de arroz integral através de tratamento hidrotérmico a vapor utilizando metodologia de superfície de resposta

Stabilization of rice bran using hydrothermal steam treatment using response surface methodology

Priscila Fogaça Schwarzer^I, Paula Fernanda Pinto da Costa^{II}, Leomar Hackbart da Silva^{II}

^IUniversidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Rua Sá Britto s/n., CEP: 97650-000, Itaqui/RS – Brasil, e-mail: prischwarzer@gmail.com

^{II} Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Rua Sá Britto s/n., CEP: 97650-000, Itaqui/RS – Brasil, e-mail: paulacosta@unipampa.edu.br; leomarsilva@unipampa.edu.br

Resumo

Considerando o valor nutricional e a importância sócio-econômica do arroz no Brasil, este trabalho tem por objetivo estabilizar o farelo de arroz através da aplicação de tratamento térmico a vapor utilizando metodologia de superfície de resposta. Para a otimização dos ensaios foi utilizado um planejamento experimental segundo Delineamento Composto Central Rotacional completo de 2ª ordem, sendo 4 pontos fatoriais, 4 pontos axiais e 3 repetições do ponto central, totalizando 11 ensaios. Foram realizadas análises de acidez, umidade, atividade lipase e cor do farelo tratado. Pode-se concluir que o tratamento hidrotérmico de vapor influenciou significativamente na estabilização do farelo de arroz. Todos os ensaios submetidos ao tratamento apresentaram valores inferiores ao controle quanto à atividade lipase e foi possível

observar que a cor do farelo se intensifica de acordo com o tempo de exposição ao vapor, não diferindo a espessura da camada. Assim a estabilização do farelo de arroz pode ser uma alternativa para a indústria alimentícia a fim de introduzir esta matéria prima em novas formulações.

Palavras-chave: Farelo de Arroz; Estabilização; Lipase; Tratamento térmico.

Summary

Considering the nutritional value and the socio-economic importance of rice in Brazil, this work aimed stabilize the rice grain through the application of the vapor heat treatment method. To optimize the trial an experimental plan was used following the Second order of the Central Compost Rotational Deliniation completeing being 4 factoring points 4 axis points and 3 repitions of the central point totaling 11 experiments. Being used were the analisises of acidity moisture activity lipase and color of the treated rice grain. It can be concluded that hydrothermic vapor treatment signicantly influences the stabilization of the rice grain. All of the submitted treatment trials presented values inferior to the control as activity lipase and it was observed that the color of bran intensifies according to the time of exposure to vapor, not differing layer thickness. Thus the stabilization of the rice bran can be an alternative for the food industry in order to introduce this raw material in new formulations.

KeyWords: Bran rice; Stabilization; Lipase; Heat treatment.

1 Introdução

A produção de arroz em casca no Brasil em 2013 superou 12 milhões de toneladas, destacando o estado do Rio Grande do Sul como o maior produtor nacional, contribuindo com cerca de 69% do total da produção no ano (IBGE, 2014).

O processo de beneficiamento convencional do arroz é composto pelas etapas de limpeza, descascamento, brunimento, polimento, remoção dos defeitos, tipificação e embalagem (ELIAS et al., 2012). Na etapa de polimento são removidos elementos nutritivos da camada periférica do arroz integral, para ser produzido o arroz branco e o parboilizado polido, os quais ficam retidos no farelo de arroz (KAHLON, 2009), representando entre 8 e 11% do volume total de produção de arroz (PARRADO et al., 2006).

O farelo de arroz integral é composto por ácidos graxos essenciais (linoleico, palmítico e oleico), proteínas, vitaminas (riboflavinas, niacina, tocoferol), minerais (magnésio, potássio, fósforo e zinco) e compostos bioativos, como o γ -orizanol, fitoesteróis, tocoferóis e tocotrienóis. Esses compostos bioativos são conhecidos por desempenharem atividades antioxidantes e auxiliarem na prevenção de doenças cardiovasculares (CARVALHO; BASSINELLO, 2006; CÍCERO; DEROSA, 2005).

Ainda, no farelo de arroz estão concentrados os maiores teores de lipídeos do cereal (12-18%), matéria prima comumente utilizada para extração de óleo e ração animal (PAUCAR-MENACHO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2012).

A perda de estabilidade oxidativa do farelo é um dos principais fatores que inviabiliza sua utilização em formulações alimentícias. Quando as camadas de farelo são removidas a partir do endosperma durante a etapa de moagem, células individuais são rompidas e os lipídios do farelo de arroz entram em contato com as lipases, enzimas capazes de catalisar a hidrólise de óleos e gorduras, liberando ácidos graxos livres, diacilgliceróis, monoacilgliceróis e glicerol (MARAGNO; KUHN, 2013).

Enzima responsável pela rancidez hidrolítica dos alimentos, decomposição dos lipídeos em aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos. Alguns destes compostos são voláteis contribuindo com a formação de *flavor* e odores desagradáveis do farelo de arroz (ARAÚJO, 2011).

Esta reação de deterioração do alimento ocasionada pela lipase pode ser retardada utilizando tratamentos térmicos, como o aquecimento por microondas, peletização, desengorduramento (MARAGNO; KUHN, 2013), refrigeração, acidificação (AMARASINGHE et al., 2009), aquecimento ôhmico (LOYPIMAI; MOONGGARM; CHOTTANOM, 2009), extrusão (MUJAHID et al., 2005), autoclavagem, liofilização, vapor de etanol e secagem em estufa (KIM; CHUNG; LIM, 2014).

Compostos bioativos como os policosanóis e tocóis estão ligados a moléculas de lipídios e proteínas. Em altas temperaturas a ligação destes antioxidantes com as proteínas e os fosfolipídeos quebra-se, conseqüentemente liberando maiores quantidades destes compostos bioativos no alimento. Kim; Chung; Lim (2014) observaram que na amostra controle de farelo de arroz havia aproximadamente 140 mg.Kg^{-1} de policosanóis e após o tratamento com autoclavagem ($121^\circ\text{C}/20\text{min}$) a concentração deste antioxidante praticamente dobrou para $266,4 \text{ mg.Kg}^{-1}$. Através de aquecimento em estufa a $100^\circ\text{C}/1$ hora, a quantidade de tocóis na amostra controle de farelo de arroz era 210 mg.Kg^{-1} , após o tratamento a quantidade de tocóis aumentou para 350 mg.Kg^{-1} .

A estabilização do farelo de arroz de forma eficiente é um fator importante para viabilizar a logística de produção e a sua aplicação na indústria de alimentos, tanto para a produção de óleos vegetais, como para utilização do farelo de arroz em formulações alimentícias. A aplicação do tratamento hidrotérmico de vapor pode ser uma alternativa viável de estabilização do farelo de arroz promovendo um maior *shelf-life*.

Em vista do que foi apresentado, o trabalho teve como objetivo geral estabilizar o farelo de arroz através da aplicação de tratamento hidrotérmico de vapor utilizando

metodologia de superfície de resposta e objetivo específico avaliar a inativação da atividade lipase.

2 Material e Métodos

2.1 Amostragem

O farelo de arroz integral foi cedido pela empresa Josapar Alimentos situada na cidade de Itaqui/RS.

2.2 Aplicação de vapor

O tratamento térmico foi realizado em um recipiente metálico perfurado que permite a passagem de vapor a uma temperatura de 100°C do recipiente metálico inferior.

A secagem das amostras, após aplicação de calor úmido foi realizada em estufa com circulação forçada de ar, na temperatura de 40°C e tempo de exposição até as amostras atingirem umidade final de aproximadamente 10%.

2.3 Delineamento Experimental

Para a otimização dos ensaios foi utilizado o Delineamento Composto Central Rotacional completo de 2ª ordem, sendo 4 pontos fatoriais, 4 pontos axiais e 3 repetições do ponto central, totalizando 11 ensaios (RODRIGUES; IEMMA, 2005).

Foram consideradas as variáveis independentes, a espessura da camada (0,8 – 9,2 cm) e tempo de exposição ao vapor (8,8 – 51,1 min.), os valores utilizados no ponto central do delineamento estatístico foram definidos a partir de dados da literatura (Tabela 1). As variáveis dependentes ou respostas analisadas foram: umidade, atividade lipase, acidez e cor.

Tabela 1. Delineamento estatístico do tipo composto central rotacional de 2ª ordem

Ensaio	Valores Codificados		Valores reais	
	x_1	x_2	X_1	X_2
1	-1	-1	15	2,0
2	+1	-1	45	2,0
3	-1	+1	15	8,0
4	+1	+1	45	8,0
5	-1,41	0	8,80	5,0
6	+1,41	0	51,10	5,0
7	0	-1,41	30	0,8
8	0	+1,41	30	9,23
9	0	0	30	5,0
10	0	0	30	5,0
11	0	0	30	5,0

Variáveis independentes: x_1 = Tempo de exposição (min) e x_2 = Espessura da camada (cm).

2.4 Análises físico-químicas

A determinação do teor de umidade do farelo de arroz foi definida segundo o método de secagem direta em estufa a 105°C durante 5 horas (036/IV) e seu resultado foi descrito em porcentagem (IAL, 1985).

A determinação do índice acidez nas amostras de farelo de arroz submetidas a aplicação a vapor foi realizada de acordo com o método (036/IV) (IAL, 1985), sendo os valores expressos em mg de NaOH.g⁻¹.

A atividade lipase foi determinada segundo o método descrito por Qian et al., (2014) com adaptações para o farelo de arroz, onde foram pesados 2 g de amostra em

erlenmeyer e adicionados 1 mL de azeite de oliva extra virgem como substrato, 5 mL de água destilada, 5 mL de tampão fosfato pH 7,4, 3 gotas de tolueno, homogeneizado e incubado a 30°C durante 24 horas. Após este período foram acrescentados 50 mL de solução etanol: éter de petróleo (4:1), a amostra permaneceu 5 minutos em repouso, logo foram extraídos 25 mL da fase líquida, em seguida foi realizada a titulação da amostra com NaOH 0,5M e seu resultado foi expresso em mg.g^{-1} .

2.5 Cor instrumental

A cor das amostras de farelo de arroz submetidas ao tratamento hidrotérmico de vapor foi determinada utilizando-se o colorímetro (CR-10, Konica Minolta), onde foram definidos os parâmetros L^* ou luminosidade (-preto/+branco), a^* (-verde/+vermelho) e b^* (-azul/+amarelo) em um plano cartesiano (GIESE, 2000). A diferença total de cor entre as amostras tratadas com vapor e a amostra controle foi calculada através da equação $\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$ (MINOLTA, 1994). O parâmetro croma (C^*) e o ângulo de tonalidade ($^\circ\text{Hue}$) das amostras foram calculados através das seguintes equações: $C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ e $^\circ\text{Hue} = \tan^{-1} [b^*/ a^*]$.

2.6 Análise Estatística

A fim de definir os efeitos das variáveis independentes foi utilizado o programa estatístico Statistica 5.0 (Statsoft, USA) para calcular os coeficientes de regressão (R^2), realizar a análise de variância (ANOVA) e construir as superfícies de resposta, com nível de significância de 5%.

3 Resultados e Discussão

3.1 Teor de Umidade

O teor de umidade inicial do farelo de arroz foi de 7,73%. A aplicação de vapor aumenta consideravelmente a umidade do farelo.

À medida que o teor de umidade do farelo aumenta a estabilização da atividade lipase se torna mais eficaz. Brunschwiler et al., (2013), correlacionaram a umidade e a inativação de lipase no farelo de arroz, usando diferentes teores de umidade, sendo eles, 10, 15 e 20%. A inativação no tratamento com 20% de umidade foi o mais eficiente, reduzindo para 0,3% a atividade lipase no farelo de arroz.

A estabilização do farelo de arroz através de aquecimento ôhmico é um método eficaz se aplicado vapor de água, a fim de aumentar a umidade da amostra. A baixa condutividade elétrica do farelo seco não permite que a temperatura da amostra aumente, conseqüentemente diminuindo a eficácia do tratamento (LAKKAKULA; LIMA; WALKER, 2004).

Os resultados de umidade variaram de 6,93 a 12,98% (Tabela 2), estando somente o ensaio E2 em desacordo com a Resolução da Diretoria Colegiada nº 263, de 22 de setembro de 2005 - Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, o qual estabelece que a umidade deve ser no máximo 12% (BRASIL, 2005).

Tabela 2. Teor de umidade do farelo de arroz

Ensaio	Valores codificados e reais		Umidade (%)
	x ₁	x ₂	
E1	-1 (15)	-1 (2)	9,19 ± 0,04
E2	+1 (45)	-1 (2)	12,98 ± 0,12
E3	-1 (15)	+1 (8)	7,28 ± 0,07
E4	+1 (45)	+1 (8)	10,14 ± 0,08
E5	-1,41 (8,80)	0 (5)	8,54 ± 0,13
E6	+1,41 (51,1)	0 (5)	10,11 ± 0,07
E7	0 (30)	-1,41 (0,8)	6,93 ± 0,18
E8	0 (30)	+1,41 (9,23)	10,29 ± 0,15
E9 (C)	0 (30)	0 (5)	10,32 ± 0,04
E10 (C)	0 (30)	0 (5)	9,19 ± 0,04
E11 (C)	0 (30)	0 (5)	9,62 ± 0,18
Controle			7,73 ± 0,11

Variáveis independentes: x₁ = Tempo de exposição do farelo de arroz (min); x₂ = Espessura da camada (cm); (C) pontos centrais. Cada valor representa a média de três repetições seguido de ± desvio padrão.

3.2 Atividade Lipase

A estabilização da atividade lipase através de tratamentos térmicos é indispensável para que possa haver maior viabilidade do farelo para as indústrias de alimentos, quanto menor for a severidade do tratamento, maior será a retenção dos nutrientes no farelo (BRUNSCHWILER et al., 2013). O calor úmido apresentou maior eficácia na inativação da lipase em relação ao calor seco (ORTHOEFER, 2004).

Considerando que a peroxidase é uma das enzimas mais termorresistentes, de forma que, quando inativada, conseqüentemente a enzima lipase, assim como outras enzimas e microrganismos patógenos serão destruídos. Temperaturas de branqueamento entre 90 e 100°C/3 min são suficientes para destruí-la (ARAÚJO, 2011).

Segundo Maragno; Kuhn, (2013) a estabilização da atividade lipase no farelo de arroz se torna mais eficaz quando é extraído o conteúdo lipídico da amostra, tornando-a mais estável. O farelo de arroz desengordurado aos 2 dias após a retirada do óleo apresentou 2,58 U/mL de atividade lipase, enquanto o farelo de arroz cru apresentou 3,58 U/mL. O desengorduramento do farelo associado ao tratamento hidrotérmico de vapor podem ser utilizados em conjunto para obtenção de melhores resultados na estabilização do farelo de arroz.

Na Tabela 3 é possível observar os resultados da atividade lipase nos diferentes ensaios, apresentando uma faixa de variação entre 5,03 a 16,25 mg.g⁻¹.

Tabela 3. Atividade Lipase do farelo de arroz

Ensaio	Valores codificados e reais		Atividade Lipase (mg.g ⁻¹)
	x ₁	x ₂	
E1	-1 (15)	-1 (2)	8,62 ± 1,40
E2	+1 (45)	-1 (2)	6,08 ± 0,46
E3	-1 (15)	+1 (8)	15,94 ± 1,37
E4	+1 (45)	+1 (8)	8,56 ± 1,43
E5	-1,41 (8,80)	0 (5)	16,25 ± 2,42
E6	+1,41 (51,1)	0 (5)	7,64 ± 0,01
E7	0 (30)	-1,41 (0,8)	7,78 ± 1,36
E8	0 (30)	+1,41 (9,23)	7,99 ± 1,41
E9 (C)	0 (30)	0 (5)	5,03 ± 1,43
E10 (C)	0 (30)	0 (5)	5,29 ± 1,73
E11 (C)	0 (30)	0 (5)	6,45 ± 1,41
Controle			33,72±3,51

Variáveis independentes: x₁ = Tempo de exposição do farelo de arroz (min); x₂ =

Espessura da camada (cm); (C) pontos centrais. Cada valor representa a média de três repetições seguido de ± desvio padrão.

Na Figura 1, observa-se que atividade lipase foi reduzida com 5 cm de espessura e 30 minutos sob tratamento hidrotérmico de vapor, apresentando diferença estatisticamente significativa entre as variáveis avaliadas (p<0,05), com coeficiente de regressão (R²) de 92%, sendo modelo completo de regressão apresentado na equação abaixo:

$$\text{Atividade lipase} = 5,59 - 2,34(x_1) + 3,35(x_1)^2 + 0,84(x_2) + 1,32(x_2)^2 - 2,04(x_1 \cdot x_2)$$

Onde:

x1= Tempo de exposição (min)

x2= Espessura da camada (cm)

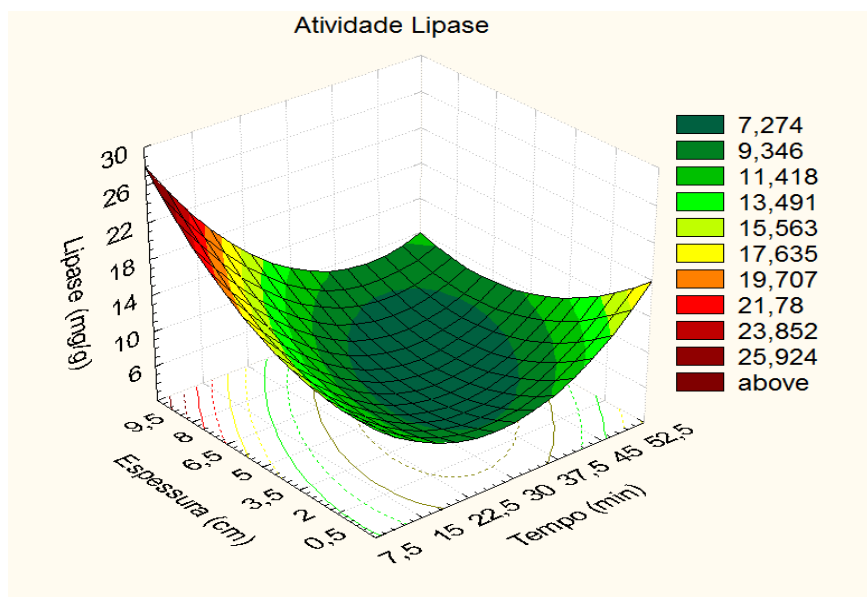


Figura 1. Superfície de resposta da atividade de lipase do farelo de arroz integral.

De acordo com Brunschwiler et al., (2013) a aplicação do método fotométrico em amostras de farelo de arroz utilizando 110°C durante 5 minutos consegue diminuir exponencialmente a atividade lipase no farelo de arroz para 0,3% da atividade inicial do farelo de arroz integral.

Qian et al., (2014), utilizaram a mesma metodologia para determinar a atividade lipase em arroz integral e obtiveram resultados semelhantes, uma amostra de arroz integral contendo 16,2% de umidade, a lipase foi de 5,25 mg.g⁻¹.

3.3 Efeito da aplicação de vapor nos parâmetros de cor instrumental do farelo de arroz

A coloração do farelo é uma característica de suma importância, quando se deseja utilizar esta matéria prima em produtos de panificação, de forma que não seja significativa sua troca por farinhas convencionais.

O parâmetro L^* (luminosidade) referente à cor instrumental variou de 62,36 a 68,23 entre os diferentes ensaios. O ensaio 5 (5cm de espessura e 8,8 min. de exposição ao tratamento) foi o que menos se diferiu da amostra controle em termos de luminosidade ($L^* = 68,23$).

Kim; Chung; Ling, (2014) avaliaram a cor instrumental do farelo de arroz em diferentes tratamentos térmicos com o objetivo de avaliar a oxidação e a presença de compostos bioativos após a aplicação dos tratamentos. O tratamento com micro-ondas durante 5 minutos foi o que apresentou a menor luminosidade ($L^* = 59,5$), enquanto o tratamento com vapor de etanol durante 20 minutos obteve o maior valor do parâmetro L^* (68,5).

A diminuição da luminosidade dos ensaios pode estar associada à reação de Maillard, uma das principais causas do escurecimento desenvolvido durante o aquecimento e armazenamento prolongado do produto. A temperatura afeta a composição do pigmento formado, elevando o seu teor de carbono, bem como a intensidade do pigmento (ARAÚJO, 2011).

Na Tabela 4, encontram-se os valores dos parâmetros L^* , a^* , b^* , ΔE , C^* e $^\circ\text{Hue}$ dos 11 ensaios e o controle.

Tabela 4. Influência da aplicação de vapor na cor instrumental dos ensaios

Ensaio	Valores codificados e reais		Parâmetros de cor					
	x ₁	x ₂	L*	a*	b*	ΔE	C*	°Hue
E1	-1 (15)	-1 (2)	66,06 ± 0,79	-0,98 ± 0,04	23,18 ± 0,93	6,49	23,20	87,58
E2	+1 (45)	-1 (2)	62,36 ± 1,35	-0,34 ± 0,12	22,96 ± 0,31	10,2	22,97	89,14
E3	-1 (15)	+1 (8)	63,47 ± 0,39	-0,85 ± 0,02	21,68 ± 0,18	9,07	21,70	87,75
E4	+1 (45)	+1 (8)	63,49 ± 0,48	-0,28 ± 0,13	24,29 ± 0,15	9,27	24,29	89,34
E5	-1,41 (8,80)	0 (5)	68,23 ± 0,79	-1,25 ± 0,05	23,11 ± 0,31	4,31	23,14	86,90
E6	+1,41 (51,1)	0 (5)	64,55 ± 1,08	-0,36 ± 0,07	24,66 ± 0,50	8,33	24,66	89,16
E7	0 (30)	-1,41 (0,8)	66,47 ± 0,53	-0,53 ± 0,13	24,92 ± 0,51	6,6	24,93	88,77
E8	0 (30)	+1,41 (9,23)	64,04 ± 0,50	-0,26 ± 0,01	23,77 ± 0,39	8,66	23,77	89,37
E9 (C)	0 (30)	0 (5)	62,74 ± 0,45	-0,5 ± 0,06	23,00 ± 0,85	9,82	23,01	88,76
E10 (C)	0 (30)	0 (5)	65,02 ± 1,24	-1,02 ± 0,07	21,5 ± 0,58	7,53	21,67	87,30
E11 (C)	0 (30)	0 (5)	63,87 ± 0,76	-0,70 ± 0,02	23,31 ± 0,54	8,7	23,32	88,29
Controle	-	-	72,44 ± 1,36	-1,94 ± 0,08	22,5 ± 0,64	0,0	22,58	85,05

Variáveis independentes: X1 = Tempo de exposição do farelo de arroz (min); X2 = Espessura da camada (cm); (C) pontos centrais. Cada valor representa a média de três repetições ± desvio padrão.

As condições de espessura da camada e/ou tempo de exposição do farelo de arroz ao tratamento hidrotérmico de vapor não influenciaram nos seguintes parâmetros: L* (R²= 63%), b* (R²= 61%), ΔE (R²= 68%) e C* (R²= 62%), devido ao valor do coeficiente de regressão (R²) ser inferior a 75%, impossibilitando a sua apresentação em superfície de resposta, este valor indica falta de ajuste dos modelos aos dados.

A diferença total de cor instrumental (ΔE) entre os ensaios e a amostra controle variaram de 4,31 a 10,2. Resultados semelhantes foram obtidos no estudo de Kim, Chung, Lim (2014), o tratamento que obteve maior diferença total de cor foi o tratamento com microondas durante 10 minutos, onde o ΔE foi igual a 10,7, em contrapartida, o tratamento que obteve a menor diferença total de cor foi o com vapor de etanol durante 20 minutos ΔE= 1,5.

O parâmetro C* (croma) representa a saturação da cor, o qual variou de 21,67 a 24,69 e o b* (-azul/+amarelo) variou de 21,5 a 24,66. O °Hue (ângulo da tonalidade) expresso em graus define a coloração dos produtos, este variou de 86,90 a 89,34, isto indica que as amostras estão localizadas na região do amarelo, pois as mesmas apresentaram ângulo de tonalidade próximo aos 90 graus. A espessura da camada não foi significativa, no entanto, o tempo de exposição ao vapor apresentou diferença significativa, a medida que o farelo de arroz ficou mais tempo exposto ao tratamento hidrotérmico, maior foi o ângulo de tonalidade (Figura 2). O coeficiente de regressão (R²) foi de 88%, apresentando diferença significativa entre as variáveis estudadas, sendo o modelo completo de regressão apresentado na equação abaixo:

$$\text{°Hue} = 88,11 + 0,79(x_1) - 0,7(x_1)^2 + 0,15(x_2) + 0,45(x_2)^2 + 0,07(x_1 \cdot x_2)$$

Onde:

x1= Tempo de exposição (min)

x2= Espessura da camada (cm)

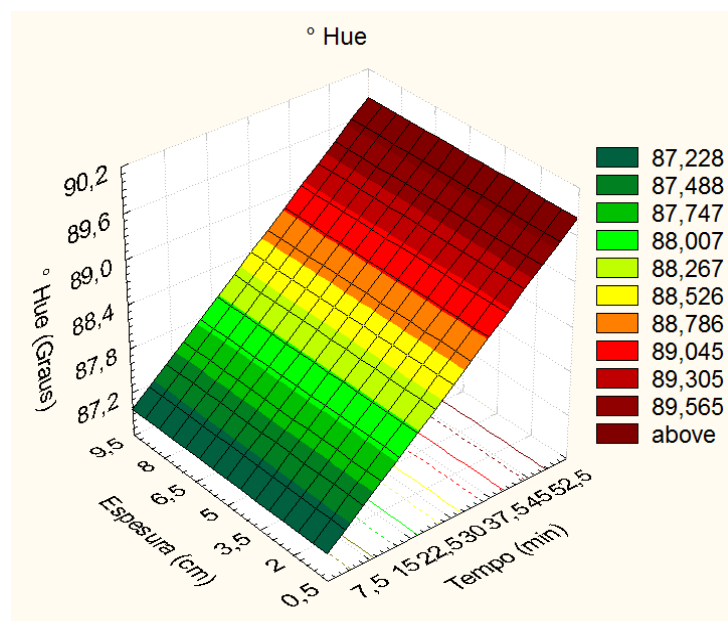


Figura 2. Superfície de resposta do °Hue do farelo de arroz.

Os valores do parâmetro a^* foram significativos ($p < 0,05$). Entre os fatores estudados, o maior tempo de exposição e a maior espessura da camada intensificaram a cor amarela do farelo de arroz. O coeficiente de regressão (R^2) foi igual a 84%, indicando um bom ajuste dos modelos aos dados, garantindo a validade das predições definidas (Figura 3). O modelo completo de regressão está descrito na equação abaixo:

$$a^* = -0,74 + 0,31(x_1) - 0,035(x_1)^2 + 0,071(x_2) + 0,17(x_2)^2 - 0,017(x_1 \cdot x_2)$$

Onde:

x_1 = Tempo de exposição (min)

x_2 = Espessura da camada

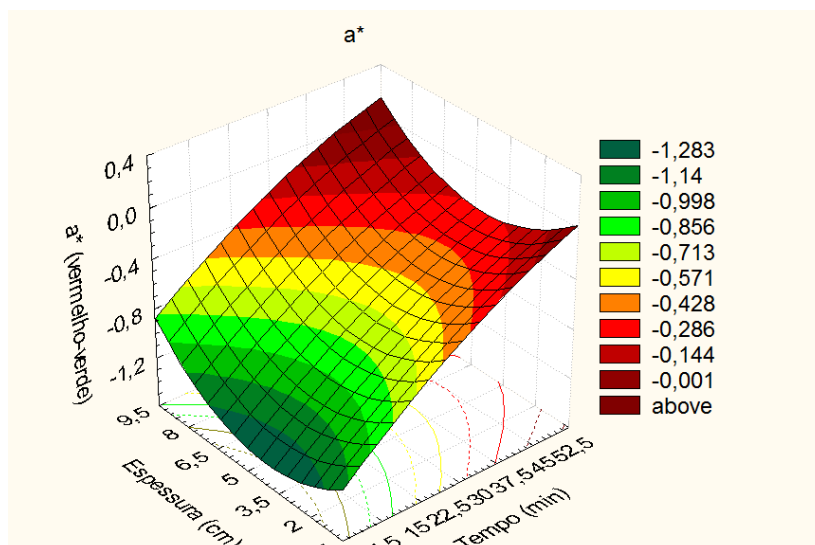


Figura 3. Superfície de resposta para o parâmetro a^* da cor dos farelos de arroz

De acordo com Kim, Chung, Lim, (2014) a elevação do parâmetro a^* , está correlacionada a altas temperaturas e o tempo de exposição aplicada na amostra. Tratamento com microondas durante 5 minutos intensifica o tom vermelho na amostra de 3,8 para 7,8, no entanto, tratamento com vapor de etanol durante 5 minutos se mostrou menos severo, onde a amostra controle foi de 3,8 e após o tratamento subiu para 4,3.

Na Figura 4 é possível visualizar a cor dos ensaios após tratamento hidrotérmico a vapor.

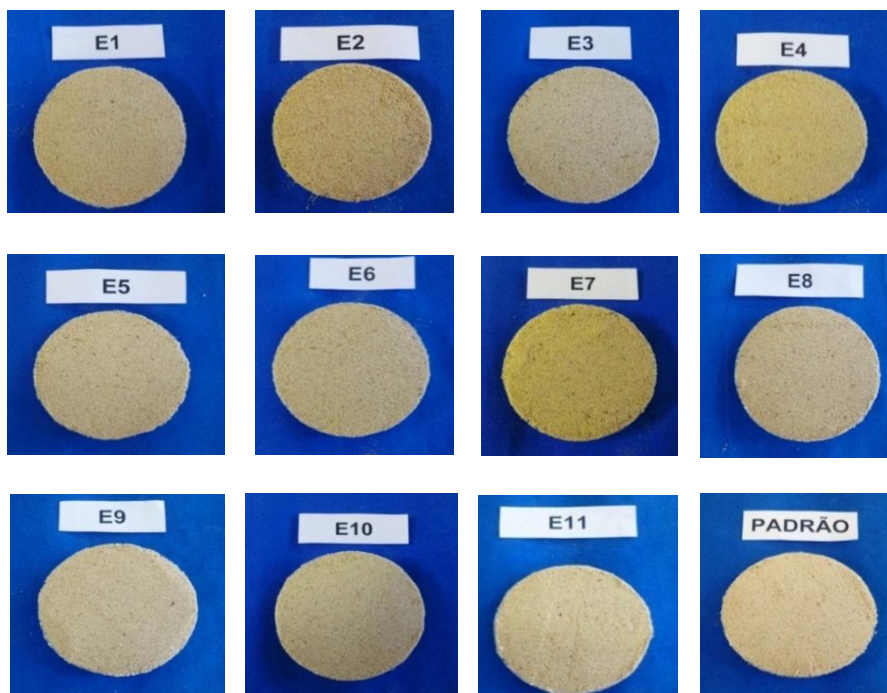


Figura 4. Imagens dos farelos de arroz tratados com vapor

3.4 Índice de Acidez

A Tabela 5 apresenta o índice de acidez em mg de NaOH.g⁻¹. A análise foi realizada no dia 1 após a aplicação do tratamento com vapor, O índice de acidez variou de 0,03 a 0,05 mg de NaOH.g⁻¹. Este valor está relacionado com a inativação da atividade lipase, já que a ação desta enzima promove a liberação de ácidos graxos a partir de lipídios presentes no farelo de arroz (PESTANA, et al., 2009).

Maragno; Kuhn (2012) obtiveram o menor índice de acidez no farelo de arroz aplicando aquecimento microondas (0,97%), onde foi aplicada alta temperatura, bem como a uniformidade de aquecimento.

Segundo a literatura a presença de ácidos graxos livres no farelo de arroz tratado termicamente é inferior ao farelo de arroz sem nenhum tipo de tratamento. No estudo de Kim, Chung, Lim (2014) a concentração da acidez na amostra controle variou de 2,14% a 19,81% ao longo do armazenamento, já nas amostras tratadas variou de 2% a aproximadamente 8%, indicando que os tratamentos térmicos são eficientes em retardar a degradação enzimática.

Lakkakula; Lima; Walker, (2004) determinaram o índice de acidez em porcentagem de ácido oleico, após tratamento com aquecimento ôhmico (21% de umidade, 60 Hz) e microondas (21% umidade), os dois tratamentos obtiveram índices de acidez menores que o controle, 3,07% e 2,8% respectivamente, enquanto o controle apresentou 3,96% de acidez no tempo zero.

Tabela 5. Índice de Acidez do farelo de arroz estabilizado com vapor

Ensaio	Valores codificados e reais		Índice de acidez (mg de NaOH.g ⁻¹)
	x ₁	x ₂	
E1	-1 (15)	-1 (2)	0,04 ± 0,0005
E2	+1 (45)	-1 (2)	0,04 ± 0,002
E3	-1 (15)	+1 (8)	0,04 ± 0,001
E4	+1 (45)	+1 (8)	0,03 ± 0,001
E5	-1,41 (8,80)	0 (5)	0,05 ± 0,003
E6	+1,41 (51,1)	0 (5)	0,04 ± 0,0006
E7	0 (30)	-1,41 (0,8)	0,04 ± 0,0007
E8	0 (30)	+1,41 (9,23)	0,04 ± 0,0007
E9 (C)	0 (30)	0 (5)	0,04 ± 0,0003
E10 (C)	0 (30)	0 (5)	0,04 ± 0,0004
E11 (C)	0 (30)	0 (5)	0,04 ± 0,001
Controle			0,06 ± 0,001

Variáveis independentes: x₁ = Tempo de exposição do farelo de arroz (min); x₂ =

Espessura da camada (cm); (C) pontos centrais. Cada valor representa a média de três repetições seguido de ± desvio padrão.

O modelo ajustado para o índice de acidez do farelo de arroz não foi significativo ($p < 0,05$). O coeficiente de regressão (R^2) foi de 64% indicando falta de ajuste do modelo aos dados, não sendo possível apresentar o modelo.

4 Conclusões

Através da metodologia de superfície de resposta o tratamento hidrotérmico de vapor foi considerado eficiente no processo de estabilização do farelo de arroz. Todos os ensaios submetidos ao vapor apresentaram valores inferiores de atividade lipase comparado ao controle, evidenciando que a estabilização da lipase auxiliou na prevenção da rancidez hidrolítica.

Foi possível observar que, quanto maior a espessura do farelo de arroz, menor será a estabilização da lipase e quanto maior o teor de umidade do farelo de arroz, maior será a estabilização da enzima lipase.

A cor do farelo foi intensificada de acordo com o tempo de exposição ao vapor, não diferindo a variável de espessura da camada.

É necessária a continuação deste trabalho para quantificar a presença dos compostos bioativos no farelo de arroz tratado com vapor, além da complementação de outras análises químicas, como índice de peróxido e determinação de compostos bioativos presentes no farelo após o tratamento térmico de vapor.

Referências

AMARASINGHE, B.M.W.P.K., KUMARASIRI, M.P.M., GANGODAVILAGE, N.C. Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil. **Food and Bioproducts Processing**, v.87, p. 108-114. 2009.

ARAÚJO, J. M. A. **Química dos alimentos**: teoria e prática. 5. ed. Minas Gerais: UFV, 2011. 16-20, 65, 461 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº. 263, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B8993-1-0%5D.PDF>>. Acesso em: 25 jul. 2014.

BRUNSCHWILER, C. et al. Direct measurement of rice bran lipase activity for inactivation kinetics and storage stability prediction. **Journal of Cereal Science**. Zurich, v.58, p. 272-277, 2013.

CARVALHO, J. L. V. de; BASSINELO, P. Z. Aproveitamento Industrial. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 901-931 p.

CÍCERO, A. F.G.; DEROSA, G. Rice bran and its main components potential role in the management of coronary risk factors. **Current Topics Nutraceutical Research**, v.3, p. 29-46, 2005.

ELIAS, M. C. et al. **Qualidade de arroz da pós-colheita ao consumo**. 1. ed. Pelotas: Edigráfica UFPEL, 2012. 43-56 p.

GIESE, J. Color measurement in foods as a quality parameter. **Food Science and Technology**, Campinas, v.54, n.2, p. 2-63, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Confirma safra recorde em 2013 e prevê produção ainda maior em 2014, 2014. Disponível em:

<<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2561>>.

Acesso em: 26 mai. 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto do Instituto Adolfo Lutz 036/IV**: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. 21-22, 25-26 p.

KAHLON, T. S. Rice bran: production, composition, functionality and food applications, physiological benefits. In: CHO, S. S.; SAMUEL, P. **Fiber ingredientes**: food applications and health benefits, Florida, 2009. 305-316 p.

KIM, S-M.; CHUNG, H-J.; LIM, S-T. Effect of various heat treatments on rancidity and some bioactive compounds of rice bran. **Journal of Cereal Science**. South Korea, p. 1-6, 2014.

LAKKAKULA, N. R.; LIMA, M.; WALKER, T. Rice bran stabilization and rice bran oil extraction using ohmic heating. **Bioresource Technology**, Baton Rouge, v.92, p. 157-161, 2004.

LOYPIMAI, P., MOONGGARM, A., CHOTTANOM, P. Effects of ohmic heating on lipase activity, bioactive compounds and antioxidant activity of rice bran. **Journal of Basic Applied Science**, Australian, v.3, p. 3642-3652, 2009.

MARAGNO, V. P.; KUHN, R. C. Estabilidade do farelo de arroz sob diferentes tratamentos: micro-ondas, peletização e desengorduramento. **Ciências Biológicas da Saúde**. Paraná, v. 15, p. 47-53, 2013.

MINOLTA. Precise color communication: color control from feeling to instrumentation. Minolta Company Ltda, 1994. 49 p.

MUJAHID, A. et al. Efeito de várias técnicas de processamento e diferentes níveis de antioxidante na estabilidade do farelo de arroz durante o armazenamento. **Journal Science Food Agriculture**. v.85, p. 847-852, 2005.

PARRADO, J. et al. Preparation of rice bran enzymatic extract, with potential use as functional food. **Food and Chemistry**, v.98, p. 742-747. 2006.

PAUCAR-MENACO, L. M. et al. Refino de óleo de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições brandas para preservação do γ -orizanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, p. 45-53, 2007.

PESTANA, V. B. et al. Influencia del procesado industrial sobre las características químico-físicas y contenido em lipídios y antioxidantes del salvado de arroz. *Grasas Aceites*, 2009; v.60: 184-189 p.

QIAN, J-Y et al. Inactivating effect electric field on lipase in brown rice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. China, v. 22, p. 89-94, 2014.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 1. ed. Campinas: Casa do Pão, 2005.

OLIVEIRA, M. G. de C. et al. Stability and microbiological quality of rice bran subjected to diferente heat treatments. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.32, n.4, p. 725-732, 2012.

ORTHOEFER, F.T. Rice bran and oil. In: Rice: **Chemistry and Technology**, 3. ed. American Association of Cereal Chemists, cap.19, 2004.