

Estabilidade do Farelo de Arroz Sob Diferentes Tratamentos: Micro-ondas, Peletização e Desengorduramento

Stability of Rice Bran under Different Treatment: Pelleting, Microwave, and Degreasing

Viviane Pescador Maragno^{a*}; Raquel Cristine Kuhn^b

^aUniversidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Alimentos, SC, Brasil

^bUniversidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Química, RS, Brasil

*E-mail: vivimaragno@hotmail.com

Recebido: 6 de julho de 2012; Aceito: 26 de outubro de 2012

Resumo

O arroz é um cereal cultivado e consumido em todos os continentes, possui alto valor nutricional, rico em proteínas, fibras, sais minerais e antioxidantes. Porém, parte destes nutrientes é perdida durante o beneficiamento e retida no farelo de arroz produzido através da etapa de polimento do grão. O *shelf-life* do farelo é reduzido devido à ação da lipase, enzima altamente reativa que decompõe os lipídios em ácidos graxos livres, promovendo a rancificação do farelo e impossibilitando o consumo humano e animal. O objetivo do presente estudo foi verificar a estabilidade do farelo de arroz através dos diferentes tratamentos, peletização (FAP), micro-ondas (FAM), e desengorduramento (FAD), avaliando o nível de rancificação por meio da atividade da lipase e acidez dos farelos, em comparação ao farelo controle (FAC) (sem tratamento). As características físico-químicas (umidade, proteínas, lipídios e cinzas) dos farelos variaram devido aos diferentes genótipos dos grãos, condições climáticas de plantio e tipos de beneficiamento. Todos os farelos de arroz submetidos à estabilização apresentaram valores inferiores ao controle para a atividade da lipase, comprovando que a estabilização auxiliou na prevenção da rancidez hidrolítica. O FAD e o FAM apresentaram as menores atividades da lipase, 3,66 U/ml e 3,83 U/ml, respectivamente. O FAM também apresentou o menor teor de acidez, tornando-se uma boa opção de estabilização, agregando maior *shelf-life* ao produto e viabilizando sua utilização como insumo alimentício.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Estabilização. Lipase.

Abstract

Rice is a cereal grown and consumed on every continent, has high nutritional value, rich in protein, fiber, minerals and antioxidants. However, part of these nutrients are lost during processing and retained in the rice bran produced by the grain polishing step. The bran has its shelf-life reduced to a few days due to lipase action, which is a highly reactive enzyme that breaks down lipids into free fatty acids, promoting rancidity bran, disabling to human and animal consumption. The aim of this study was to investigate the stabilization of rice bran through different treatments such as pelleting (FAP), microwave (FAM) and defatting (FAD), assessing the level of rancidity by lipase activity and acidity of the brans compared to the control (FAC) (without treatment). The physicochemical composition (moisture, protein, fat and ash) of the brans varied significantly due to the different genotypes of grain, planting, weather conditions and types of processing. All rice brans showed lower values for lipase activity, indicating that the stabilization helped to prevent hydrolytic rancidity. The FAD and FAM had the lowest lipase activity, 3.66 U/ml and 3.83 U/ml, respectively. The FAM also had the lowest acidity, which makes microwave treatment a good choice for stabilization, thus increasing its shelf-life and allowing its use as a food ingredient.

Keywords: *Oryza sativa*. Stabilization. Lipase.

1 Introdução

O arroz é uma planta da família das gramíneas do gênero *Oryza*, possui vinte e cinco espécies, desde perenes a anuais, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais da Ásia, Europa, Austrália e Américas do Sul, Central e do Norte¹. É um dos mais importantes grãos em termos de valor econômico, produção e consumo no mundo. É considerado o cultivo alimentar de maior relevância em muitos países em desenvolvimento, principalmente na Ásia e Oceania. Nesse cenário, o Brasil destaca-se como único país não-asiático entre os 10 maiores produtores deste cereal².

O farelo de arroz é um subproduto resultante da etapa de polimento do grão de arroz, representando de 8 a 11% do peso total do grão inteiro³. Durante a moagem, a primeira camada

mais externa (casca), é removida produzindo o arroz integral. Este processo é pouco prejudicial ao valor nutricional do arroz e evita perda desnecessária de nutrientes que ocorre com o tratamento posterior para produzir arroz branco e o parboilizado polido. Os nutrientes perdidos ficam retidos no farelo de arroz⁴.

Segundo Ramezanzadeh *et al.*⁵, quando as camadas de farelo são removidas a partir do endosperma durante o processo de moagem, células individuais são rompidas e os lipídios do farelo de arroz entram em contato com as lipases, enzimas altamente reativas, iniciando o processo de rancificação. De acordo com Rocha⁶, o farelo de arroz recém beneficiado tem vida útil curta em consequência da decomposição dos lipídios em ácidos graxos livres pelas lipases, dificultando

a conservação do farelo. A lipólise proporciona um sabor rançoso e desagradável e compromete a utilização do farelo como um aditivo alimentar, seja para consumo humano direto, extração de óleo comestível ou consumo animal. A inativação da lipase é essencial para aumentar a *shelf-life* do farelo⁷.

Diferentes tecnologias são aplicadas para evitar a degradação e conservar o valor alimentício deste produto que íntegro é muito valioso⁸. A aplicação das micro-ondas é excelente devido à características específicas do processo, tais como a instantânea penetração no produto e rápida conversão da energia eletromagnética em calor. Propicia tempos de tratamento reduzidos e características tecnológicas únicas, pois aquece o material de forma global, otimizando o processo e a qualidade do produto⁶.

A peletização é outra tecnologia aplicada na conservação do farelo. É definida segundo Bellaver⁹ como a aglomeração de partículas moídas de um ingrediente ou de misturas de ingredientes, por meio de processos mecânicos, combinadas com umidade, pressão e calor. Este tratamento utiliza temperatura e pressão amenas e um maior tempo de processo em relação à extrusão.

O farelo de arroz desengordurado é obtido após a extração do óleo do farelo de arroz¹⁰. Uma das formas para extrair a gordura do farelo é através da utilização de solventes, que permite também a obtenção do óleo de arroz, que possui alto valor comercial e é utilizado na alimentação humana¹¹.

O farelo de arroz é alvo de muitos estudos, por apresentar excelente composição protéica, alto teor de fibras e sais minerais como fósforo, ferro e magnésio e principalmente pelo alto teor lipídico, contendo fitoquímicos como o gama-orizanól e tocoferol, aos quais estão associados propriedades antioxidantes e efeitos benéficos a saúde, como decréscimo de arteriosclerose e atenuação dos níveis de colesterol sanguíneo¹². Pode-se, ainda, associar a ingestão de fibras do farelo de arroz com a prevenção de diabetes, diverticulose e câncer de cólon¹³.

No Brasil, o farelo de arroz é utilizado para extração de óleo, ingrediente de ração animal, fertilizante orgânico e em multimisturas¹⁴. O farelo de arroz desengordurado é utilizado também como matéria-prima para diversos alimentos processados (cereais matinais, granola em tabletes e “snacks”) e certos alimentos extrusados⁸, além de ser empregado com sucesso em produtos de panificação e confeitaria, bebidas isotônicas, chá gelado, sucos melhorados, suplementos minerais e bebidas esportivas⁴.

Em vista do que foi exposto, o objetivo do presente trabalho foi verificar a estabilização do farelo de arroz através de diferentes tratamentos, tais como a peletização, micro-ondas e desengorduramento, avaliando o nível de rancificação, através da atividade da lipase e acidez dos farelos em comparação ao controle (sem tratamento).

2 Material e Métodos

Foram utilizados como matéria-prima o farelo de arroz branco cru (FAC) e o farelo desengordurado (FAD), gentilmente

cedidos pela empresa Coopersulca LTDA situada na cidade de Turvo/SC e o farelo de arroz branco peletizado (FAP), gentilmente cedido pela empresa Irgovel S.A, localizada na cidade de Pelotas /RS. Ambas empresas obtiveram o farelo através da etapa de polimento do arroz tipo branco da safra de fevereiro de 2012.

A estabilização das amostras por micro-ondas foi realizada de acordo com metodologia adaptada de Rocha⁶, onde 400 g de farelo de arroz branco cru foram acondicionados em placas de petri e submetidos ao tratamento em micro-ondas (Marca Philco, potência 900 W) durante três minutos em potência máxima.

As determinações de umidade, proteínas e cinzas foram realizadas de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz¹⁵. A proteína bruta dos farelos foi determinada a partir do teor de nitrogênio, utilizando-se o fator de conversão 6,25. Os lipídios foram determinados pelo método de Bligh & Dyer¹⁶. Todas as análises foram conduzidas em duplicata.

A atividade da lipase foi determinada em triplicata, de acordo com a metodologia de Kempka *et al.*¹⁷. Para a extração enzimática, foram utilizados 45 ml de solução tampão fosfato de sódio 100 mM (pH 7,0) que foram adicionados às amostras (10g) com posterior incubação a 35 °C por 30 min, em Shaker orbital (SL 222 - Solab) a 150 rpm.

Para determinação da atividade enzimática, utilizou-se uma emulsão com óleo de oliva 10% (m/v) e goma arábica 5% (m/v) em tampão fosfato de sódio 100 mM (pH 7,0) como substrato, incubada já com o extrato enzimático durante 15 minutos (37 °C e 160 rpm). Posteriormente foram extraídos os ácidos graxos através da adição de uma solução de acetona-etanol (1:1 v/v). A solução com os ácidos liberados foi titulada com uma solução de NaOH 0,2 N até pH próximo de 11. Os brancos reacionais foram preparados da mesma forma, com exceção da adição da enzima. Uma unidade de atividade enzimática é definida como a quantidade de enzima capaz de liberar 1 µmol de ácido graxo por minuto.

A acidez foi determinada em duplicata, segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz¹⁵.

Os resultados obtidos foram analisados por análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância, com o auxílio do software Statistica 8.0.

3 Resultados e Discussão

3.1 Caracterização dos farelos

As médias de umidade, cinzas, proteínas e lipídios para o FAC, FAP, FAM e o FAD estão apresentadas na Tabela 1. A legislação brasileira não estabelece padrões de qualidade para o farelo de arroz, apenas para farinhas, portanto utilizam-se parâmetros estipulados pelas indústrias de transformação de arroz dos Estados Unidos, que traz uma tolerância mínima de 16% para gordura, 13% de proteínas, máximo de 10% para cinzas e 12% para umidade¹⁸.

Tabela 1: Caracterização dos farelos de arroz submetidos aos diferentes tratamentos

Análises	FAP	FAC	FAM	FAD
Umidade (%)	7,58 ± 0,2630	8,90 ± 0,0353	4,43 ± 0,1655	3,87 ± 0,1230
Proteínas (%)	15,44 ± 0,3016	13,97 ± 0,0535	15,44 ± 0,2454	13,61 ± 0,4058
Lipídios (%)	26,96 ± 0,1441	30,14 ± 0,0040	27,24 ± 0,1454	17,21 ± 0,1373
Cinzas (%)	9,04 ± 0,0139	9,06 ± 0,0407	9,05 ± 0,0574	9,03 ± 0,0390

Os valores encontrados para todos os farelos estão dentro dos padrões estipulados pelas indústrias transformadoras de arroz. Foram observadas diferenças entre os tratamentos, sendo que a umidade para o FAC (8,90 %) foi maior em relação aos demais farelos, seguido pelo FAP (7,58 %), FAM (4,43 %) e FAD (3,87%). Resultados semelhantes foram encontrados por Dal Moro *et al.*¹⁹ e Huang *et al.*²⁰, que obtiveram, respectivamente, 9,7 % e 9,6 % de umidade para o FAC. Em contrapartida, Lacerda²¹ obteve valores inferiores de umidade (cerca de 5,58 %). Pestana *et al.*²² obtiveram valores de umidade para o FAC, FAP e FAD de 10,6 %, 9,6 % e 12,6 %, respectivamente e Rocha⁶ encontrou um valor de 9,8 % de umidade para o FAM, todos superiores aos encontrados neste trabalho.

Os valores de umidade verificados tanto na literatura quanto no presente trabalho variaram demasiadamente, cujo fato pode ser justificado pela distinta intensidade dos processos de secagem prévia pelo qual o arroz é submetido e pelos posteriores tratamentos de estabilização²². Além disso, o conteúdo variável de umidade no grão de arroz em casca antes do beneficiamento e as condições ambientais quando estes grãos foram adquiridos e beneficiados podem ter contribuído para as diferenças entre os resultados²³.

O FAP e FAM apresentaram os maiores conteúdos protéicos, ambos com 15,44% de proteína. O FAD apresentou um teor de proteína de 13,61 %, e o FAC de 13,97 %, este último próximo aos valores de 13,34 % e 13,62 % encontrados para o farelo de arroz cru por Lacerda²¹ e Silva *et al.*¹⁴, respectivamente. Já Feddern *et al.*²⁴ encontram valores inferiores a 12,5% para o farelo cru. Amissah *et al.*²³ avaliou o conteúdo protéico de farelos de arroz cru em dezesseis diferentes variedades de arroz, obtendo valores entre 11,53 % e 14,58 %. Huang *et al.*²⁰ analisou as proteínas do FAC de quatro variedades de arroz, obtendo valores entre 13,46 % e 15,40 %, enquanto que Silva e Salas-Mellado²⁵ encontraram valores de 12,8% para o FAC, e de 15,6% para o FAD.

Em relação ao teor lipídico, o FAC foi o farelo que apresentou maior valor (30,14v%), seguido pelo FAM (27,24 %), FAP (26,96 %) e FAD (17,21 %). Os valores encontrados para o FAD são menores, devido ao processo de extração da gordura ao qual ele foi submetido, uma vez que, segundo dados do fornecedor, este farelo, após a extração, permanece com teores de 14 a 16 % de gordura, portanto próximo aos resultados encontrados neste trabalho. Valores inferiores foram encontrados na literatura para o FAC,

onde Lacerda²¹; Feddern *et al.*²⁴; Silva *et al.*¹⁴ e Dal Moro *et al.*¹⁹, obtiveram respectivamente 21,82%, 20,1%, 26,53% e 19,3% de lipídios para o FAC. Huang *et al.*²⁰ verificaram o teor lipídico do farelo de arroz cru em quatro diferentes variedades de arroz, obtendo valores entre 20,79% e 22,16%. Amissah *et al.*²³, analisando também os farelos de arroz cru, proveniente de dezesseis diferentes variedades de arroz, obtiveram valores entre 13,43 % e 19,85 %. Pestana *et al.*²² encontraram um teor lipídico de 19,2 % para o FAP e 19,5 % para o FAC.

Os valores superiores verificados neste trabalho são justificados pela metodologia utilizada para a determinação de lipídios¹⁶, enquanto os demais trabalhos utilizaram o método de Soxhlet. O método descrito por Bligh e Dyer¹⁶ possui, como vantagem, a extração de todas as camadas de lipídios (polares e apolares)²⁷. Este fato é confirmado por Lacerda²¹, que afirma que as diferenças entre os resultados encontrados para o teor lipídico, além de serem decorrentes da cultivar e do processamento do arroz em equipamentos distintos, com possíveis diferenças no grau de polimento, podem também ser justificadas pelas distintas metodologias utilizadas.

Em relação às cinzas, houve pouca variação entre os tratamentos FAC (9,06%), FAP (9,04%), FAM (9,05%) e FAD (9,03%). Lacerda²¹ constatou um teor de 7,76% de cinzas para o FAC, este inferior ao encontrado neste trabalho. Em contrapartida, valores superiores (10,5%) foram relatados por Feddern *et al.*²⁴, Dal Moro *et al.*¹⁹ encontraram valores de 10,2%, já Silva e Salas-Mellado²⁵ obtiveram um valor de 10,5% para o FAC e 14,4% para o FAD.

Algumas variações encontradas entre os valores da literatura podem ser esclarecidas pelas características genotípicas, adubação nitrogenada, radiação solar e temperatura durante o desenvolvimento do grão²⁶.

3.2 Determinação da acidez

A Tabela 2 apresenta a acidez, em porcentagem de ácido oléico, para os diferentes farelos (FAP, FAC, FAM e FAD). Foram analisados os valores de acidez para o FAP entre as semanas de armazenamento, havendo diferença estatística ($p < 0,05$) entre as primeiras amostragens. Esta elevação da acidez é relacionada ao aumento da atividade de lipase, já que a ação desta enzima promove a liberação de ácidos graxos a partir de lipídios presentes no farelo de arroz, com consequente aumento da acidez²². A partir da quarta semana

de armazenamento, não houve diferença significativa da acidez ($p < 0,05$) para o FAP. O mesmo ocorreu para o FAC,

que apresentou valores estatisticamente iguais a partir da quarta semana.

Tabela 2: Acidez (%) dos farelos submetidos aos diferentes tratamentos.

Dias	FAP	FAC	FAM	FAD
2	1,75 ^{Aa} ± 0,0004	1,36 ^{Ba} ± 0,0008	0,97 ^{Ca} ± 0,0001	1,16 ^{Da} ± 0,0003
9	2,14 ^{Ab} ± 0,0001	1,36 ^{Ba} ± 0,0006	0,97 ^{Cb} ± 0,0015	1,16 ^{Db} ± 0,0000
16	2,14 ^{Ab} ± 0,0023	1,36 ^{Ba,b} ± 0,0001	0,97 ^{Cb,c} ± 0,0000	1,16 ^{Db} ± 0,0001
23	2,53 ^{Ac} ± 0,0009	1,36 ^{Bb,c} ± 0,0008	0,97 ^{Cc} ± 0,0000	1,36 ^{Bc} ± 0,0001
30	2,53 ^{Ac} ± 0,0007	1,36 ^{Bc} ± 0,0008	0,97 ^{Cc} ± 0,0000	1,36 ^{Bd} ± 0,0001
37	2,53 ^{Ac} ± 0,0005	1,36 ^{Bc} ± 0,0006	1,17 ^{Cd} ± 0,0000	1,36 ^{Be} ± 0,0005
51	2,53 ^{Ac} ± 0,0004	1,36 ^{Bc} ± 0,0120	1,16 ^{Cc} ± 0,0008	1,36 ^{Be} ± 0,0004

Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, segundo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Letras minúsculas: análise estatística entre semanas de um mesmo tratamento.

Letras maiúsculas: análise estatística entre os tratamentos na mesma semana.

Analisando a interação entre os métodos de estabilização, pode-se perceber que, até a terceira semana, todos os tratamentos diferiram entre si a um nível de 5% de significância. A partir da quarta semana, não houve diferença estatística entre os teores de acidez para o FAC e o FAD, porém apresentando diferenças entre os demais farelos.

A acidez dos diferentes tratamentos nos farelos de arroz pode ser visualizada na Figura 1. Mesmo com o aumento da atividade da lipase e consequente liberação de ácidos graxos nos farelos, foi pequeno o acréscimo da acidez, com exceção do FAP, que apresentou maior

teor de acidez ao final do armazenamento, com 2,53 %, seguido pelo FAC e FAD ambos com 1,36 % e o FAM com 1,16% de acidez. Silva *et al.*¹⁴ analisaram o teor de acidez solúvel em álcool para o FAC durante dezesseis semanas de armazenamento, obtendo um valor inicial de 2,94 % e uma acidez final de 7,32 %. Já Pestana *et al.*²² obtiveram valores de 0,40 % de acidez em ácido oléico para o FAD, 1,40 % para o FAC e 1,52 % para o FAP. Em relação ao FAM, Rocha⁶ verificou teores de acidez inferiores a 6,2 % ao final de quatro semanas de armazenamento, encontrando-se abaixo do nível de 10% de acidez aceitável para o consumo humano.

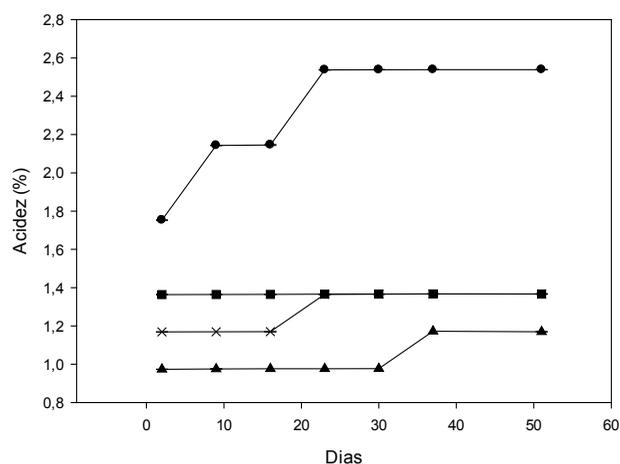


Figura 1: Acidez das amostras submetidas aos diferentes tratamentos (■ FAC, × FAD, • FAP, ▲ FAM)

Os resultados de acidez superiores para o FAP podem estar relacionados com o teor de umidade e tratamento aplicado (temperatura e pressão), visto que as reações químicas de hidrólise dos lipídios estão relacionadas ao conteúdo de água e são catalisadas pelo aumento da temperatura²⁸. A pequena elevação da acidez pode ser associada à metodologia utilizada, já que esta é específica para farinhas e não para farelos.

3.3 Determinação da atividade da lipase

As atividades da lipase (U/ml) nos diferentes tratamentos (FAP, FAC, FAM e FAD) estão apresentadas na Tabela 3. O farelo de arroz peletizado (FAP) diferiu significativamente ($p < 0,05$) na primeira semana de armazenamento em relação aos demais, que não apresentaram diferenças entre si a um nível de 5% de significância, devido à maior concentração de substrato disponível para a lipase.

Tabela 3: Atividade de lipase (U/ml) dos farelos submetidos aos diferentes tratamentos.

Dias	FAP	FAC	FAM	FAD
2	3,50 ^{Aa} ± 0,23	3,58 ^{Aa} ± 0,11	3,00 ^{Ba} ± 0,00	2,58 ^{Ba} ± 0,11
9	4,16 ^{Ab} ± 0,03	4,16 ^{Ab} ± 0,03	3,49 ^{Bb} ± 0,03	3,49 ^{Bb,c} ± 0,00
16	4,16 ^{Ab} ± 0,23	4,49 ^{Bc} ± 0,03	4,00 ^{Ac} ± 0,00	3,33 ^{Cb} ± 0,03
23	4,49 ^{A,Bb,c} ± 0,03	4,66 ^{Ac} ± 0,00	4,33 ^{Bd} ± 0,00	3,66 ^{Cc} ± 0,00
30	4,49 ^{A,Bb,c} ± 0,03	4,66 ^{Ac} ± 0,00	4,33 ^{Bd} ± 0,00	4,00 ^{Cd} ± 0,00
37	4,66 ^{Ac} ± 0,00	5,00 ^{Bd} ± 0,00	4,33 ^{Cd} ± 0,00	4,00 ^{Dd} ± 0,00
51	4,16 ^{Ab} ± 0,03	4,66 ^{Bc} ± 0,00	3,83 ^{Cc} ± 0,03	3,66 ^{Cc} ± 0,00

Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, segundo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Letras minúsculas: análise estatística entre semanas de um mesmo tratamento.

Letras maiúsculas: análise estatística entre os tratamentos na mesma semana.

Durante as três primeiras semanas, houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre as amostras de FAM. Já a partir da quarta semana, a atividade de lipase foi a mesma, até a última semana, onde houve um decréscimo desta, devido à disponibilidade de substrato para a enzima. A menor atividade de lipase para o FAD, comparada aos demais tratamentos, deve-se ao menor conteúdo lipídico presente nas amostras.

Analisando os diferentes métodos de estabilização, constatou-se que nas duas primeiras semanas de armazenamento não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre o FAP e o FAC, bem como entre o FAM e o FAD. Entre a quarta e quinta semana, apenas o FAD diferenciou-se dos demais tratamentos, devido ao menor conteúdo lipídico conforme já exposto anteriormente quando avaliada a diferença entre as semanas de tratamento. Durante a sexta semana de análise, todos os tratamentos diferiram entre si ($p < 0,05$) e na última semana

apenas o FAM e o FAD foram estatisticamente iguais ($p < 0,05$).

A atividade da lipase durante o período de armazenamento pode ser visualizada na Figura 2. O FAC (4,66 U/ml) foi o farelo que apresentou maior atividade lipolítica ao término das análises, pois foi o único não submetido a um tratamento de estabilização, seguido pelo FAP (4,16 U/ml), FAM (3,83 U/ml) e FAD (3,66 U/ml). No decorrer das análises, observaram-se similaridades entre as amostras, uma vez que houve aumento gradativo da atividade de lipase para todos os tratamentos até a sexta semana, sendo que o maior aumento deu-se entre as primeiras amostragens; a partir da última semana de análise, todos os valores sofreram um declínio. Estes fatos são justificados por meio da disponibilidade de substrato (triacilglicerídeos) para a enzima, logo a atividade desta será máxima no início do armazenamento, decaindo gradativamente com a diminuição do substrato²⁹.

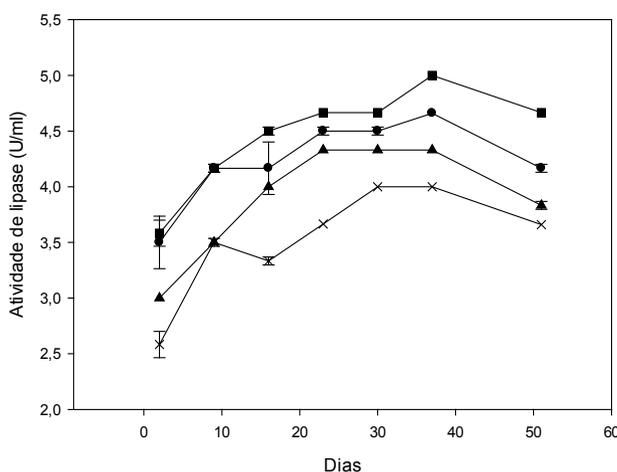


Figura 2: Atividade da lipase das amostras de farelo de arroz submetidas aos diferentes tratamentos (■ FAC, × FAD, ● FAP, ▲ FAM)

Goffman e Bergman³⁰, Silva Sanches e Amante¹⁴, Saunders¹⁸ e Lacerda²¹, utilizaram diferentes metodologias para determinação da atividade da lipase e um tempo maior de armazenamento, sendo que para os dois últimos o farelo de arroz extrusado foi o que apresentou menor atividade da lipase. A peletização é um tratamento similar à extrusão, sendo a diferença o binômio Tempo x Temperatura utilizado. Na peletização, são aplicadas temperaturas mais amenas por

um intervalo maior de tempo, o que pode explicar os maiores valores encontrados para a lipase em comparação aos demais tratamentos avaliados.

O menor valor encontrado para a atividade da lipase foi para o FAD, devido ao seu menor conteúdo lipídico (17,21%), tornando-o mais estável. O FAM apresentou valores próximos ao FAD ao final do armazenamento, demonstrando que a aplicação de micro-ondas conseguiu estabilizar o farelo.

Este fato também foi observado por Ramezanzadeh *et al.*⁵, que obtiveram sucesso ao aplicar micro-ondas em farelo de arroz cru, mantendo-o com baixos níveis de ácidos graxos livres durante dezesseis semanas e promovendo a diminuição da rancidez hidrolítica com a inativação da lipase. Rocha⁶ estabilizou o farelo de arroz com micro-ondas e também obteve teores reduzidos de ácidos graxos livres após quatro semanas de armazenamento.

As diferenças verificadas entre o FAP, o FAM e o FAD no presente trabalho podem estar associadas com os diferentes tipos de lipases existentes nos farelos de arroz, tais como as fosfolipases, glicolipases e esterases, a variedade do arroz e a metodologia de extração do farelo. Dependendo do tratamento térmico aplicado, pode ou não haver a inativação completa das lipases²¹. A identificação destas enzimas no farelo de arroz e suas características podem contribuir para a determinação de um tratamento mais eficiente para sua inativação³¹.

4 Conclusão

A atividade da lipase é o principal fator da deterioração hidrolítica do farelo de arroz. Todos os farelos submetidos aos tratamentos de peletização, estabilização por micro-ondas e desengorduramento apresentaram valores inferiores ao controle para a atividade da lipase, comprovando que a estabilização auxiliou na prevenção da rancidez hidrolítica. O farelo submetido ao desengorduramento (FAD) e o farelo submetido ao tratamento por micro-ondas (FAM) apresentaram as menores atividades da lipase, o primeiro devido ao menor teor lipídico presente no farelo e o segundo devido às altas temperaturas aplicadas, bem como a uniformidade de aquecimento, proporcionando excelentes características ao farelo. O FAM também apresentou o menor teor de acidez, tornando o tratamento por micro-ondas uma boa opção de estabilização com conseqüente diminuição da rancidez do farelo, promovendo um maior *shelf-life* e viabilizando sua utilização como insumo alimentício.

É necessária a realização de estudos mais aprofundados, utilizando diferentes alternativas de estabilização para o farelo de arroz, bem como a identificação das lipases presentes, a fim de definir uma metodologia que previna eficazmente a rancidez. É de suma importância determinar a caracterização nutricional para as diferentes variedades de arroz cultivadas em nosso país e criar uma legislação para este produto que, apesar de sua excelente composição nutricional, é destinado à ração animal e usado como fertilizante.

Referências

1. Epagri. A cultura do arroz irrigado pré-germinado. Florianópolis: Epagri Gerência de Marketing e Comunicação; 2002.
2. Embrapa clima temperado. Cultivo do arroz irrigado no Brasil: Importância Econômica, Agrícola e Alimentar do Arroz. Sistema de produção; 2005.
3. Parrado J, Miramontes E, Jover M, Gutierrez JF, Terán LC, Bautista J. Preparation of a rice bran enzymatic extract, with potential use as functional food. *Food Chem* 2006;98:742-7.
4. Kahlon TS. Rice bran: production, composition, functionality and food applications, physiological benefits. In: Cho SS, Samuel P. Fiber ingredients: food applications and health benefits. Florida: CRC; 2009. p.305-16.
5. Ramezanzadeh FM, Rao RM, Windhauser M, Prinyawiwatkul W, Tulley R, Marshall WE. Prevention of hydrolytic rancidity in bran during storage. *J Agric Food Chem* 1999;47:3050-2.
6. Rocha, C. A. Efeito do tratamento por microondas do arroz recém colhido no rendimento de grãos inteiros, na qualidade de cozimentos e na estabilização do farelo. Tese [Doutorado em Engenharia de Alimentos] - Universidade Estadual de Campinas; 2002.
7. Lakkakula NR, Lima MH, Walker T. Rice bran stabilization and rice bran oil extraction using ohmic heating. *Bior Technol* 2004;92:157-4.
8. Pestana VB, Mendonça CRB, Zambiasi RC. Farelo de arroz: características, benefícios à saúde e aplicações. *B Centro de Pesquisa de Proces Alim* 2008;26:29-11.
9. Bellaver C, Nones K. A importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. Anais do 4º Simpósio Goiano de Avicultura. Goiânia; 2000. Goiânia, 2000; p.57-8.
10. Leite DT. Farelo de arroz desengordurado e farelo de glúten de milho na suplementação de bovinos de corte. Tese [Mestrado em Zootecnia] - Universidade Federal de Santa Maria; 2006.
11. Kunrath MC. Avaliação nutricional do farelo de arroz desengordurado em suínos nas fases de crescimento e terminação utilizando o método de substituição e a análise de regressão. Mestrado [Mestrado em Zootecnia] - Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2010.
12. Danielski L, Zetzl C, Hense H, Brunner G. A process line for production of raffinated rice oil from rice bran. *J Supercr Fluids* 2005;34:133-8.
13. Abdul-Hamid A, Luan YS. Functional properties of dietary fibre prepared from of fatted rice bran. *Food Chem* 2000;68:15-4.
14. Silva MA, Sanches C, Amante ER. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran. *J Food Eng* 2006;75:487- 4.
15. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: IMESP; 2008
16. Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian J Biochem and Phys* 1959;37:911-6.
17. Kempka AP, Lipke NL, Pinheiro TLF, Menoncin S, Treichel H, Freire DMG, *et al.* Response surface method to optimize the production and characterization of lipase from *Penicillium verrucosum* in solid-state fermentation. *Bioproc and Biosys Eng* 2007;31:119-6.
18. Saunders RM. The properties of rice bran as a foodstuff. *Cereal Foods World* 1990;35:632-4.
19. Dal Moro J, Rosa CS, Hoelzel SCS. Composição centesimal e ação antioxidante do farelo de arroz e seus benefícios à saúde. *Ciênc Saúde* 2004;4:33-11.
20. Huang SC, Shiao CY, Liu TE, Chu CL, Hwang DF. Effects of rice bran on sensory and physico-chemical properties of emulsified pork meatballs. *Meat Sci* 2005;70:613-5.
21. Lacerda DBCL. Estabilidade e qualidade do farelo de arroz sob diferentes tratamentos e aplicação do produto extrusado em biscoito. Mestrado [Dissertação em Engenharia de Alimentos] - Universidade Federal de Goiás; 2008.
22. Pestana VB, Zambiasi RC, Mendonça CRB, Bruscatto

- MH, Ramis-Ramos G. Influencia del procesado industrial sobre las características químico-físicas y contenido en lípidos y antioxidantes del salvado de arroz. *Grasas Aceites* 2009;60:184-9.
23. Amisshah JGN, Elles WO, Oduro I, Manful JT. Nutrient composition of bran from new Rice varieties under study in Ghana. *Food Control* 2003;14:21- 3.
 24. Feddern V, Furlong E, Souza-Soares LA. Efeitos da fermentação nas propriedades físico-químicas e nutricionais do farelo de arroz. *Ciênc Tec de Alim* 2007;27:800-4.
 25. Silva PM, Salas-Mellado MM. Rendimento protéico de isolados obtidos a partir de farelo de arroz por métodos químico e enzimático. *Anais do 13º Enpos. 2011; Pelotas, Brasil. 2011.*
 26. Walter M, Marchezan E, Avila LA. Arroz: composição e características nutricionais. *Ciênc Rural* 2008;38:1184-8.
 27. Carvalho HH, Jong E.V. Alimentos: métodos físicos e químicos de análise. Porto Alegre: UFRS, 2002, 184p.
 28. Zambiasi R. The role of endogenous lipid components on vegetable oil stability. Canadá; 1997. Thesis [Doctorate in Food and Nutritional Sciences Interdepartmental Program] - University of Manitoba.
 29. Goffman FD, Bergman C. Hidrolytic degradation of triacylglycerols and changes in fatty acid composition I rice bran during storage. *Cereal Chem* 2003;80:459-2.
 30. Goffman FD, Bergman C. Relationship between hydrolytic rancidity, oil concentration, and sterase activity in rice bran. *Cereal Chem* 2003;80:689-3.
 31. Bhardwaj K, Raju A, Rajasekharan R. Identification, purification, and characterization of a thermally stable lipase from rice bran: a new member of the (phospho) lipase family. *Plant Phys* 2001;127:1728-10.

