

## Estudo da conservação de multimisturas enriquecidas com a microalga *Spirulina platensis*

### *Study of the conservation of multimixtures enriched with the microalgae *Spirulina platensis**

#### Autores | Authors

**Vanessa Goulart MACHADO**  
**Vânia da Silva BIERHALS**  
**Walesca Oliveira ECHEVENGUÁ**  
**Anderson da Silva dos SANTOS**  
**Jorge Alberto Vieira COSTA**

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)  
Escola de Química e Alimentos  
e-mails: vaniabierhals@hotmail.com  
nessagoulart@yahoo.com.br  
lecaeechevengua@hotmail.com  
andersonsantosrg@yahoo.com.br  
dqmjorge@furg.br

#### ✉ **Eliana Badiale FURLONG**

Universidade Federal do Rio Grande (FURG)  
Escola de Química e Alimentos  
Rua Engenheiro Alfredo Huch, 475  
Caixa Postal: 474  
CEP: 96201-900  
Rio Grande/RS - Brasil  
e-mail: dqmebf@furg.br

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 14/11/2008  
Aprovado | Approved: 04/02/2010

#### ■ Resumo

O uso da multimistura, suplemento alimentar, vem se apresentando como uma alternativa de valor nutritivo razoável, baixo custo, preparo rápido e paladar regionalizado, porém com um ponto crítico, a conservação durante o armazenamento. Algumas pesquisas vêm demonstrando a rápida deterioração desse complemento alimentar por ação de microrganismos e rancificação de seu conteúdo lipídico. Este trabalho teve como objetivo avaliar a conservação de multimisturas formuladas à base de farelo de arroz e farelo de trigo, acrescidas de *Spirulina platensis*, através da determinação de indicativos físico-químicos. Para tanto, foram realizados dois estudos por um período de 30 dias cada. Foram elaboradas 12 formulações contendo farelo de arroz ou farelo de trigo, como componentes majoritários, acrescidas de 1 e 2% da microalga *Spirulina platensis*, como potencial conservador. As multimisturas foram armazenadas em embalagens de vidro, sob condições de refrigeração e temperatura ambiente. Os resultados mostraram que as multimisturas contendo farelo de arroz apresentaram valores de acidez total, acidez alcoólica e índice de peróxido 160, 100 e 26%, respectivamente, superiores às formuladas com farelo de trigo ao longo do armazenamento e mesmo às preparadas empregando *Spirulina platensis*. O armazenamento sob refrigeração aumentou a vida útil, em onze dias, em média, para as multimisturas contendo farelo de trigo e cinco dias para as contendo farelo de arroz. A adição da *Spirulina platensis*, nos níveis de 1 e 2%, não apresentou resultados promissores nos indicativos de conservação avaliados, ao contrário dos fatores tipo de farelo e refrigeração que apresentaram efeitos positivos.

**Palavras-chave:** Conservador; Multimisturas; Farelos; *Spirulina platensis*.

#### ■ Summary

The use of multimixture food supplements has been shown to be an alternative with a reasonable nutritional value, low cost, fast preparation and regionalized taste, but with one critical point, the conservation during storage. Some research has shown fast deterioration of this food complement due to the action of microorganisms and oxidation of its lipid content. This study aimed to evaluate the conservation of multimixtures formulated from rice bran and wheat bran, with added *Spirulina platensis*, by determining their physico-chemical indicators. Two studies were carried out, each lasting 30 days. Twelve formulations were developed containing rice bran or wheat bran as the major component, plus 1 or 2% of the microalgae *Spirulina platensis* as a potential preservative. The multimixtures were stored in glass packaging under both refrigeration and at room temperature. The results showed that the multimixtures containing rice bran presented values for total acidity, alcohol acidity and the peroxide index 160, 100 and 26%, respectively, higher than those formulated with wheat bran throughout the storage period, even for those prepared using *Spirulina platensis*. Refrigerated storage increased the shelf life by, on average, eleven days for multimixtures containing wheat bran and five days for multimixtures containing rice bran. The addition of *Spirulina platensis* at the levels of 1 and 2% did not produce promising results with respect to the conservation indicators evaluated, to the contrary of the factors type of bran and refrigeration that presented positive effects.

**Key words:** Multimixture; Cereal bran; Preservative; *Spirulina platensis*.

## Estudo da conservação de multimisturas enriquecidas com a microalga *Spirulina platensis*

MACHADO, V. G. et al.

### ■ 1 Introdução

Define-se como multimistura (MM) um produto obtido basicamente da mistura de farelo de trigo e de arroz, pó de folhas escuras, pó de sementes e pó de casca de ovo (VIZEU et al., 2005). Ela pode ser considerada como uma fonte alternativa de nutrientes, usualmente constituída por coprodutos da agroindústria de cereais, o que a torna acessível a toda a população. Um ponto muito importante quando se pretende empregar coprodutos, como no caso das multimisturas, é a conservação de suas propriedades nutricionais e funcionais durante o armazenamento, cujas alterações podem ser verificadas através de índices químicos, microbiológicos e organolépticos.

No Brasil, desde a implantação do uso de multimisturas para recuperação de crianças em risco de desnutrição, muitos trabalhos vêm sendo realizados sobre o potencial nutricional deste alimento que utiliza diversas combinações de ingredientes, usualmente com enfoque regional da formulação (SACCHET et al., 2006; FEDDERN et al., 2008a,b). No entanto, poucos são os estudos que consideram o aspecto conservação, mesmo com os muitos relatos na literatura sobre a degradação química, enzimática e microbiana de farelos cereais decorrentes de seu conteúdo lipídico ou de sua constituição diversificada em nutrientes provenientes das porções externas de vegetais (SACCHET et al., 2006; SILVEIRA e FURLONG, 2007).

Como as multimisturas são comercializadas principalmente em sacos plásticos, estes podem permitir a troca gasosa com o meio externo e, em função de sua transparência, podem favorecer o efeito catalítico da luz sobre as reações de oxidação e formação de radicais livres (LABUZA, 1971). Um experimento realizado no Laboratório de Bioquímica de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) mostrou que multimisturas armazenadas em recipientes plásticos em temperatura ambiente apresentavam indicativos de conservação microbiano e químico aceitáveis durante 10 dias. Este período foi aumentado para 14 dias com o emprego de recipientes de vidro e para 22 dias em recipientes de vidro mantidos sob refrigeração (SGANZERLA et al., 2006). A principal alteração verificada pelos autores foi nos índices de acidez e de peróxido, além da elevada contagem de bolores e leveduras (BRASIL, 2005).

Uma solução para o problema da degradação química e enzimática poderia ser o emprego de conservadores, o que não é adequado à proposta da formulação, uma vez que esta defende o uso de ingredientes de baixo custo e que se encontram disponíveis nas próprias regiões onde as multimisturas são formuladas (MADRUGA e CAMARA, 2000). Além disso, a adição de conservadores químicos em produtos de formulação artesanal não é uma prática usual. Outra alternativa seria o emprego de conservadores naturais ou a combinação de ingredientes que resultassem em

menores riscos de degradação. Colla et al. (2007) e Miranda et al. (1998) demonstraram que a microalga *Spirulina platensis* possui atividade antioxidante, além de outros benefícios em termos de aporte de compostos funcionais e de nutrientes. Considerando-se o caráter regionalizado das formulações de multimisturas e a disponibilidade da microalga na região deste estudo, empregá-la num experimento visando identificar suas propriedades conservadoras nestas misturas poderia melhorar a conservação destas, além dos já estudados benefícios nutricionais.

Estas considerações nortearam o objetivo deste trabalho que foi avaliar a conservação de multimisturas formuladas à base de farelo de arroz e de trigo, acrescidas de *Spirulina platensis*, através da determinação de indicativos químicos. Para realizar o estudo, as multimisturas foram formuladas contendo farelo de arroz ou farelo de trigo como componentes majoritários, em combinação com níveis de 1 e 2% da microalga *Spirulina platensis*. As multimisturas foram armazenadas em recipientes de vidro, conservados em temperatura ambiente e sob refrigeração durante 30 dias, sendo avaliados semanalmente como indicativos de degradação o pH, acidez total e alcoólica, índice de peróxidos e digestibilidade *in vitro*.

### ■ 2 Material e métodos

#### 2.1 Material

As matérias-primas empregadas no preparo das multimisturas foram: farelo de trigo, farelo de arroz integral, farinha de milho, folha de mandioca desidratada em pó, semente de girassol, casca de ovo e a microalga *Spirulina platensis*. As matérias-primas foram adquiridas no comércio local da cidade do Rio Grande/RS, com exceção da microalga, que foi fornecida desidratada e na forma de pellets pelo Laboratório de Engenharia Bioquímica da FURG.

#### 2.2 Métodos

##### 2.2.1 Preparo da matéria-prima

A folha de mandioca desidratada não sofreu pré-tratamento. As cascas de ovo foram lavadas em água corrente, fervidas em solução de ácido acético 4% por 30 min, secas em estufa com circulação de ar a 130 °C por 1 h e 30 min e moídas em moinho de facas a 3500 rpm por 60 s (SACCHET et al., 2006). No primeiro estudo, os farelos de trigo e de arroz e a farinha de milho foram tratados em estufa com circulação de ar a 130 °C por 30 min. No segundo estudo, os farelos, a farinha de milho e a semente de girassol não sofreram pré-tratamento. A microalga *Spirulina platensis* e a semente de girassol foram moídas em moinho de facas a 3500 rpm por 3 min.

## Estudo da conservação de multimisturas enriquecidas com a microalga *Spirulina platensis*

MACHADO, V. G. et al.

Todas as matérias-primas foram peneiradas e separadas em duas frações de acordo com sua granulometria, sendo escolhida para o preparo das multimisturas a fração passante na peneira de malha de 0,56 mm. O conteúdo de umidade dos ingredientes está mostrado na Tabela 1.

### 2.2.2 Preparo das multimisturas

As matérias-primas foram homogeneizadas manualmente, conforme proporções apresentadas na Tabela 2. Foram elaboradas multimisturas contendo níveis de 1 e 2% em massa de *Spirulina platensis* adicionadas aos farelos de arroz (MMA) ou trigo (MMT). Foram elaboradas duas formulações padrão, uma contendo farelo de arroz e outra contendo farelo de trigo, e foi empregada a semente de girassol em vez de *Spirulina*.

### 2.2.3 Avaliação da conservação

Os experimentos foram realizados durante um período de 30 dias, em duas ocasiões distintas, a primeira ao final do outono e a outra durante a primavera, mantendo-se as mesmas condições operacionais. As multimisturas foram acondicionadas em recipientes de vidro com volume aproximado de 1 L e tampa de plástico, conservadas sob temperatura ambiente, que variou de 14,5 a 22,3 °C, e sob refrigeração (7 °C).

A umidade foi determinada no início dos experimentos, por método gravimétrico de acordo com metodologia proposta pela Cuniff (2000). Os índices de acidez total e acidez alcoólica, pH e índice de peróxido foram determinados após elaboração das formulações e

depois, semanalmente, em todas as amostras, conforme procedimentos descritos nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). A determinação da digestibilidade proteica *in vitro* foi realizada quinzenalmente, seguindo o procedimento enzimático descrito por Silveira e Furlong (2007). Antes da tomada de amostra para as análises, as multimisturas foram homogeneizadas através da agitação dos frascos de vidro. Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

### 2.2.4 Análise estatística

Os dados experimentais foram tratados estatisticamente como médias, coeficientes de variação e análise de variância (ANOVA), seguido do teste estatístico de Tukey, considerando como nível de significância o limite de 5% ( $p < 0,05$ ).

## 3 Resultados e discussão

### 3.1 Variações dos índices físico-químicos ao longo do armazenamento

No primeiro estudo, os valores médios de umidade das multimisturas formuladas com farelo de arroz foram 2,5 e 2,9% e com farelo de trigo 4,7 e 4,3%, respectivamente sem e com adição de *Spirulina platensis*. No segundo estudo, os valores médios de umidade das multimisturas formuladas com farelo de arroz foram 8,4 e 8,9% e com farelo de trigo 8,2 e 7,9%, respectivamente sem e com adição da microalga. As variações de pH, índices de acidez total, acidez alcoólica, peróxidos e digestibilidade foram escolhidas por se adequarem à avaliação do efeito da adição de *Spirulina platensis* como conservador nas multimisturas à base de farelos de cereais, pois se trata de indicadores que permitem estimar os danos exógenos (causados por microrganismos) e endógenos (causados por reações de oxidação e reações enzimáticas) em amostras de alimentos. Cabe salientar que os farelos influenciam diretamente a qualidade físico-química dos produtos, pois estes representam os principais constituintes. Os resultados médios e os coeficientes de variação dos valores determinados ao longo dos experimentos de armazenamento estão apresentados

**Tabela 1.** Conteúdo de umidade das matérias-primas utilizadas nas multimisturas.

Matéria-prima	Umidade (%)	
	1º estudo	2º estudo
Farelo de Arroz	2,3	7,8
Farelo de Trigo	1,0	8,0
Farinha de Milho	4,6	5,0
Folha de Mandioca	8,4	8,0
<i>Spirulina platensis</i>	15,4	15,0

**Tabela 2.** Formulação das multimisturas.

Matéria-prima	MMA1*	MMA2*	MMT1*	MMT2*	MMA*	MMT*
Farelo de Trigo (%)	-	-	70	70	-	70
Farelo de Arroz (%)	70	70	-	-	70	-
Farinha de Milho (%)	19	18	19	18	19	19
Folha de Mandioca (%)	5	5	5	5	5	5
Casca de ovo (%)	5	5	5	5	5	5
<i>Spirulina platensis</i> (%)	1	2	1	2	-	-
Semente de Girassol (%)	-	-	-	-	1	1

\* MMA1: com farelo de arroz e 1% de *Spirulina platensis*; MMA2: com farelo de arroz e 2% de *Spirulina platensis*; MMT1: com farelo de trigo e 1% de *Spirulina platensis*; MMT2: com farelo de trigo e 2% de *Spirulina platensis*; MMA: com farelo de arroz e 1% de semente de girassol; MMT: com farelo de trigo e 1% de semente de girassol.

## Estudo da conservação de multimisturas enriquecidas com a microalga *Spirulina platensis*

MACHADO, V. G. et al.

na Tabela 3, na qual os índices de acidez total e acidez alcoólica estão expressos como meq ac.g<sup>-1</sup> de amostra, o índice de peróxidos como meq perox.kg<sup>-1</sup> de amostra e os coeficientes de variação em porcentagem (CV%).

A observação dos coeficientes de variação para os diferentes índices mostra qual foi o indicativo mais afetado ao longo do armazenamento. O destaque foi para o índice de peróxidos que apresentou coeficientes de variação em torno de 100%, demonstrando que a rancidez está entre os maiores problemas de alteração química em multimisturas.

Os menores coeficientes de variação foram verificados nos valores de pH, sugerindo a constância deles ao longo do tempo e entre as multimisturas. Os valores de pH variaram entre 6,3 e 6,6, o que numericamente

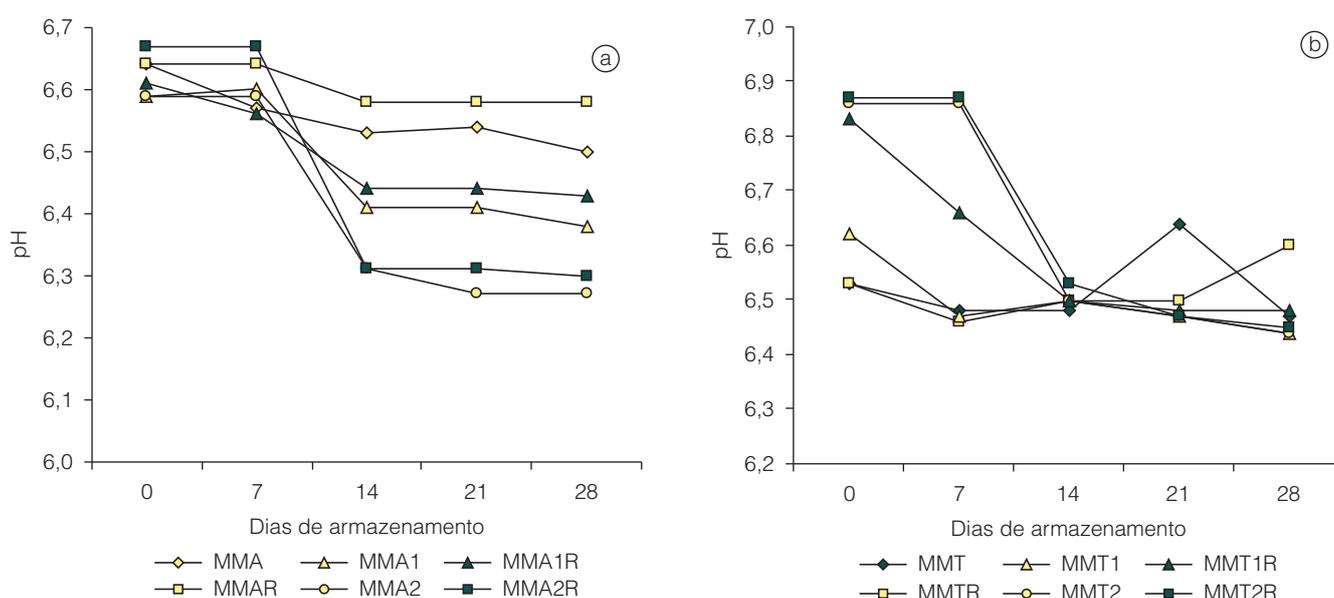
pode não caracterizar uma diferença marcante, porém, considerando o conceito da propriedade, uma variação decimal pode representar uma variação na concentração de hidrogênio ionizado na ordem de 10 vezes.

A análise de variância mostrou que as multimisturas não apresentaram diferenças significativas quando avaliadas no início do período de armazenamento, porém começaram a diferir a partir da segunda e terceira semanas, respectivamente se fossem à base de farelo de arroz ou de trigo. A adição de *Spirulina platensis* e o armazenamento sob refrigeração não afetaram significativamente a variação de pH ao longo do tempo. A Figura 1 ilustra a variação de pH das multimisturas à base de farelo de arroz (a) e farelo de trigo (b), ao longo do armazenamento em temperatura ambiente e sob

**Tabela 3.** Valores médios de pH, acidez total, acidez alcoólica e índice de peróxidos ao longo do armazenamento das multimisturas em dois experimentos.

Multimisturas**	pH* [CV%]	Acidez total* (meq ac.g <sup>-1</sup> ) [CV%]	Acidez alcoólica* (meq ac.g <sup>-1</sup> ) [CV%]	Índice peróxidos* (meq perox.g <sup>-1</sup> ) [CV%]
MMA	6,56 <sup>a</sup> [0,8]	0,24 <sup>a,b</sup> [17,7]	0,20 <sup>a</sup> [10,3]	15,3 <sup>a</sup> [66,0]
MMAR	6,59 <sup>a</sup> [0,4]	0,22 <sup>a,c</sup> [15,9]	0,19 <sup>a,d</sup> [10,9]	8,5 <sup>a</sup> [61,0]
MMA1	6,47 <sup>a</sup> [2,3]	0,28 <sup>a</sup> [36,2]	0,17 <sup>a,b</sup> [32,1]	9,2 <sup>a</sup> [82,5]
MMA2	6,36 <sup>a</sup> [2,4]	0,31 <sup>a</sup> [30,0]	0,13 <sup>b,c,d,e</sup> [14,6]	4,8 <sup>a</sup> [107,0]
MMA1R	6,48 <sup>a</sup> [2,5]	0,24 <sup>a,d</sup> [29,9]	0,16 <sup>a,d,i</sup> [24,1]	5,9 <sup>a</sup> [97,0]
MMA2R	6,40 <sup>a</sup> [2,8]	0,25 <sup>a,d,e</sup> [32,7]	0,13 <sup>b,g,i,j</sup> [6,9]	2,5 <sup>a</sup> [59,7]
MMT	6,49 <sup>a</sup> [0,4]	0,08 <sup>c</sup> [20,5]	0,09 <sup>c,f,g,h,i</sup> [9,9]	14,9 <sup>a</sup> [76,0]
MMTR	6,49 <sup>a</sup> [0,3]	0,07 <sup>c</sup> [23,1]	0,09 <sup>e,h,i</sup> [15,2]	11,0 <sup>a</sup> [78,8]
MMT1	6,51 <sup>a</sup> [1,4]	0,12 <sup>c</sup> [37,7]	0,08 <sup>c,f,g,h,i</sup> [20,2]	6,4 <sup>a</sup> [80,2]
MMT2	6,57 <sup>a</sup> [3,0]	0,12 <sup>b,c,d</sup> [39,4]	0,06 <sup>f,g,i</sup> [13,6]	2,8 <sup>a</sup> [89,0]
MMT1R	6,53 <sup>a</sup> [1,9]	0,11 <sup>c</sup> [30,1]	0,08 <sup>e,i</sup> [17,6]	4,0 <sup>a</sup> [98,0]
MMT2R	6,58 <sup>a</sup> [3,0]	0,10 <sup>b,c,e</sup> [36,0]	0,07 <sup>e,i</sup> [7,1]	1,7 <sup>a</sup> [46,0]

\* Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); \*\*MMA: multimistura à base de farelo de arroz; MMT: multimistura à base de farelo de trigo; R: refrigerada; 1 e 2: acrescida de 1 e 2% de *Spirulina platensis*, respectivamente.



**Figura 1.** Variação dos valores de pH ao longo do armazenamento das multimisturas à base de farelo de arroz (a) e farelo de trigo (b). MMA: multimistura à base de farelo de arroz; MMT: multimistura à base de farelo de trigo; R: refrigerada; 1 e 2: acrescida de 1 e 2% de *Spirulina platensis*, respectivamente.

## Estudo da conservação de multimisturas enriquecidas com a microalga *Spirulina platensis*

MACHADO, V. G. et al.

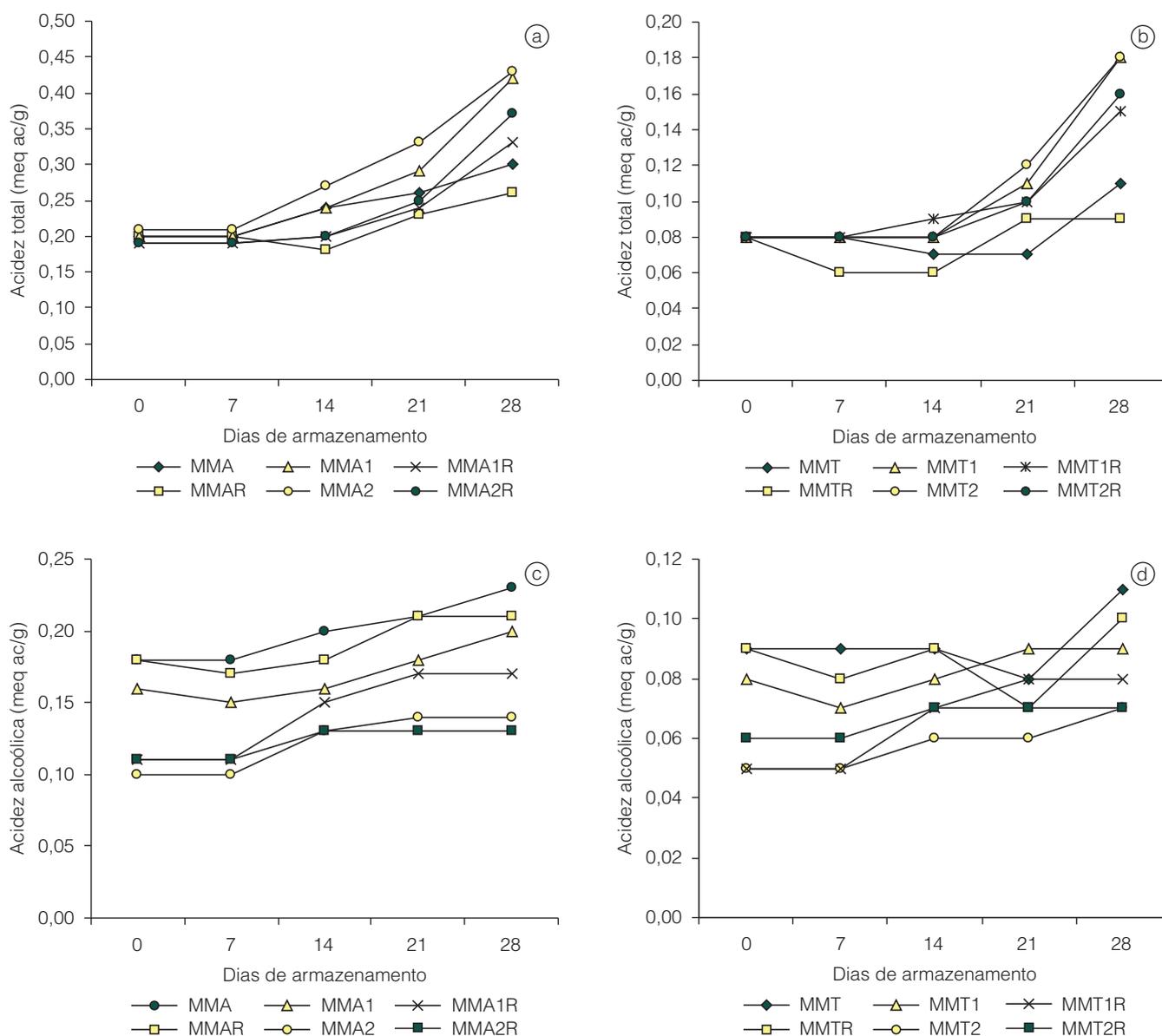
refrigeração e reflete o comentário sobre o intervalo de armazenamento em que as diferenças começam a ser marcantes.

Em relação à acidez total e acidez alcoólica, nos dois experimentos, pode-se observar uma tendência à acidificação do meio, devido possivelmente ao crescimento de microrganismos durante o período de conservação, pois, segundo Franco e Landgraf (2004), algumas leveduras ao se desenvolverem na superfície dos alimentos produzem ácidos orgânicos e, conseqüentemente, aumentam a acidez, o que poderia ter ocorrido neste estudo. Mesmo não havendo medidas específicas para tal ocorrência, a ação microbiológica é inerente e se reflete em primeira instância no pH e na

acidez, especialmente verificada quando um produto é armazenado em condições de baixa tensão de oxigênio, como foi o caso das multimisturas.

A análise estatística mostrou que houve diferença significativa para os valores de acidez total e alcoólica estimados ao longo do período de estudo, porém, somente a partir da primeira semana de armazenamento. A Figura 2 ilustra o comportamento da acidez total e alcoólica, respectivamente para as multimisturas à base de farelo de arroz (a) e (c) e de trigo (b) e (d).

Os teores de acidez total e alcoólica variaram de maneira similar entre as multimisturas, apresentando uma tendência crescente após a primeira semana de armazenamento, mesmo com a adição da microalga.



**Figura 2.** Variação dos índices de acidez total (a e b) e alcoólica (c e d) ao longo do armazenamento das multimisturas à base de farelo de arroz e farelo de trigo. MMA: multimistura à base de farelo de arroz; MMT: multimistura à base de farelo de trigo; R: refrigerada; 1 e 2: acrescida de 1 e 2% de *Spirulina platensis*, respectivamente.

## Estudo da conservação de multimisturas enriquecidas com a microalga *Spirulina platensis*

MACHADO, V. G. et al.

As multimisturas contendo farelo de arroz apresentaram inicialmente mais que o dobro de acidez em relação às multimisturas contendo farelo de trigo e também mostraram as maiores variações ao longo do período de estudo, indicando mais uma vez que o tipo de farelo é um fator determinante no aspecto da conservação. O uso de refrigeração mostrou uma tendência a retardar o aumento da acidez das multimisturas durante o armazenamento. A partir da primeira semana de estudo, a análise estatística mostrou diferença significativa entre as misturas refrigeradas e não refrigeradas, de mesma composição.

Os índices de peróxidos, cujo comportamento ao longo do armazenamento está apresentado na Figura 3, mostraram aumento significativo nos primeiros 14 dias, decaindo seus valores nos dias posteriores, refletindo o

desenvolvimento do processo de oxidação lipídica que se inicia pela produção de peróxidos e termina com a produção de compostos menores oxidados, como aldeídos, cetonas, ácidos, álcoois e outros, responsáveis pelas características de produtos rancificados, mas não determinados no processo analítico para medir peróxidos.

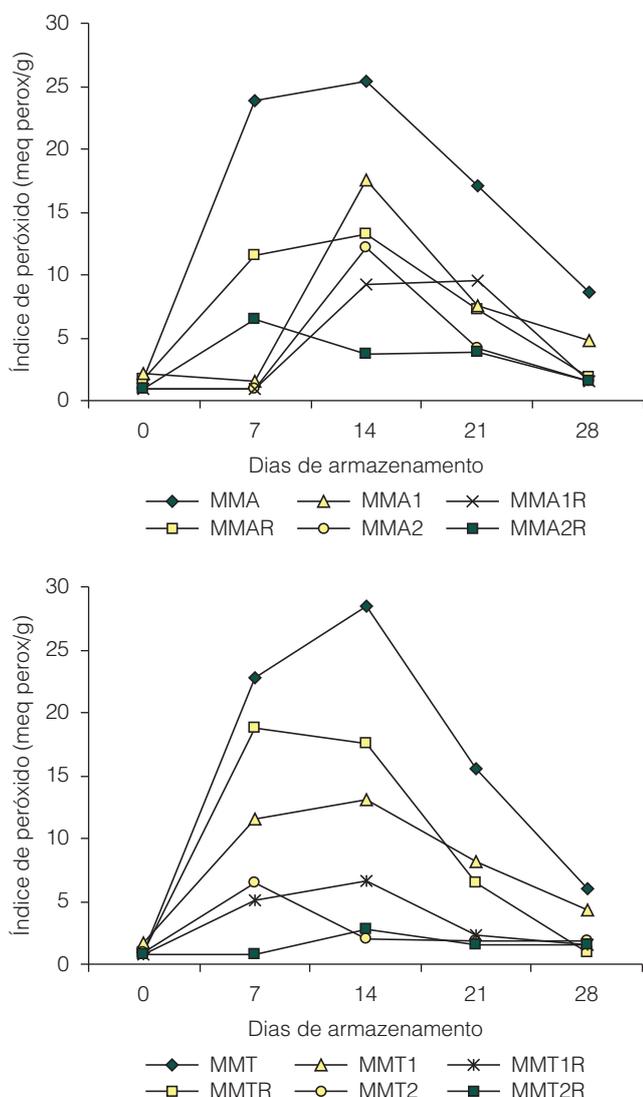
O conteúdo lipídico de um alimento é importante para determinar as reações disponíveis para as transformações químicas que resultam em oxidação (FENNEMA, 1993). Assim, alimentos com conteúdo lipídico relativamente alto e baixo teor de umidade, como é o caso das multimisturas contendo farelo de arroz, estariam mais susceptíveis à rancificação de gorduras e outras alterações de caráter oxidativo ou de enzimas lipolíticas, visto que o conteúdo lipídico presente nele foi cinco vezes maior que no farelo de trigo (SILVA e SANCHES, 2006).

Os resultados deste estudo refletiram perfeitamente este risco, pois as multimisturas que continham farelo de arroz (17,6% de lipídios) apresentaram valores de acidez total, acidez alcoólica, índice de peróxido mais elevados, em média, 61, 50 e 26% respectivamente, comparativamente com as multimisturas que continham farelo de trigo (4,4% de lipídios) e conseqüentemente menor pH, em média 1,5%. Cabe salientar que o farelo de arroz utilizado nas multimisturas não era desengordurado, conforme a forma usual de preparo de multimisturas por entidades sociais na região. Estes resultados indicam que o emprego deste para melhorar o aporte de ácidos graxos essenciais e outros compostos essenciais da fração lipídica não é interessante quando o produto não for consumido após o preparo ou armazenado em condições que dificultem o processo oxidativo. Neste sentido, a refrigeração mostrou uma tendência a diminuir o índice de peróxidos em relação às multimisturas mantidas em temperatura ambiente.

O conjunto dos resultados dos índices de acidez total, acidez alcoólica e índice de peróxidos sugerem que pequenos abaixamentos na temperatura de armazenamento são suficientes para contribuir com a diminuição da velocidade das reações de deterioração, decorrente de atividade enzimática e/ou reações de oxidação química. Este comportamento não foi verificado nas multimisturas que continham a microalga *Spirulina platensis* que não apresentaram melhora na conservação quando comparadas com as multimisturas padrão (sem a microalga).

### 3.2 Digestibilidade proteica *in vitro*

O comportamento da digestibilidade proteica de um alimento pode ser afetado pela característica inerente da fonte proteica, pela associação com outros componentes da formulação ou pelas condições de preparo e conservação (BRÜCHMAM, 1979; SGARBIERI, 1996). No caso deste trabalho, foi avaliada como um



**Figura 3.** Variação do índice de peróxido ao longo do armazenamento das multimisturas à base de farelo de arroz (a) e farelo de trigo (b). MMA: multimistura à base de farelo de arroz; MMT: multimistura à base de farelo de trigo; R: refrigerada; 1 e 2: acrescida de 1 e 2% de *Spirulina platensis*, respectivamente.

## Estudo da conservação de multimisturas enriquecidas com a microalga *Spirulina platensis*

MACHADO, V. G. et al.

indicativo indireto do efeito da presença de *Spirulina platensis* nas multimisturas, pois ao prevenir a oxidação poderia limitar a formação de ligações cruzadas entre proteínas e outros nutrientes alterados pelas degradações químicas (VONSHAK, 1997).

Na Tabela 4 estão os resultados médios da análise de digestibilidade proteica e os coeficientes de variação entre os dois estudos, determinados ao longo do armazenamento, pelos quais é possível verificar uma tendência de aumento ao longo do tempo, tanto nas multimisturas mantidas sob refrigeração como em temperatura ambiente, possivelmente em consequência de acréscimo de umidade, ação microbiana e outros fatores não estimados (CABRAL e ALVIM, 1981).

Os valores mais elevados de digestibilidade foram encontrados no 2º estudo, sugerindo que o aumento da umidade, 2 vezes maior que no 1º estudo, esteja diretamente relacionado com a melhora da digestibilidade. Além disto, este teor de umidade mais elevado também poderia ter causado uma proliferação microbiana maior em relação ao 1º estudo, o que também diminuiu o período de vida útil das multimisturas.

As multimisturas que continham farelo de arroz na sua formulação apresentaram valores de digestibilidade mais elevados, em relação às formuladas com farelo de trigo, em média 26%. Feddern et al. (2008b) avaliaram a digestibilidade de multimisturas de composição semelhante, porém sem *Spirulina platensis*, e também verificaram valores de digestibilidade superiores para as multimisturas com farelo de arroz. Os autores encontraram valores de digestibilidade em torno de 10% superiores nas multimisturas com farelo de arroz na formulação, quando comparadas às multimisturas com farelo de

trigo. O armazenamento sob refrigeração não afetou a digestibilidade.

A presença da microalga nas multimisturas que continham farelo de arroz diminuiu a digestibilidade, porém este fato não foi observado para as multimisturas com farelo de trigo. Um estudo realizado por Marco (2008), empregando estas mesmas formulações para avaliar biologicamente o efeito de adição da microalga, mostrou que estas não ocasionavam alterações nos valores de digestibilidade *in vivo*.

## 4 Conclusões

As multimisturas formuladas com farelo de arroz apresentaram, em média, valores de acidez total, acidez alcoólica e índice de peróxido 160, 100 e 26%, respectivamente, superiores às formuladas com farelo de trigo ao longo do armazenamento e mesmo às preparadas empregando *Spirulina platensis* como ingrediente. O armazenamento sob refrigeração aumentou, em média, onze dias o período de conservação das multimisturas à base de farelo de trigo e cinco dias para as contendo farelo de arroz, independentemente do conteúdo de microalga, considerando a estabilidade dos indicadores químicos avaliados (diferenças estatisticamente significativas ao longo dos experimentos). A adição da *Spirulina platensis* como agente conservador em multimisturas não apresentou resultados promissores para aumentar a vida útil, nos níveis do estudo, quando esta é estimada pelo índice de peróxidos. A refrigeração e o componente principal da formulação (tipo de farelo) apresentaram influência mais definida nas alterações verificadas.

## Referências

- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 451, de 19 de setembro de 1997. Princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 jul. 1998. Seção 1.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1, p. 368-369.
- BÜCHMANN, N. B. In vitro digestibility of protein barley and others cereals. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 30, n. 6, p. 538-589, 1979.
- CABRAL, A. C. D.; ALVIM, D. D. Alimentos desidratados: conceitos básicos para sua embalagem e conservação. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 1-65, 1981.
- CARVALHO, R. D. S.; SANTANA, L. R. R.; LIMA, M. G. C.; LIMA, M. A. P.; BORGES, N. O. L.; LEITE, C. C.; SANT'ANNA, M. E. B.; SANTOS, C. S.; CONCEIÇÃO, M. F. B. Caracterização e estudo

**Tabela 4.** Variação da digestibilidade das multimisturas durante o estudo de avaliação da conservação em dois experimentos.

Multimisturas**	Digestibilidade proteica* (%) [CV%]		
	Dia da formulação	Após formulação	
		14 dias	28 dias
MMA	68,5 <sup>a</sup> [4,9]	72,0 <sup>a</sup> [3,3]	97,6 <sup>b</sup> [5,5]
MMAR	68,5 <sup>a</sup> [2,4]	70,2 <sup>a</sup> [1,7]	97,0 <sup>b</sup> [6,3]
MMA1	60,0 <sup>a</sup> [1,1]	69,7 <sup>b</sup> [1,8]	80,0 <sup>c</sup> [15,0]
MMA2	46,6 <sup>a</sup> [2,8]	60,9 <sup>b</sup> [1,7]	56,1 <sup>b</sup> [11,3]
MMA1R	55,7 <sup>a</sup> [3,1]	72,2 <sup>b</sup> [2,7]	81,2 <sup>c</sup> [18,3]
MMA2R	44,9 <sup>a</sup> [2,2]	55,4 <sup>b</sup> [2,6]	59,8 <sup>b</sup> [6,7]
MMT	45,9 <sup>a</sup> [1,9]	46,1 <sup>a</sup> [2,5]	71,2 <sup>b</sup> [12,7]
MMTR	45,9 <sup>a</sup> [2,3]	52,6 <sup>b</sup> [3,6]	73,3 <sup>c</sup> [10,4]
MMT1	40,4 <sup>a</sup> [15,6]	48,6 <sup>b</sup> [10,8]	62,3 <sup>c</sup> [30,5]
MMT2	32,0 <sup>a</sup> [11,2]	46,9 <sup>b</sup> [8,8]	44,6 <sup>b</sup> [13,1]
MMT1R	27,4 <sup>a</sup> [7,6]	50,5 <sup>b</sup> [3,5]	68,2 <sup>c</sup> [43,6]
MMT2R	33,0 <sup>a</sup> [9,7]	46,2 <sup>b</sup> [12,9]	44,9 <sup>b</sup> [12,7]

\*Letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). \*\*MMA: multimistura à base de farelo de arroz; MMT: multimistura à base de farelo de trigo; R: refrigerada; 1 e 2: acrescida de 1 e 2% de *Spirulina platensis*, respectivamente.

**Estudo da conservação de multimisturas enriquecidas com a microalga *Spirulina platensis***MACHADO, V. G. *et al.*

- de estabilidade de multimistura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1998.
- COLLA, L. M.; FURLONG, E. B.; COSTA, J. A. V. Antioxidant properties of *Spirulina platensis* cultivated under different temperature and nitrogen regimes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 50, n. 1, p. 161-167, 2007.
- CUNIFF, P. (Ed.). In: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC**. 16 ed. Washington, 2000.
- FEDDERN, V.; FURLONG, E. B.; SOARES, L. A. S. Biological response to different diets of fermented and unfermented mixtures of flour and cereal brans. **International Journal of Food Science and Technology**, London, v. 43, n. 11, p. 1945-1952, 2008a.
- FEDDERN, V.; PINTO, S. S.; NOGUEIRA, K. A.; FURLONG, E. B.; SOARES, L. A. S. Influência da composição e da fermentação nas propriedades físico-químicas e nutricionais de multimisturas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 11, n. 2, p. 128-133, 2008b.
- FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza: Acríbia, 1993.
- FRANCO, B. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2004. p. 91-107.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 3 ed. São Paulo, 1985. 371 p.
- LABUZA, T. P. Kinetics of lipid oxidation in foods. **Critical Reviews in Food Technology**, Cleveland, v. 2, n. 3, p. 355-405, 1971.
- MADRUGA, M. S.; CAMARA, F. S. The chemical composition of "Multimistura" as a food supplement. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 68, n. 1, p. 41-44, 2000.
- MARCO, P. L. **Avaliação da biodisponibilidade de ferro e proteínas em multimisturas suplementadas com *Spirulina platensis***. Rio Grande, 2008. 121 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande - FURG.
- MIRANDA, M. S.; CINTRA, R. G.; BARROS, S. B. M.; MANCINI FILHO, J. Antioxidant activity of the microalga *Spirulina maxima*. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 31, n. 8, p. 1075-1079, 1998.
- SACCHET, F. S.; FARIA, A. F.; VASCONCELLOS, D. G. V.; SOUZA-SOARES, L. A.; BADIALE-FURLONG, E. Avaliação nutricional de multimisturas: efeito de um processo fermentativo. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 4, p. 7-13, 2006.
- SGANZERLA, J.; LORENZ, J. G.; PORTO, M. R. A. **Estudo do tempo de vida útil de multimisturas sob diferentes condições de armazenamento**. Rio Grande, 2006. 64 p. (Monografia) - Universidade Federal do Rio Grande - FURG.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradação, modificação**. São Paulo: Varela, 1996. 517 p.
- SILVA, M. A.; SANCHES, C.; AMANTE, E. R. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 75, n. 4, p. 487-491, 2006.
- SILVEIRA, C.; FURLONG, E. B. Caracterização de compostos nitrogenados presentes em farelos fermentados em estado sólido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 805-811, 2007.
- VIZEU, V. E.; FEIJÓ, M. B.; CAMPOS, R. C. Determinação da composição mineral de diferentes formulações de multimistura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 254-258, 2005.
- VONSHAK, A. ***Spirulina platensis* (Arthrospira): physiology, cell-biology and biotechnology**. London: Ed. Taylor and Francis, 1997. p. 1-15.