

Arroz e café: propriedades viscoamilográficas de misturas extrusadas de baixo valor comercial para uso na alimentação

Rice and coffee: pasting properties of extruded mixtures of low commercial value for use in food

Autores | Authors

✉ Reginaldo Ferreira da SILVA

Emater-Acre
Av. Nações Unidas, 2.604
Estação Experimental
CEP: 69912-600
Caixa Postal: 462
Rio Branco/AC - Brasil
e-mail: reginaldo.alimentos@gmail.com

Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga PEREIRA

Universidade Federal de Lavras (UFLA)
e-mail: rosegfa@ufla.br

Jose Luis Ramirez ASCHERI

Embrapa Agroindústria de Alimentos
e-mail: ascheri@ctaa.embrapa.br

Diego Palmiro Ramirez ASCHERI

Universidade Estadual de Goiás (UEG)
e-mail: ascheridpr@uol.com.br

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 10/03/2010
Aprovado | Approved: 29/10/2010

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do processo de extrusão sobre as características de viscosidade de misturas de matérias-primas consideradas de baixo valor comercial: farinha de quirera de arroz com pó de café obtido por torra tradicional. A influência das variáveis independentes – umidades da mistura (16, 18 e 20%), temperatura de extrusão na terceira zona de aquecimento do barril da extrusora (140, 160 e 180 °C) e três percentuais de pó de café na mistura com a farinha de quirera de arroz (10, 15 e 20%) – foi analisada. Os resultados obtidos mostraram que as três variáveis influenciaram significativamente as propriedades viscoamilográficas (inicial, máxima e final) das misturas extrusadas. Entretanto, a umidade e o percentual de pó de café na mistura foram as variáveis que mais influenciaram a viscosidade de pasta, principalmente a viscosidade inicial, que chegou a mostrar valor de zero unidade centipoise (cP) quando as amostras foram processadas com os maiores percentuais de umidade e de pó de café na mistura: 21,36 e 23,41%, respectivamente. Este comportamento pode ser atribuído à composição centesimal do pó de café, já que o mesmo apresenta alto teor de lipídeos e fibras totais. Porém, esta característica não impede que a farinha pré-cozida possivelmente possa ser utilizada como ingrediente na elaboração de derivados de panificação para uso na alimentação humana.

Palavras-chave: Mistura pré-cozida; Viscosidade de pasta; Novos produtos.

Summary

The objective of this study was to evaluate the effect of extrusion on the viscosity characteristics of mixtures of raw materials considered to be of low commercial value: broken rice flour with ground coffee beans obtained by traditional roasting. The influence of the independent variables, moisture content of the mixture (16, 18 and 20%), extrusion temperature in the third heating zone of the extruder barrel (140, 160 and 180 °C) and three percentages of powdered coffee in the mixture with the broken rice flour (10, 15 and 20%), was analyzed. The results showed that the three variables significantly influenced the pasting properties (initial, maximum and final). However, the moisture and the percentage of ground coffee in the mixture were the variables that most influenced the pasting viscosity, especially the initial viscosity, which even showed a value of zero centipoise (cP) when the samples were processed with the highest percentages of moisture and ground coffee in the mixture, 21.36 and 23.41%, respectively. This behaviour can be attributed to the chemical composition of the ground coffee, since it has high lipid and dietary fibre contents. However, this feature does not prevent the pre-cooked meal from being used as an ingredient in the preparation of bakery products for use in food for humans.

Key words: Pre-cooked mixture; Pasting viscosity; New products.

Arroz e café: propriedades viscoamilográficas de misturas extrusadas de baixo valor comercial para uso na alimentação

SILVA, R. F. et al.

1 Introdução

A extrusão é um processo de cozimento e formatação desenvolvido na década de 1960 para dar uma funcionalidade física e química aos produtos alimentícios. Atualmente, parâmetros tecnológicos do amido considerados importantes para a indústria como índice de expansão, absorção, solubilidade e viscosidade de pasta têm sido utilizados como alternativa na avaliação do aproveitamento ou da diversificação de produtos e subprodutos para consumo humano. Além dos efeitos tecnológicos, a extrusão, na maioria dos casos, propicia efeitos benéficos de ordem nutricional ou funcional, uma vez que viabiliza o processamento de misturas de diferentes fontes de proteínas, fibras e outros nutrientes.

Segundo Chang e Lii (1992), a extrusão termoplástica tem sido explorada como processo alternativo às modificações químicas tradicionais, as quais são usualmente desenvolvidas em meio aquoso e geram grande volume de resíduos de difícil reciclagem. Para Nabeshima e Grossmann (2001), a extrusão é uma tecnologia vantajosa de alta versatilidade e eficiência, baixo custo, alta produtividade, curto tempo de reação e ausência de geração de resíduos.

O arroz constitui, na atualidade, um dos cereais básicos da dieta humana, representando aproximadamente 20% da ingestão mundial de energia e 15% do aporte de proteína. O Brasil é o maior produtor de arroz da América Latina e o décimo maior produtor mundial (FAO, 2004), com produção anual de aproximadamente 11 milhões de toneladas.

Durante o beneficiamento do arroz, são produzidos em média 14% de grãos quebrados, classificados como quirera. Para os engenhos de beneficiamento, assim como para a indústria arroseira, esse fato é um problema econômico, tendo em vista que o valor da quirera representa apenas a quinta parte daquele obtido na comercialização do grão inteiro. Porém, esse subproduto contém a mesma composição centesimal média do grão inteiro, além de ser uma fonte rica em amido (SILVA, 2006).

Por outro lado, a cadeia produtiva do café é um dos mais importantes complexos agroindustriais do país. O café é produzido em cerca de 1700 municípios, abrangendo aproximadamente trezentas mil unidades produtivas; proporciona sete milhões de empregos diretos e indiretos, contribuindo para fixação do homem no campo (CARVALHO, 2003).

Aos fatores pós-colheita do café tem sido atribuída grande parte da influência negativa em relação à sua qualidade. Segundo Segges (2001), os defeitos que se apresentam no café beneficiado e que influenciam a cor, o formato e o desenvolvimento dos grãos (grãos pretos,

ardidos, verdes, chochos, mal granados, quebrados e brocados), têm sua origem no cafeeiro ou durante a pós-colheita. Coelho e Pereira (2002) citam que a influência desses defeitos é prejudicial para a cor, a torração e, principalmente, para o sabor da bebida.

A média da produção nacional de grãos de cafés é do tipo 7/8 (260 defeitos). Entretanto, a exportação está priorizando cafés do tipo 3 (12 defeitos). Estimando-se que o peso dos defeitos represente uma perda de até 20%, para uma exportação de 23 milhões de sacas, nesse caso, 4,6 milhões de sacas deixariam de ser exportadas e certamente comercializadas no Brasil. Nesse sentido, existe a necessidade de se encontrarem processos e produtos alternativos que visem à industrialização dos cafés de menor valor comercial considerados de qualidade inferior, principalmente, os que são processados com altos percentuais de defeitos como medida para que não haja perda de quantidade e de qualidade (ASCHERI, 2004).

Vários trabalhos utilizando o processo de extrusão têm sido realizados com o objetivo de aproveitar ou agregar valor a fontes de alimentos que apresentam potencial nutritivo e funcional, mas que, na maioria dos casos, são desperdiçados ou não são utilizados para outra finalidade. Como exemplos mais recentes desses produtos, podem-se citar as farinhas pré-gelatinizadas de arroz com casca de jabuticaba (ASCHERI et al., 2006); sopa instantânea à base de amaranto integral e quirera de arroz (MENDONÇA, 2005); macarrão pré-cozido à base de quinoa integral e arroz (BORGES et al., 2003); farinha pré-cozida de milho e soja (FERNANDES, 2002); farinhas instantâneas elaboradas à base de milho, caseína e extrato de leveduras (ALVIM, 2001) e mingaus de arroz com casca de soja (MAIA et al., 1999), entre outros.

A viscosidade de pasta tem sido uma ferramenta importante para verificar indiretamente os efeitos do tratamento térmico ao qual o alimento foi submetido. Por esse processo, também se pode verificar a influência do material que substituiu a fração amilácea nas misturas. A viscosidade também permite estabelecer critérios de qualidade do alimento quando à fração acrescentada; neste caso, o pó de café, que apresenta quantidade e estrutura molecular diferente dos carboidratos que constituem os amidos (amilose e amilopectina) presentes no grão de arroz (ASCHERI, 2004).

Altos teores de fibras, além de cadeias de polímeros complexos presentes na composição de alguns alimentos, fazem diferença nos testes de viscosidade de pasta de matérias misturadas com amiláceos. Em consequência disso, o presente trabalho teve por objetivo estudar o comportamento da viscosidade de pasta de farinhas pré-cozidas por extrusão, elaboradas a partir da mistura de matérias-primas consideradas de qualidade inferior (quirera de arroz + pó de café obtido

Arroz e café: propriedades viscoamilográficas de misturas extrudadas de baixo valor comercial para uso na alimentação

SILVA, R. F. et al.

por torra tradicional), para, possivelmente, ser utilizada como ingrediente na elaboração de alimentos com sabor café, mas que necessitam de certa viscosidade em sua composição sensorial, como iogurtes, bebidas lácteas, entre outros, ou até mesmo produtos de panificação, como bolos, biscoitos, etc.

2 Material e métodos

2.1 Material e preparo da matéria-prima

Neste trabalho, foram utilizados grãos de arroz quebrados (*quirera*) embalados em dez sacos plásticos de 5,0 kg, totalizando 50 kg. O café torrado e moído, obtido por torra tradicional (escura) segundo especificação do fabricante, estava embalado em sacos de 500 g, totalizando 6,0 kg. As matérias-primas utilizadas nesta pesquisa foram adquiridas no comércio de Campo Grande-RJ. A escolha das matérias-primas foi baseada no fato de ambas apresentarem baixo valor de comercialização, não obtendo o mesmo preço pago pelas consideradas de qualidade. O aspecto da *quirera* de arroz (arroz quebrado) prejudica apenas a aparência do produto, já que apresenta a mesma composição centesimal que os grãos de arroz inteiro. Porém, o pó de café obtido da mistura de grãos defeituosos, principalmente os verdes, pretos e ardidos, além de prejudicar a torração e o aspecto, deprecia a qualidade da bebida.

A análise de composição centesimal das matérias-primas foi realizada somente para saber o teor médio de alguns componentes principalmente fibras, lipídeos e proteínas, aos quais é atribuída grande influência no comportamento da viscosidade de pasta. A metodologia utilizada na análise de composição centesimal seguiu os critérios recomendados pela AOAC (HOROWITZ, 2000).

Os resultados obtidos mostraram uma composição média em g.100 g⁻¹ de amostra do pó de café e da farinha de arroz utilizados neste experimento de 4,89 g e 12,44 g de umidade, 11,60 g e 0,69 g de lipídeos, 15,75 g e 7,32 g de proteína bruta, 62,92 g e 79,08 g de carboidratos totais, 4,84 g e 0,47 g de cinzas, 14,22 g e 1,57 g de fibras totais, para o pó de café e a *quirera* de arroz, respectivamente.

A moagem da *quirera* de arroz para obtenção da farinha foi realizada em moinho de facas e martelo,

utilizando uma peneira com abertura de 1 mm de diâmetro. As embalagens de pó de café foram abertas e o mesmo foi submetido a uma nova moagem utilizando a mesma peneira em que foi moída a farinha de *quirera* de arroz, com o objetivo de homogeneizar ao máximo o tamanho de partículas de ambas as matérias-primas para, em seguida, realizar as misturas nas proporções estabelecidas.

As misturas (*quirera* de arroz + pó de café) foram preparadas conforme delineamento experimental proposto na Tabela 1 e submetidas ao processo de extrusão utilizando as seguintes variáveis: umidade, temperatura e percentual de pó de café na mistura com arroz, conforme Tabela 2.

2.2 Processo de extrusão

O processo de extrusão da mistura do pó de café com a farinha de arroz foi realizado em uma extrusora monorroscas, marca Brabender, modelo 20 DN, com sistema de extrusão por fricção mecânica, sistema de refrigeração a ar para controle de temperatura na camisa de extrusão, velocidade variável do parafuso com capacidade de produção de 10 kg.h⁻¹. Os parâmetros com variáveis fixas foram temperatura de extrusão na 1ª e na 2ª zonas, 60 e 120 °C, respectivamente; largura do parafuso (10 mm); diâmetro da matriz (3 mm); taxa de compreensão da rosca (3:1), e taxa de alimentação (16 g.min⁻¹).

2.3 Pós-extrusão

Os extrusados foram submetidos à desidratação em estufa a 50 °C por 15 h, sendo em seguida resfriados e moídos em moinho de discos da marca Perten, modelo 3.600, com peneira de 0,5 mm, etiquetados e armazenados em saquinhos plásticos sob refrigeração em freezer com temperatura ao redor de -18 °C, até o início das análises.

2.4 Análise de viscosidade de pasta das farinhas pré-cozidas

2.4.1 Viscosidade inicial (VI), Viscosidade máxima (VM) e Viscosidade final (VF)

A análise da viscosidade foi realizada em triplicata. Seguiu-se a metodologia proposta por Ascheri et al.

Tabela 1. Níveis das variáveis independentes utilizadas para o processamento das misturas de farinha de arroz com pó de café por extrusão termoplástica.

Variável	Nível				
	-1,682	-1	0	+1	+1,682
X1	14,63	16	18	20	21,36
X2	126,36	140	160	180	193,64
X3	6,59	10	15	20	23,41

X₁= Umidade da mistura da farinha de arroz com o pó de café (%); X₂= Temperatura da 3ª zona de aquecimento (°C); X₃= Percentual da adição de pó de café na mistura com a farinha de arroz (%).

Arroz e café: propriedades viscoamilográficas de misturas extrusadas de baixo valor comercial para uso na alimentação

SILVA, R. F. et al.

Tabela 2. Delineamento completo do desenho experimental para extrusão de farinha de arroz com pó de café.

(E)	Níveis codificados das variáveis			Níveis decodificados das variáveis		
	X ₁	X ₂	X ₃	M (%)	T (°C)	U (%)
1	-1,00	-1,00	-1,00	10	140	16
2	-1,00	-1,00	1,00	10	140	20
3	-1,00	1,00	-1,00	10	180	16
4	-1,00	1,00	1,00	10	180	20
5	1,00	-1,00	-1,00	20	140	16
6	1,00	-1,00	1,00	20	140	20
7	1,00	1,00	-1,00	20	180	16
8	1,00	1,00	1,00	20	180	20
9	-1,68	0,00	0,00	15	160	18
10	+1,68	0,00	0,00	15	160	18
11	0,00	0,00	0,00	15	160	18
12	0,00	0,00	0,00	15	160	18
13	-1,68	0,00	0,00	15	160	14,63
14	+1,68	0,00	0,00	15	160	21,36
15	0,00	-1,68	0,00	15	126,36	18
16	0,00	+1,68	0,00	15	193,64	18
17	0,00	0,00	-1,68	6,59	160	18
18	0,00	0,00	+1,68	23,41	160	18

X1, X2 e X3 = Níveis codificados. E = Ensaios. X1 = Mistura, M (%); X2 = Temperatura, T (°C); X3 = Umidade, U (%).

(2006). Foi utilizado o equipamento RVA (Rapid Visco Analyzer 4, Newport Scientific PTY LTD, Sydney, Austrália) (Newport Scientific 1998) e suspensões de amido (2,5 g de amido em 25 mL de água), corrigidas para a base de 14% de umidade. As propriedades de pasta foram avaliadas de acordo com a seguinte programação: 50 °C, por 1 min; aquecimento de 50 a 95 °C, a uma taxa de 6 °C.min⁻¹; manutenção da pasta a 95 °C, por 5 min, e resfriamento de 95 a 50 °C, a uma taxa de 6 °C.min⁻¹. A viscosidade foi expressa em unidades centipoise (Cp). Do gráfico obtido, foram avaliados os seguintes parâmetros da viscosidade de pasta: viscosidade inicial, viscosidade máxima (pico) e viscosidade final.

2.5 Análises estatísticas

Para analisar o efeito combinado das variáveis independentes sobre as características tecnológicas dos extrusados, estabeleceu-se um experimento estatisticamente delineado em Metodologia de Superfície de Resposta do tipo central composto rotacional de 2ª ordem (BOX et al., 1978).

O experimento foi conduzido em um delineamento fatorial completo 2³ com três fatores ou variáveis independentes (temperatura, umidade e percentual de pó de café na mistura). As faixas entre o limite inferior e o superior, para cada variável analisada, foram determinadas por testes preliminares.

A significância do modelo foi testada pela análise de variância (ANOVA) usando o teste de distribuição F, segundo o qual um modelo de regressão é significativo

em certo nível de significância quando o valor do teste de distribuição F calculado for maior ou igual ao do teste F tabelado neste nível de significância. Quanto maior o teste F calculado, mais preditivo é o modelo (BOX e DRAPER, 1987).

O processamento dos dados e a análise estatística foram elaborados com o auxílio do programa computacional STATSOFT (1996).

3 Resultados e discussão

3.1 Viscosidade de pasta (VP)

Neste estudo, foram avaliados três parâmetros de viscosidade de pasta das misturas extrusadas de farinha de arroz com pó de café: viscosidade inicial (VI); viscosidade máxima (VM) e viscosidade final (VF).

A viscosidade de pasta das amostras foi determinada por um equipamento do tipo *Rapid Visco Analyser*, permitindo, assim, verificar de forma indireta o grau de cozimento das misturas pré-cozidas durante o processo de extrusão. Nos últimos anos, esta técnica é a mais utilizada para caracterizar amidos e produtos à base de amido, e o efeito das modificações sobre estes materiais. Na Tabela 3, estão apresentados os resultados das viscosidades analisadas.

3.2 Viscosidade inicial (VI)

Os resultados da análise de variância (ANOVA) do modelo proposto neste experimento para viscosidade inicial (VI) estão descritos na Tabela 4.

Arroz e café: propriedades viscoamilográficas de misturas extrusadas de baixo valor comercial para uso na alimentação

SILVA, R. F. et al.

Tabela 3. Efeitos da extrusão termoplástica sobre as variáveis dependentes e sua influência sobre a viscosidade de pasta das misturas de farinhas pré-cozidas de arroz com pó de café.

(E)	Variáveis independentes			Variáveis dependentes		
	U	T	M	Viscosidade de pasta em unidades Centipoise (Cp)		
				VI	VM	VF
1	16	140	10	121	526	336
2	20	140	10	87	361	415
3	16	180	10	103	396	313
4	20	180	10	40	405	422
5	16	140	20	26	209	174
6	20	140	20	31	188	203
7	16	180	20	41	190	181
8	20	180	20	33	138	164
9	18	160	15	31	250	244
10	18	160	15	14	231	248
11	18	160	15	45	242	234
12	18	160	15	44	211	190
13	14,63	160	15	2	207	185
14	21,36	160	15	0	187	222
15	18	126,36	15	68	236	234
16	18	193,64	15	66	267	287
17	18	160	6,59	125	370	477
18	18	160	23,41	0	103	113

(E)= Ensaios. U= Umidade (%); T= Temperatura (C); M= Mistura; VI= Viscosidade inicial; VM= Viscosidade máxima; VF= Viscosidade final.

Tabela 4. Análise de variância para o modelo de regressão quadrática da viscosidade inicial (VI) a 25 °C dos extrusados de farinha de arroz com pó de café obtido por análise de superfície de resposta.

Fonte de variação	Soma quadrática	GL	Média quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	61748,816	9	6860,980	8,088	3,388*
Resíduos	6786,128	8	848,266	-	-
Falta de ajuste	6157,128	5	1231,426	5,873	9,013 ^{n.s.}
Erro puro	629,000	3	209,667		
Total	68534,944	17	-	-	-

* Significativo no nível de 95% de probabilidade ($p < 0,05$); n.s. = não significativo.

Observa-se que a variação devido à regressão foi estatisticamente significativa no nível de confiança de 95% ($p < 0,05$), mostrando um valor de coeficiente de determinação (R^2) de 0,90098, explicando, assim, 90,098% da variação total da variável resposta em torno da média; 9,902% foram atribuídos aos resíduos. Não foi evidenciada a falta de ajuste do modelo proposto aos dados experimentais, tendo em vista que essa variação não apresentou significância.

No diagrama de pareto (Figura 1), estão apresentadas as estimativas dos efeitos lineares, quadráticos e a interação das variáveis independentes a 95% de probabilidade.

Observa-se que apenas as variáveis T, U^2 e a interação $U \times T$ não apresentaram significância no nível de $p < 0,05$; as demais variáveis contribuíram com relevância

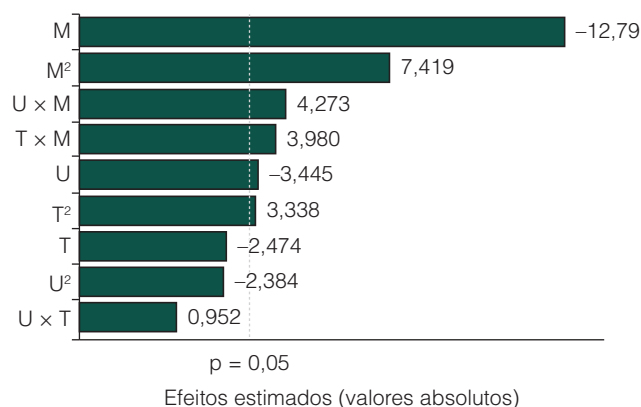


Figura 1. Estimativa dos efeitos lineares e quadráticos das variáveis umidade (U), temperatura (T) e mistura (M) no valor de viscosidade inicial (VI) dos extrusados de farinha de arroz com pó de café.

Arroz e café: propriedades viscoamilográficas de misturas extrusadas de baixo valor comercial para uso na alimentação

SILVA, R. F. et al.

de forma negativa ou positiva na variação do ajuste do modelo utilizado. Neste sentido, as variáveis lineares M e U e as quadráticas M^2 e T^2 e suas respectivas interações $U \times M$ e $T \times M$ foram significativas no nível de $p < 0,05$. Entretanto, a variável que mais afetou a VI foi a M na forma linear negativa, indicando que a variação do valor de VI é inversamente proporcional à percentagem do pó de café na mistura.

Efeitos positivos foram observados para as variáveis quadráticas M^2 , T^2 e suas interações $U \times M$ e $T \times M$. A influência positiva da M^2 foi a que apresentou maior magnitude, indicando, assim, que a variação no valor de VI a 25 °C foi diretamente proporcional aos percentuais de pó de café na mistura, ou seja, quanto menor o valor de pó de café na mistura, maior o valor de viscosidade.

Essa influência pode ser melhor visualizada na Tabela 3, mostrando que a viscosidade inicial (VI), ou seja, a viscosidade a frio, apresentou valores mais elevados quando as amostras foram extrusadas a temperaturas entre 140 e 160 °C, umidade de 16 a 18% e menores percentuais de pó de café na mistura (6,59 e 10%), resultando em valores de viscosidade de 121 e 125 unidades centipoise, respectivamente.

Quando as amostras foram extrusadas com valores máximo e mínimo de umidade (21,36 e 14,69%) e temperatura de 160 °C para ambos os tratamentos, os menores valores de viscosidade inicial apresentaram pico muito baixo (2 unidades centipoise) ou até mesmo ausência de pico (0 unidades centipoise). Observações semelhantes em relação ao comportamento de viscosidade de pasta são citadas por Ascheri et al. (2006), extrusando farinha de arroz com casca de jabuticaba, e Mendonça (2005), extrusando farinha de quirera de arroz com amaranto integral, ou seja, com casca. Os autores observaram que altos valores de VI ocorreram quando amostras foram extrusadas com baixos valores de umidade e temperaturas, ou com altos percentuais de umidades e altas temperaturas.

Segundo Fellows (2002), o efeito da umidade na viscosidade inicial pode ser explicado pela influência do alto teor de água no meio, evitando, assim, menor ocorrência de degradação mecânica dos grânulos de amido e resultando, portanto, em altos valores de

viscosidade. Porém, condições severas de tratamento podem resultar em degradação irreversível da estrutura granular do amido, produzindo componentes de baixo peso molecular (dextrinas e maltodextrinas) e diminuindo a capacidade de absorção e, conseqüentemente, de VI. Porém, o mecanismo mais provável para explicar a ocorrência dos baixos valores de VI das amostras extrusadas é o fato de que a estrutura molecular das fibras presentes e em alto teor no pó de café é resistente o suficiente para não ser quebrada e, dessa forma, influenciar na mistura pré-cozida como um todo, resultando em baixos valores de VI.

3.3 Viscosidade máxima (VM)

Quando uma amostra de amido nativo é submetida ao teste de RVA, a sua viscosidade máxima é bastante peculiar; na maioria dos casos, alta. Porém, numa mistura de alimentos, como a proposta neste trabalho, o comportamento da viscosidade é influenciada pelo teor de constituintes químicos diferenciados presentes no arroz e no café, como teor de lipídeos, proteínas e principalmente fibras.

Os resultados da análise de variância (ANOVA) do modelo aplicado para esta variável estão apresentados na Tabela 5.

A variação devida à regressão foi significativa estatisticamente no nível de confiança de 95% ($p < 0,05$), apresentando um valor de coeficiente de determinação (R^2) de 0,8307, explicando 83,07% da variação total da variável resposta em torno da média, sendo 16,593% atribuídos aos resíduos. Observa-se evidência da falta de ajuste do modelo aos dados experimentais, uma vez que a variação devido à falta de ajuste é estatisticamente significativa.

Na Figura 2 (diagrama de pareto), observa-se que as variáveis lineares M e U e quadráticas T^2 e M^2 contribuíram significativamente ($p < 0,05$), apresentando efeitos negativos ou positivos na variação do ajuste do modelo. As demais variáveis não foram significativas no nível de ($p < 0,05$). A variável mistura linear apresentou o maior efeito negativo e, portanto, proporcionou o maior decréscimo no valor VM, seguida da variável umidade. Porém, as variáveis quadráticas T^2 e M^2 apresentaram

Tabela 5. Análise de variância para o modelo de regressão quadrática da viscosidade máxima (VM) a 95 °C dos extrusados de farinha de arroz com pó de café obtido por análise de superfície de resposta.

Fonte de variação	Soma quadrática	GL	Média quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	163770,739	9	18196,749	4,361	3,388*
Resíduos	33378,206	8	4172,276	-	-
Falta de ajuste	32521,206	5	6504,241	22,769	9,013*
Erro puro	857,000	3	285,667	-	-
Total	197148,944	17	-	-	-

* Significativo no nível de 95% de probabilidade ($p < 0,05$).

Arroz e café: propriedades viscoamilográficas de misturas extrusadas de baixo valor comercial para uso na alimentação

SILVA, R. F. et al.

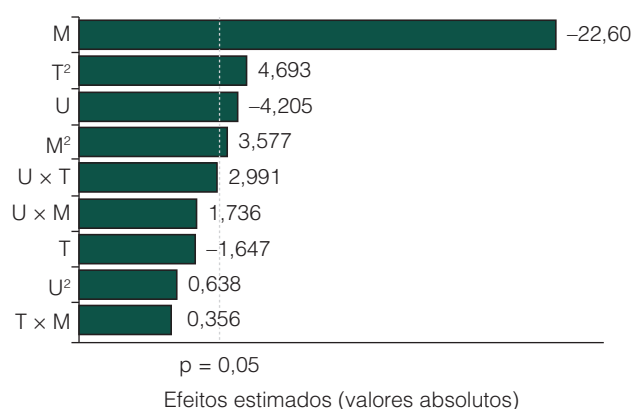


Figura 2. Estimativa dos efeitos lineares e quadráticos das variáveis umidade (U), temperatura (T) e mistura (M) no valor de viscosidade máxima (VM) dos extrusados de farinha de arroz com pó de café.

efeitos positivos, contribuindo de maneira a proporcionar o aumento de viscosidade máxima.

Na Tabela 3, levando-se em consideração somente a influência das variáveis umidade e temperatura, observa-se que ambas influenciaram de maneira semelhante os índices de VM, ou seja, à medida que se elevam a temperatura e a umidade até certo ponto (140 a 180 °C e 16 a 20%), houve uma diminuição significativa de viscosidade máxima, passando de um valor de 525 para 405 unidades centipoise (cP). Este comportamento fica mais evidente quando se observa que ambos os tratamentos foram extrusados com o mesmo percentual de pó de café na mistura 10%.

Guha e Bhattacharya (1998) afirmam que se os tratamentos não forem tão severos, determinada percentagem de grânulos de amido pode conservar parte de sua estrutura amilácea, apresentando um pico máximo no perfil amilográfico, o que representa o amido não gelatinizado ou parcialmente gelatinizado. Cabe considerar que a mistura de polímeros existente no pó de café faz com que existam diferentes comportamentos quanto à absorção de água, visto que a sua estrutura molecular é muito mais complexa e estas cadeias moleculares são mais difíceis de serem fracionadas através da extrusão. Em consequência disto, observam-se

graus de viscosidade de pasta diferenciados, segundo os tratamentos estudados.

Fischer et al. (2001) citam que as duas maiores frações que compõem os polissacarídeos não celulósicos presentes no grão de café, galactomananos e arabinogalactanos, são insolúveis em água. Os galactomananos apresentam em sua constituição uma cadeia linear de manoses unidas entre si por ligações do tipo $\beta(1\rightarrow4)$. As arabinogalactanas são formadas de cadeia principal de galactose com ligação $\beta(1\rightarrow3)$ e ramificações do tipo $\beta(1\rightarrow6)$ ligadas ao carbono 6 contendo resíduo de arabinose e/ou galactose. Estes constituintes químicos representam, aproximadamente, 20 a 30% do peso seco de grãos de café arábica e canephora. A afirmação dos autores corrobora com as evidências ocorridas nas variações da viscosidade de pasta das misturas extrusadas neste trabalho. Esse comportamento está de acordo com outros trabalhos realizados com extrusão de mistura de farinhas de arroz e quinoa integral (BORGES, 2002; SILVA, 2002); farinha de arroz e amaranto integral (MENDONÇA, 2005), e farinha de arroz e casca de jabuticaba (ASCHERI et al., 2006), misturas que foram extrusadas com alto teor de fibras totais em sua composição.

3.4 Viscosidade final (VF)

Após o aquecimento, gelatinização e resfriamento dos grânulos do amido extrusados, uma das características reconhecidamente importantes na área de alimentação, principalmente durante o armazenamento, é o processo de retrogradação, fenômeno que ocorre devido ao efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, resultando na reorganização da estrutura molecular e, conseqüentemente, no aumento da viscosidade durante o processo de resfriamento.

Na Tabela 6, estão apresentados os resultados das análises de variância (ANOVA) do modelo proposto para viscosidade final. Observa-se que a variação devido à regressão foi significativa no nível de 95% de probabilidade ($p < 0,05$), com valor de coeficiente de determinação (R^2) de 0,95781, o que explica 95,781% da variação total em relação à variável resposta em torno da

Tabela 6. Análise de variância para o modelo de regressão quadrática da viscosidade final (VF) dos extrusados de pó de café com farinha de arroz obtido por análise de superfície de resposta.

Fonte de variação	Soma quadrática	GL	Média quadrática	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	160934,813	9	17881,646	20,180	3,388*
Resíduos	7088,965	8	886,121	-	-
Falta de ajuste	4956,965	5	991,393	1,395	9,013 ^{n.s.}
Erro puro	2132,000	3	710,667	-	-
Total	160934,813	9	17881,646	20,180	-

* Significativo no nível de 95% de probabilidade ($p < 0,05$); n.s. = não significativo.

Arroz e café: propriedades viscoamilográficas de misturas extrusadas de baixo valor comercial para uso na alimentação

SILVA, R. F. et al.

média, sendo somente 4,219% atribuídos aos resíduos. Não existem evidências da falta de ajuste do modelo aos dados experimentais.

Os resultados apresentados no diagrama de pareto (Figura 3) mostram que apenas as misturas na sua forma linear (M) e quadrática (M^2) apresentaram-se significativas no nível $p < 0,05$. Todas as demais variáveis e suas interações não contribuíram para a variação do ajuste do modelo utilizado.

Os resultados da viscosidade final a 50 °C em função da interação temperatura e umidade encontram-se na Tabela 3. O maior e o menor valor de VF foram obtidos à temperatura de 160 °C e 18% de umidade para ambos os tratamentos contendo 6,59 e 23,41% de pó de café na mistura, alcançando valores de viscosidade de 477 e 113 unidades centipoise (cP), respectivamente.

Ascheri et al. (2006), extrusando diferentes percentuais de bagaço de jabuticaba na mistura com farinha de quirera de arroz, e Maia et al. (1999), extrusando mistura de trigo e casca de soja adicionada em diferentes percentuais, também evidenciaram comportamento de viscosidade de pasta semelhante aos que foram observados no presente trabalho.

O decréscimo da viscosidade final ocorreu provavelmente em virtude do aumento de fibras, açúcares e provavelmente lipídeos, devido ao incremento do pó de café na mistura.

Se alimentos que contêm altos teores de amido forem submetidos a tratamentos severos, com alta taxa de degradação da estrutura granular, o resultado será a formação de compostos de baixo peso molecular, principalmente dextrinas e maltodextrinas, podendo este resultado ser irreversível na organização da estrutura molecular do amido. Entretanto, se o conteúdo amiláceo não for totalmente degradado, existe a tendência da reaproximação das moléculas de amilose

e amilopectina entre si, resultando do aumento da viscosidade final e, conseqüentemente, no grau de retrogradação do amido. Cabe então considerar que, em alimentos contendo misturas com alto teor de fibras e lipídeos, esta retrogradação pode se comportar de maneira diferenciada tendo em vista a interferência dos polissacarídeos não celulósicos presentes no grão de café, o fato de galactomananos e arabinogalactanos serem insolúveis em água, além das moléculas de gorduras, que provavelmente exerceram influência negativa nas propriedades de pasta.

4 Conclusões

A estrutura de polissacarídeos presentes no pó de café exerceu grande influência nas propriedades de pasta das farinhas pré-cozidas, fazendo com que as mesmas apresentassem baixos valores de viscosidades ao serem comparados com propriedades de pasta de outros alimentos amiláceos puros.

À medida que a percentagem de substituição da farinha de arroz pelo pó de café na mistura diminuiu, os valores de viscosidade se elevaram.

O fato de possuir baixo valor de viscosidade nas amostras com maior teor de pó de café não prejudica a sua possibilidade de uso como ingrediente.

Apesar de ter sido usado pó de café considerado de menor valor comercial em função do processo de torra (escura) que, na maioria dos casos, é realizada para mascarar a grande quantidade de defeitos em sua mistura, vale sugerir a realização de outros trabalhos para determinar o percentual máximo ou adequado da presença de tais defeitos nas misturas a serem extrusadas. Poderia, assim, esta mistura ser utilizada sem que se afetasse a qualidade sensorial das farinhas pré-cozidas e, conseqüentemente, de seus derivados.

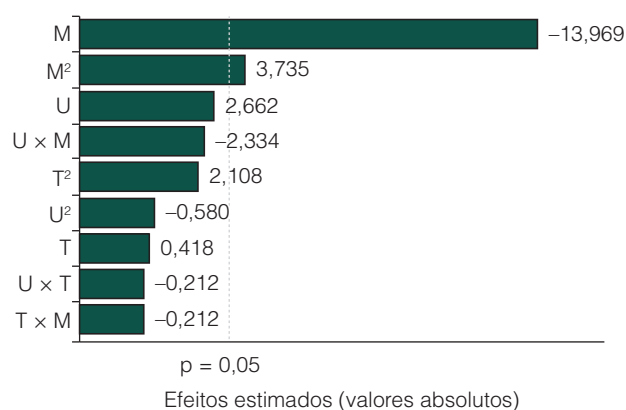


Figura 3. Estimativa dos efeitos lineares e quadráticos das variáveis umidade (U), temperatura (T) e mistura (M) no valor de viscosidade final (VF) a 50 °C dos extrusados de farinha de arroz com pó de café.

Referências

- ALVIM, I. D. **Efeito da extrusão termoplástica sobre as propriedades funcionais e nutricionais de farinhas à base de milho, caseína e derivados de levedura.** 2001. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição)—Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2001.
- ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba: efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 115-144, 2006.
- ASCHERI, J. L. R. **Projeto nº 01/2004. Alternativas Industriais do Uso de Café e Resíduos/Subprodutos no Desenvolvimento de Novos Produtos.** Rio de Janeiro: Consórcio Brasileiro de

Arroz e café: propriedades viscoamilográficas de misturas extrusadas de baixo valor comercial para uso na alimentação

SILVA, R. F. et al.

Pesquisa e Desenvolvimento do Café; Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2004. 47 p.

BORGES, J. T. S. **Elaboração de Macarrão Pré-Cozido à Base de Farinha Integral de Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e Farinha de Arroz (*Oryza sativa*, L) Utilizando o Processo de Extrusão Termoplástica**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)— Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, 2002. 115 p.

BORGES, J. T. S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E. N.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*), polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, 2003.

BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. **Empirical Model-Building With Response Surface**. New York: J. Wiley, 1987. 669 p.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis and Model Building**. New York: John Wiley & Sons, 1978.

CARVALHO, J. C. M. **Coordenação do Programa Integrado de Apoio à Cafeicultura: Prócafé**. Brasília: MAPA/SARC, 2003. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/dfpv/café.htm>>. Acesso em: ago. 2009.

CHANG, Y. H.; LII, C. Y. Preparation of starch phosphates by extrusion. *Journal of Food Science*, Malden, v. 57, n. 1, p. 203-205, 1992.

COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A. Influência de grãos defeituosos em algumas características químicas do café cru e torrado. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 375-384, 2002.

FELLOWS, P. Extrusion. In: FELLOWS, P. **Food Processing Technology: Principles and Practice**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2002. cap. 14, p. 294-308.

FERNANDES, M. S. **Misturas de Canjiquinha e Soja (80:20) e 70:30): Extrusão, Características Tecnológicas e Aplicações em Alimentos**. 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)—Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

FISCHER, M.; REIMANN, S.; TROVATO, V.; REDGWELL, R. J. Polysaccharides of green Arabica and Robusta Coffee beans. **Carbohydrate Research**, Oxford, v. 330, n. 1, p. 93-101. 2001.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Rice Around The World**. 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/rice2004>>. Acesso em: 09 de ago. 2009.

GUHA, M.; ALI, S. Z.; BHATTACHARYA, S. Effects of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyser pasting behavior of rice extrudate. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 259-266, 1998.

HOROWITZ, W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Agriculture Chemists**. 17. ed. Washington, 2000.

MAIA, L. H.; WANG, S. H.; ASCHERI, J. L. R.; CABRAL, L. C.; FERNANDES, M. S. Viscosidade de pasta, absorção de água e índice de solubilidade em água dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 391-396, 1999.

MENDONÇA, X. M. F. D. **A Extrusão Termoplástica no Desenvolvimento de Produtos Derivados de Amarantho**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos)—Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2005. 211 p.

NABESHIMA, E. H.; GROSSMANN, M. V. E. Functional properties of pregelatinized and cross-linked cassava starch obtained by extrusion with sodium trimetaphosphate. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 45, n. 4, p. 347-353, 2001.

SEGGES, J. H. **Focalizando o Café e a Qualidade**. Seropédica: UFRRJ, 2001. 124 p.

SILVA, R. F. **Extrusão Termoplástica de Farinha de Arroz com Café Torrado e Moído e Sua Utilização em Produtos de Panificação**. 2006. 166 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)—Universidade Federal de Lavras - UFLA, 2006.

SILVA, V. L. M. **Efeitos das Variáveis de Extrusão nas Características Físicas, Químicas, Sensoriais e Nutricionais da Farinha Instantânea de Misturas de Farinha de Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e Farinha de Arroz (*Oryza Sativa*, L)**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)—Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, 2002. 175 p.

STATSOFT. **Statistica for Windows** (computer program manual). Tulsa, OK, 1996. 1 CD-ROM.