

ESTUDO DO EFEITO DA ADIÇÃO DE ÁCIDOS NO ÍNDICE DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA DE GRITS DE MILHO EXTRUSADO

AGNES DE PAULA SCHEER\*  
HILMAR ADELBERT JOHANN FUGMANN\*

Estudou-se o efeito, em grits de milho, da umidade da matéria-prima, temperatura da camisa de extrusão e adição de ácidos (lático e sulfúrico) no índice de solubilidade em água. As amostras extrusadas nas condições de baixa umidade, alta temperatura e alta concentração do ácido sulfúrico foram as que resultaram na maior solubilização.

1 INTRODUÇÃO

O uso do milho e de seus derivados pode ainda ser muito ampliado na alimentação brasileira. Portanto, a partir de grits de milho, procurou-se obter através da solubilização e hidrólise em extrusora, um produto que tivesse aplicação como base de composição na indústria de alimentos desidratados.

A extrusora foi empregada como reator químico para hidrólise parcial de amido e foram utilizados tanto um ácido orgânico quanto um inorgânico - lático e sulfúrico, respectivamente. A extensão da gelatinização e da hidrólise combinadas foi estabelecida em função de medida indireta denominada índice de solubilidade em água (ISA). Foi estudado o efeito das variáveis - concentração de ácido, umidade da matéria-prima e temperatura da camisa de extrusão sobre este índice.

\*Professores do Departamento de Tecnologia Química da Universidade Federal do Paraná.

O emprego da análise de variância para delineamento multifatorial possibilitou a avaliação da influência das variáveis e de suas interações nas respostas obtidas. O processamento dos dados e a análise estatística foram efetuadas em microcomputador do tipo IBM-PC e para melhor interpretação das respostas foram gerados gráficos tridimensionais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL E EQUIPAMENTOS

Foi utilizado, para realização deste trabalho, milho branco canjicado (milho descascado e degeminado) encontrado no comércio; ácido sulfúrico para análise, marca MERK, com teor de ácido sulfúrico de 95-97%; ácido lático (comercial - 85%), marca SINTERSES, para uso na indústria alimentícia. O equipamento principal foi a microextrusora para pesquisas em laboratório, marca INBRAMAQ, tipo rosca única, de alimentação vertical, com camisa de extrusão lisa, diâmetro de 25 mm e comprimento de 410 mm.

### 2.2 MÉTODOS ANALÍTICOS

Determinou-se na matéria-prima o teor de umidade, gordura (5), proteína, cinzas (2), fibras e amido (3). A granulometria da matéria-prima foi determinada para amostra de 100 g em conjunto de peneiras com malhas de 20 até 100 USS/ASTM, submetida a ação do vibrador por 10 minutos. O resultado foi expresso em percentagem de material retido em cada peneira.

### 2.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Antes da matéria-prima ser extrusada, foi moída em moinho de discos e homogeneizada. Após a moagem e classificação granulométrica, foram retiradas três amostras para determinação da composição química e umidade. O restante foi acondicionado em sacos plásticos selados, com 500 g cada.

#### 2.3.1 Condicionamento dos grits<sup>1</sup> de milho com ácido sulfúrico

Foram realizadas três repetições para cada experimento, utilizando-se em cada uma 500 g de matéria-prima, com teor de umidade inicial de 14,1%. As amostras foram acondicionadas para o nível de umidade desejado com soluções de ácido sulfúrico. Estas foram previamente preparadas nas diferentes normalidades atendendo às concentrações finais de 0,4 N e 0,04 N e aos teores de umidade (20, 25 e 30%).

<sup>1</sup>Grits de milho são partículas do endosperma que passam através da peneira 1,19 mm (US14) e são retidas em 0,59 mm (US28), série Tyler. São livres de pericarpo e possuem menos que 1 % de óleo (9).

A adição da solução de ácido sulfúrico foi feita lentamente e com agitação manual, em recipiente plástico, seguida de passagem por peneira (abertura = 2,0 mm equivalente à malha 10 USS/ASTM) para desmanchar os grumos. As farinhas hidratadas foram coletadas em sacos plásticos, que foram selados e guardados. As amostras permaneceram em média 18 horas em repouso para uniformizar a umidade antes de serem extrusadas.

#### 2.3.2 Condicionamento de grits de milho com ácido lático

O procedimento foi o mesmo utilizado para o ácido sulfúrico, com modificações somente nas concentrações das soluções a serem adicionadas.

#### 2.4 PROCESSAMENTO

Os ensaios experimentais foram iniciados após a camisa da extrusora ter sido aquecida nas temperaturas desejadas nas diferentes zonas. O aquecimento foi dividido em duas regiões, a primeira, correspondente à metade inicial do cilindro (4 resistências), sendo mantida para todos os ensaios a 50°C e a segunda correspondente à metade final do cilindro, (3 resistências), modificada conforme a temperatura utilizada para cada tratamento, de 150 a 240°C.

Para nenhum ensaio foi utilizada matriz e a taxa de compressão foi de 3:1. A velocidade da rosca foi mantida constante e a de agitação do misturador para alimentação de farinhas variou para cada nível de umidade, 20, 25 e 30%. As duas velocidades, da rosca e de agitação, foram escolhidas com base em testes preliminares e estudos anteriores (6, 7), tendo em vista bom funcionamento da extrusora com fluxo constante do produto através da mesma. O material obtido foi quebrado em pedaços de mais ou menos 10 cm e levado para secar em estufa com circulação de ar a 60-70°C. Após secagem, as amostras foram moídas em moinho de martelo, com chapas perfuradas de abertura igual a 1,14 mm. A porção que passou pela peneira 60 MESH foi embalada e usada nas análises posteriores.

#### 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para o experimento fatorial proposto, a técnica estatística utilizada para verificar o efeito dos fatores (teor de umidade, temperatura, concentração dos ácidos) e da interação entre eles foi a análise de variância.

O processamento dos dados e a análise estatística foram efetuados com uso do software Statgraphics e os gráficos tridimensionais foram gerados com o sistema Surfer.

## 2.6 ÍNDICE DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA (ISA)

O índice de solubilidade em água foi determinado conforme ANDERSON et al (1), tomando-se uma amostra de 2,5 g (b.s.) de material moído (menor que 60 MESH) e suspendendo-a em 30 ml de água a temperatura ambiente, em tubo de centrífuga de 50 ml, agitado intermitentemente por período de 30 minutos, e centrifigando-a a 4200 rpm por 10 minutos. O líquido sobrenadante foi transferido cuidadosamente para placa de evaporação tarada. O ISA foi expresso como percentagem de sólidos secos na amostra de 2,5 g (b.s.).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Composição química dos grits de milho

Obteve-se os seguintes valores médios, a partir da análise de três amostras do material empregado nos ensaios (g/100g); umidade 14,10; proteína 7,60; gordura 1,30; cinzas 0,41; amido 72,60 e fibras 0,64.

### 3.2 Granulometria

Obteve-se para o milho branco canjicado moído a seguinte composição granulométrica média (% retida): 20 MESH (0,84 mm) - 34,4%, 40 MESH (0,42 mm) - 4,67%, 60 MESH - 12,7%, 80 MESH - 2,6%, 100 MESH - 1,5% e sobras 2,1%.

### 3.3 ISA da matéria-prima

O índice de solubilidade da matéria-prima sem tratamento de extrusão foi de 3,22%.

### 3.4 Efeito da concentração do ácido sulfúrico, umidade da matéria-prima e temperatura de extrusão no índice de solubilidade em água

Os resultados do ISA obtidos sob diferentes condições de umidade da matéria-prima, temperatura da camisa de extrusão e nas duas concentrações do ácido sulfúrico estão na Tabela 1.

Pela análise de variância pode-se observar que todos os efeitos principais (umidade, temperatura e concentração do ácido) são altamente significativos nas alterações do ISA. As interações entre os efeitos significativos foram: umidade x temperatura e temperatura x concentração ao nível de significância de 5%.

A interação da umidade x temperatura revela a severidade do tratamento. Por sua vez a da temperatura x concentração do ácido influencia diretamente na taxa de hidrólise das ligações das macromoléculas do grânulo de amido.

TABELA 1 - ÍNDICES DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA PARA AMOSTRAS EXTRUSADAS  
COM ÁCIDO SULFÚRICO (%)

Concentração (N)	Temperatura °C	Umidade (%)		
		20	25	30
0,04	150	17,98	7,80	4,42
		21,48	8,37	4,81
		18,56	8,58	5,07
	175	30,56	15,53	6,93
		32,53	14,84	8,05
		35,02	17,08	7,85
	200	36,60	21,43	9,28
		33,38	20,03	8,97
		38,70	23,97	10,38
0,4	150	22,42	13,80	12,51
		20,24	11,47	10,61
		24,66	10,91	10,08
	175	36,29	32,19	20,11
		39,64	28,62	23,49
		34,48	27,04	19,02
	200	60,34	35,18	20,76
		59,58	33,10	25,19
		55,39	38,11	22,23

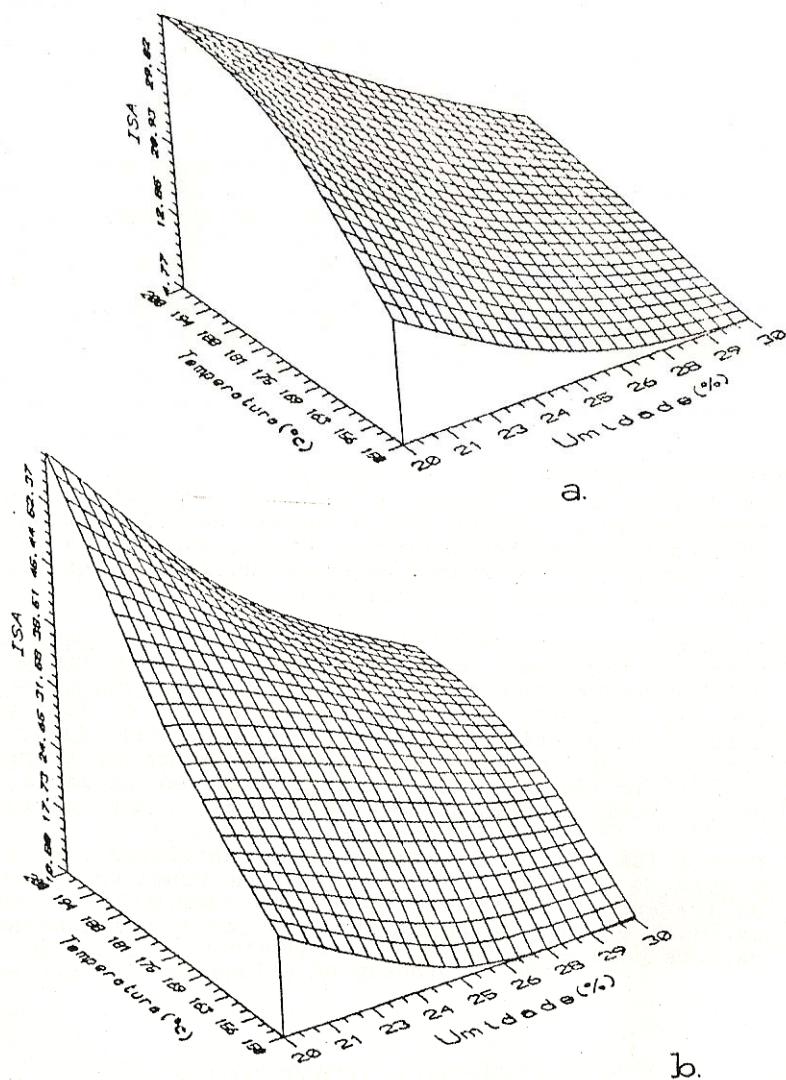
Na Figura 1 que mostra a variação do ISA em função da temperatura e umidade com o ácido nas duas concentrações adotadas pode-se verificar que: com o aumento da temperatura há aumento do ISA para todas as umidades. Este aumento é maior para o nível de umidade mais baixo (20%)

As altas temperaturas favorecem tanto a gelatinização que torna a hidrólise mais eficiente como aumenta a própria velocidade de reação. Verifica-se também, na mesma Figura, que com o aumento da umidade há diminuição do ISA; pois, com aumento da quantidade de solução há menor dano físico causado pela ação do cisalhamento que age ao longo do transporte da massa pelo parafuso. Com maiores umidades, a massa torna-se mais fluida, reduzindo a viscosidade efetiva do sistema.

Como o ISA, de acordo com trabalhos anteriores (4, 8) indica o grau de degradação e hidrólise, as condições mais severas de tratamento que foram 20% de umidade, 200°C na camisa de extrusão e ácido sulfúrico a 0,4 N resultaram nos mais altos valores para este índice.

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA PARA OS RESULTADOS DO ISA EM FUNÇÃO DA UMIDADE E TEMPERATURA PARA AS AMOSTRAS EXTRUSADAS COM ÁCIDO SULFÚRICO

a = concentração de 0,04  
b = concentração de 0,4



3.5 Efeito da concentração do ácido lático, umidade da matéria-prima e temperatura da camisa de extrusão no índice de solubilidade em água

Os resultados do ISA obtidos sob diferentes condições de umidade da matéria-prima, temperatura da camisa de extrusão e nas duas concentrações de ácido lático estão na Tabela 2.

TABELA 2 - ÍNDICES DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA PARA AMOSTRAS EXTRUSADAS COM ÁCIDO LÁTICO (%)

Concentração (%)	Temperatura °C	Umidade (%)		
		20	25	30
2	200	20,67	9,28	5,04
		26,71	8,08	5,69
		27,45	10,58	4,48
	220	32,84	14,29	7,42
		38,72	13,32	8,31
		34,99	15,31	7,92
4	200	39,59	25,88	8,42
		44,57	28,63	8,66
		46,01	27,26	9,29
	220	31,44	16,77	8,39
		36,17	14,56	7,25
		33,27	13,78	7,94
240	200	41,37	18,86	9,98
		39,85	19,17	10,15
		36,77	21,69	8,73
	220	47,60	28,18	10,34
		41,38	25,17	8,04
		44,44	30,47	11,41

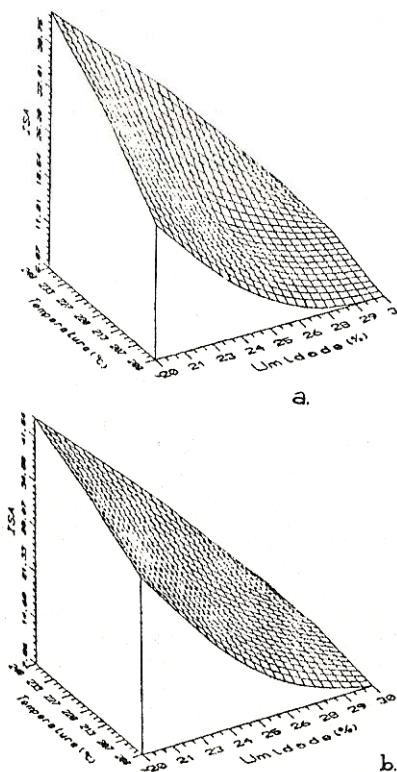
Pela análise de variância pode-se observar que os três efeitos principais (umidade, temperatura e concentração) são altamente significativos. As interações entre os efeitos que se mostraram significativas foram: umidade x temperatura e temperatura x concentração ao nível de significância de 1%. Como mencionado para o caso do ácido sulfúrico, a interação da umidade x temperatura revela a severidade do tratamento. Por sua vez a da temperatura x concentração do ácido torna a hidrólise mais eficiente pois aumenta a própria velocidade de reação.

Observa-se que com a adição do ácido lático foi necessário trabalhar com temperaturas mais elevadas. Cabe salientar, que foram realizados ensaios exploratórios com o ácido lático a temperaturas mais baixas e só foram obtidos resultados significativos na faixa apresentada.

Na Figura 2, que mostra a variação do ISA com temperatura e umidade nas duas concentrações do ácido lático, observa-se que o ISA aumentou com a temperatura. Neste caso, a variação da concentração de 2 a 4% foi pequena para poder-se detectar a influência da mesma a altas temperaturas (220 e 240°C). E ainda, com aumento da umidade o ISA diminuiu devido ao menor cisalhamento e maior fluidez da massa na camisa da extrusora.

FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA PARA OS RESULTADOS DO ISA EM FUNÇÃO DA UMIDADE E TEMPERATURA PARA AS AMOSTRAS EXTRUSADAS COM ÁCIDO LÁTICO

a = concentração de 2%  
b = concentração de 4%



#### 4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, observou-se que o ISA aumentou com a diminuição da umidade da matéria-prima e elevação da temperatura da camisa de extrusão e da concentração dos ácidos.

Conclui-se que a adição de ácidos na extrusão resulta em melhores índices de solubilidade (45 a 60%). Dos dois ácidos o mais indicado para se trabalhar com temperaturas de extrusão até 200°C é o ácido sulfúrico (0,4 N).

É possível prever-se a obtenção em extrusora, a partir de grits de milho, em condições adequadas, de um produto que, dada sua alta solubilidade e consequente suscetibilidade à hidrólise, poderá ser utilizado como base de composição para alimentos desidratados.

#### Abstract

Effect of extrusion temperature, feed moisture and contents of sulfuric and lactic acids on the water solubility index of extruded corn grits were studied. The extrudate produced from feed of low moisture, high extrusion temperature and high sulfuric acid concentration results on samples of high solubilization.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ANDERSON, R.A. et al. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. Cereal Science Today, Minneapolis, v. 14, n. 1, p. 4-12, 1969.
- 2 . Gelatinization of corn grits by roll cooking extrusion and steaming. Die Starke, Stuttgart, v. 22, n. 4, p. 130-135, 1970.
- 3 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of A.O.A.C. Virginia, 1984. 1141 p.
- 4 CHANG, Yoon K. Efeito da concentração de ácido, umidade e temperatura na hidrólise de amido de mandioca por extrusão termoplástica, visando a produção de álcool. Campinas, 1989. 183 p. Tese, Doutorado, FEA, Universidade Estadual de Campinas.
- 5 FREITAS, R.J.S. de et al. Técnicas analíticas de alimentos. Curitiba : Instituto de Tecnologia do Paraná, 1979.
- 6 FUGMANN, Hilmar A.J. Produtos extrusados de farinha de milho. Curitiba : Protisa S/A, 1989.

- 7 . Produtos extrusados de farinha de trigo. Curitiba : Protisa S/A, 1990.
- 8 KERVINEN, R. et al. The effects of acid and alkali on wheat starch extrusion cooking. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, Kusnach-Zurich, v. 18, n. 1, p. 52-59, 1985.
- 9 ROONEY, L.W., SERNA-SALDIVAR, S.O. Food uses of whole corn and dry-milled fractions. In: WATSON, Stanley A., RAMSTAD, Paul E. Corn: chemistry and technology. St.Paul : American Association of Cereal Chemists, 1987. p. 399-429.

Agradecimentos

Agradecemos à Indústria PROTISA S/A pelo empréstimo dos equipamentos da Unidade Piloto da empresa.