

Efeito da adição de inulina sobre as características reológicas e térmicas da farinha de trigo

BARROS, J. H. T.,¹ FRANCO, C. M. L.¹

¹ Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos
E-mail: jefferson.ht.barros@hotmail.com

RESUMO – Aumentar o teor de fibras em pães é um importante desafio da indústria de panificação. Neste estudo, o efeito da inulina de média polimerização (IMP) sobre as características reológicas e térmicas da farinha de trigo foi avaliado. Propriedades farinográficas, extensográficas, viscosográficas e térmicas da farinha de trigo adicionada de 0, 5, 7,5 e 10% de IMP foram analisadas. Pães elaborados com e sem IMP foram produzidos e avaliados quanto ao volume específico, cor e firmeza. Adição de IMP diminuiu a absorção de água da farinha, aumentou tempo de desenvolvimento e estabilidade da massa. A extensibilidade da massa diminuiu, enquanto a elasticidade aumentou gradativamente atingindo 1000UB com 7,5% de IMP. O aumento da concentração de IMP diminuiu a entalpia de gelatinização e alterou as viscosidades de pasta da farinha. Os resultados mostraram que a adição de IMP provocou fortalecimento da farinha e que a concentração de 7,5% foi a que menos interferiu na qualidade do pão, proporcionando volume, cor e textura semelhantes aos do pão controle.

1. INTRODUÇÃO

O mercado de pães vem crescendo rapidamente, cerca de 24% nos últimos cinco anos (Pegn, 2014) e esse crescimento demanda a criação de novos equipamentos, formulações, aditivos e ingredientes alimentícios, especialmente aqueles com propriedades funcionais (Morris e Morris). Com isso, o enriquecimento de pães com ingredientes funcionais é de interesse para o consumidor, bem como para a indústria de cereais. Estudos têm investigado o efeito da adição de diferentes fontes de fibras no pão (Hager et al., 2010) e das quais a inulina têm se destacado (Meyer e Peters, 2009; Morris e Morris, 2012).

A inulina é constituída de uma mistura de polímeros e oligômeros lineares de frutose (Leite et al., 2004). Sua ingestão resulta em muitos benefícios à saúde, como a modulação do metabolismo lipídico, a redução do risco de doenças como câncer de cólon e osteoporose, além de aumento significativo dos benefícios das bifidobactérias (Roberfroid, 2007).

A inulina exibe propriedades viscoelásticas que dependem do polímero, da concentração e do grau de polimerização (GP) (Zimeri e Kokini, 2003). Em panificação, ela pode afetar a consistência da massa, contribuir para a elasticidade global da mesma e interagir com o glúten (Wang et al., 2002). Inulinas com diferentes GP são encontradas comercialmente. Dentre elas, IMP (GP ≥ 10) é menos deletéria à qualidade do pão (Peressini e Sensidoni, 2009). No entanto, a fibra pode sofrer ação da invertase presente na levedura, bem como degradação pelo calor (Meyer e Peters, 2009). Inulina de maiores polimerização (GP ≥ 10) tem maior resistência às condições de

processo (Morris e Morris, 2012).

Estudos controversos sobre o efeito da inulina em panificação têm sido encontrados. Peressini e Sensidoni (2009) estudaram o efeito de inulinas com vários GP's nas propriedades reológicas de dois tipos farinha de trigo (fraca e forte) e na qualidade dos pães. Esses autores observaram que, independente do GP, a inulina fortaleceu ambas as farinhas. No entanto, os pães obtidos apresentaram menor volume e coloração mais escura que aqueles sem a presença da fibra. Dentre as inulinas estudadas, IMP foi a que menos afetou as características do pão. Por outro lado, Wang et al. (2002) e Hager et al. (2011) observaram redução na elasticidade da massa e pães com maiores volumes quando estudaram o efeito dessas fibras em pães.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da IMP sobre as características reológicas e térmicas da farinha de trigo e seu impacto na qualidade do pão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Inulina GR ($GP \geq 10$) gentilmente cedida pela *Beneo-Orafti* (Bélgica) e farinha de trigo com características panificáveis foram utilizadas neste estudo.

2.2 Métodos

Caracterização reológica: As características farinográficas e extensográficas da farinha de trigo adicionada de 0, 5, 7,5 e 10% de IMP (em relação à massa total da farinha) foram analisadas usando um farinógrafo (mod. 810101, *Brandender*, Alemanha) e um extensógrafo (mod. 860000, *Brandender*, Alemanha) de acordo com os métodos 54-21 e 54-10, respectivamente, dos Approved Methods of American Association of Cereal Chemists (AACC, 2000). As análises foram realizadas em triplicata.

Propriedades de pasta: As propriedades de pasta da farinha adicionada de 0, 5, 7,5 e 10% de IMP (em relação à massa total da farinha) foram determinadas usando um Rápido Visco Analisador (mod. RVA-4, *Newport Scientific*, Austrália) segundo método 76-21 da AACC (2000). As análises foram realizadas em triplicata.

Análise Térmica: As propriedades térmicas da farinha adicionada de 0, 5, 7,5 e 10% de IMP (em relação à massa total da farinha) foram analisadas usando um calorímetro exploratório diferencial (DSC) (mod. Pyris 1, *Perkin Elmer*, USA) de acordo com Oliveira et al. (2014) com modificações. IMP foi solubilizada em água deionizada sob agitação antes de ser misturada à farinha. Amostras de farinha foram pesadas em cadinhos de alumínio, misturadas com água destilada com e sem IMP na proporção (1:3) e seladas em prensa específica do DSC. Os cadinhos selados foram mantidos a temperatura ambiente por 12 h e aquecidas a uma razão de 10 °C/min de 25 °C a 125 °C. Após análise, as amostras foram armazenadas a 4 °C por 14 dias e novamente analisadas nas mesmas condições. As temperaturas de gelatinização (inicial, de pico e final) e a variação de entalpia foram determinadas utilizando-se o software Pyris 1 (*Perkin Elmer*, USA). As análises foram realizadas em triplicata.

Produção dos Pães: A produção dos pães seguiu metodologia proposta por El-Dash (1978). A formulação constou de 100% de farinha, 1,75% de sal, 3% de açúcar, 2% fermento seco, 3% óleo vegetal de milho. A quantidade de água usada foi aquela determinada em farinógrafo quando 0, 5, 7,5 e 10% de inulina (% m/m em relação à massa total da farinha) foram usadas. A etapa de mistura foi realizada no farinógrafo e o tempo requerido para o desenvolvimento do glúten foi aquele determinado pelo farinógrafo. A massa foi deixada descansar por 15 min a 32 °C e 80% UR, dividida em porções de 100g, boleada e deixada descansar por outros 15 min antes de ser moldada. Após moldagem a massa foi fermentada por 90 min a 32 °C e 80% UR e assada em forno com controle de vapor a 150 °C por 15 min. Após forneamento, os pães foram resfriados por 2 h a temperatura ambiente antes de serem analisados.

Avaliação tecnológica: O volume dos pães controle e adicionados de IMP foram determinados, em triplicata, por deslocamento de sementes de acordo com o método 10-05 da AACC (2000). O volume específico do pão (VE) foi calculado como a relação entre o volume e o peso do pão ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$). O sistema HunterLab foi usado para determinar a cor do miolo e da crosta dos pães controle e adicionados de IMP. Os parâmetros L^* a^* b^* foram determinados em triplicata usando um colorímetro Colorflex 45/0 (HunterLab, EUA) e o software universal versão 4.1 foi usado para processar os resultados. A firmeza do miolo dos pães controle e adicionados de IMP foi determinada usando um texturômetro (TA – XT2i, Stable Micro Systems, UK) de acordo com método 74-09 da AACC (2000). Amostras de miolo de pão (25 mm de espessura e 20 mm de diâmetro) foram obtidas usando um molde de metal. A firmeza foi definida como a força em (N) necessária para comprimir a amostra a 40% de sua altura original, usando uma sonda circular com 25 mm de diâmetro, a intervalos de 5s entre as compressões. Seis replicatas de cada amostra foram analisadas.

2.3 Análise Estatística

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. Os dados foram avaliados usando o programa Statística 7.0, abrangendo a análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades reológicas da farinha de trigo: O farinógrafo avalia o comportamento da farinha durante o processo de mistura da massa, enquanto o extensógrafo avalia sua elasticidade e extensibilidade, permitindo classificar a farinha quanto a sua força e ao seu uso adequado (Pizinatto, 1997).

A Tabela 1 apresenta o efeito da IMP sobre as propriedades farinográficas e extensográficas da farinha. De acordo com a classificação de Pizinatto (1997), a farinha de trigo usada neste trabalho pode ser classificada como forte a muito forte. A adição de IMP diminuiu a capacidade de absorção de água (AA) da farinha. Essa redução foi indiretamente proporcional à concentração de IMP. O tempo de desenvolvimento da massa e a estabilidade aumentaram, enquanto não houve alteração do índice de tolerância à mistura (ITM) com a adição de IMP, com exceção da concentração de 10% de IMP. Resultados semelhantes foram encontrados por Karolinski-Skaradzinska et al. (2007) e Meyer e Peters (2009). De acordo com Rosell et al. (2010) a inulina interage bem com a estrutura da massa e aumenta sua estabilidade.

Tabela 1: Propriedades farinográficas e extensográficas (135 min) da farinha de trigo controle e adicionada de 5, 7,5 e 10% de IMP

Amostra	Farinógrafo				Extensógrafo		
	AA* (%)	TD* (min)	E* (min)	ITM* (BU**)	R50* (BU**)	Ex* (mm)	D* (R50/EX)
Controle	58	10,3b	17,2b	10,0b	630b	149,5a	4,2b
5% IMP	52	11,3b	29,0a	13,5b	960a	123,8b	7,8a
7,5% IMP	53	17,5a	28,0a	10,0b	1000a	117,8b	8,5a
10% IMP	55	16,3a	21,3b	19,0a	1000a	116,8b	8,6a

*Capacidade de absorção de água (AA), tempo de desenvolvimento (TD), estabilidade (E), índice de tolerância a mistura (ITM), a resistência à extensão (R₅₀), extensibilidade (EX) e número proporcional (D). **BU – Unidades Brabender. Médias de três replicatas. Valores seguidos de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p>0.05).

A massa necessita de um equilíbrio entre sua elasticidade e extensibilidade para tolerar as diferentes etapas do processo de panificação como mistura, fermentação, modelagem e forneamento (Pizinatto, 1997). A adição de IMP aumentou a resistência da massa à extensão (elasticidade) e diminuiu a extensibilidade, aumentando muito a força da farinha. Segundo Perissini e Sensidoni (2009) e Rossell et al. (2010), as cadeias de inulina podem interagir entre si e com as proteínas do glúten formando redes elásticas e aumentando a elasticidade da massa.

O uso de fibras alimentares em panificação geralmente enfraquece a massa e assim o uso de farinhas fortes é recomendado para a fabricação de pães adicionados das mesmas (Morris e Morris, 2012). Porém, neste trabalho, a adição de IMP fortaleceu a massa. Esse efeito seria indicado especialmente no caso de farinhas de trigo de força mediana, conferindo maior força e melhorando a retenção de gás durante a fermentação.

Propriedades viscográficas da farinha de trigo: Quando a farinha é aquecida na presença de água, o amido sofre alterações irreversíveis que são dependentes da disponibilidade de água, da temperatura e da concentração de enzimas endógenas. (Thomas e Atwell, 1999). Durante o resfriamento da pasta ocorre a reorganização das moléculas de amido, fenômeno denominado de retrogradação (Atwell, 2001).

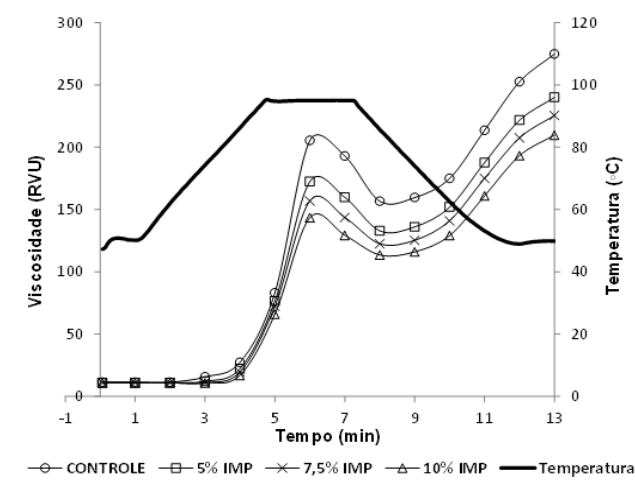


Figura 1: Perfil viscoamilográfico da farinha de trigo sem e com IMP.

A adição de IMP alterou as propriedades de pasta da farinha (Figura 1). A temperatura de pasta não foi significativamente alterada, porém as viscosidades de pico, de quebra, final e *setback* diminuíram quanto maior a concentração de IMP. A inulina é altamente hidrofílica, e reduz a disponibilidade da água para inchamento dos grânulos de amido. O inchaço limitado do amido diminui o seu volume e, conseqüentemente, o atrito entre as moléculas, o qual se manifesta como menor viscosidade (Peressini e Sensidoni, 2009). Durante o aquecimento da suspensão de farinha, a presença de oligossacarídeos pode ter dificultado a lixiviação da amilose diminuindo o *setback*.

Propriedades térmicas da farinha de trigo: A farinha de trigo mostrou faixa de temperatura de gelatinização de 58,77 a 69,44 °C com uma variação de entalpia de gelatinização de 8,15 J/g (Tabela 2). Puppo et al. (2005) encontraram resultados semelhantes em farinhas de trigo com diferentes quantidades de proteína.

Tabela 2: Propriedades de gelatinização e retrogradação da farinha de trigo sem e com IMP

Amostra	Gelatinização				Retrogradação				
	To (°C)	Tp (°C)	Tf (°C)	ΔHg (J/g)	To (°C)	Tp (°C)	Tf (°C)	ΔHg (J/g)	%RT
Controle	58,77a	64,28a	69,44a	8,15a	45,43b	55,04b	63,38b	0,73d	8,96c
5% IMP	58,21b	63,18a	69,47a	7,72b	50,37a	59,82a	67,40a	1,24a	16,06a
7,5% IMP	58,41ab	64,10a	69,38a	7,72b	50,88a	59,03a	66,64a	1,04c	13,47b
10% IMP	58,56 ab	64,21a	69,80a	7,98ab	51,40a	55,04a	65,68ab	1,11b	13,90b

Média de três replicatas. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). To, Tp, Tf = temperaturas inicial, de pico e final, respectivamente; ΔHg = entalpia de gelatinização; ΔHr = entalpia de retrogradação. TR = Taxa de retrogradação ($\Delta H_{ret}/\Delta H_g \cdot 100$).

A presença de IMP em qualquer concentração não alterou as propriedades térmicas de gelatinização do amido presente na farinha, com exceção da amostra adicionada de 5% de IMP que sofreu leve redução de sua temperatura inicial de gelatinização e variação de entalpia. Esses resultados corroboram com aqueles observados para as propriedades de pasta da farinha adicionadas de IMP. Apesar da fibra competir com o amido pela água, nas condições deste experimento, houve, independente da concentração de fibras, água suficiente para promover a gelatinização do amido, indicando que não houve interação da IMP com o amido.

Com o resfriamento, as moléculas do amido, principalmente a amilopectina se reorganizam novamente formando uma estrutura mais organizada (Atwell, 2001; Singh, 2010). O pico endotérmico de retrogradação da farinha sem IMP foi observado na faixa de 45,43 a 63,38 °C. A presença de IMP provocou aumento nas temperaturas e entalpia de retrogradação sugerindo que a presença de IMP induz à formação de uma estrutura mais organizada durante a retrogradação do amido. No entanto, a farinha adicionada de 7,5% de IMP mostrou a menor taxa de retrogradação.

Propriedades tecnológicas dos pães sem e com IMP: O volume final do pão, assim como a maciez e a cor da crosta são características importantes a serem consideradas na aceitação dos pães pelos consumidores (Tabela 3).

Tabela 3: Volume específico, firmeza e cor do miolo e crosta dos pães* sem e com IMP

<i>Amostra</i>	VE (cm ³ /g)	Firmeza (N)	Miolo			Crosta		
			L*	a*	b*	L*	a*	b*
Controle	5,12a	0,94d	76,16a	0,91b	18,79a	58,85a	14,41b	36,03a
5% IMP	4,70ab	1,51b	73,40b	0,45d	18,30a	52,54b	17,03a	35,21a
7,5% IMP	4,81ab	1,26c	75,63ab	0,82c	19,03a	53,21b	16,79a	35,00a
10% IMP	4,62b	1,87a	75,75ab	0,97a	19,05a	49,56b	16,19a	32,39b

*Média de nove, seis e três replicatas. Respectivamente. Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p>0,05).

A adição de IMP provocou redução do VE e aumento da firmeza do miolo, devido ao fato da IMP ter aumentado a elasticidade da farinha de trigo, conferindo assim maior resistência à massa durante a fermentação.

A adição de IMP reduziu levemente o volume específico dos pães, sendo este efeito observado significativamente apenas na concentração de 10% de IMP (Tabela 3). Esses resultados podem ter sido resultado da maior elasticidade observada para as massas adicionadas de IMP (Tabela 2). As propriedades da estrutura do glúten durante a fermentação e cozimento influenciam as propriedades do produto final, pois o glúten deve ter extensibilidade suficiente para expandir sobre influência do CO₂ formado durante a fermentação, contribuindo para o volume do pão, mas também fornecendo o grau ótimo de resistência à extensão para poder reter sua forma (El Dash, 1982). A resistência à extensão muito alta resulta em um baixo volume, pois confere rigidez à massa, tornando-a incapaz de expandir a um volume ótimo. Meyers e Peters (2009) também observaram redução no volume do pão quando usaram inulinas de diferentes GP's. Esses autores observaram que a inulina de alta polimerização (GP ≥ 23), mostrou efeito mais deletério ao volume do pão. Filipovic et al. (2010) também observaram menores volumes para pães adicionados de 5% de IMP, enquanto que a adição de inulina de baixa polimerização resultou em pães com volumes maiores que o controle.

As concentrações de IMP aumentaram a firmeza do miolo dos pães, sendo esta menos evidenciada na concentração de 7,5% de IMP. Este resultado corrobora com aquele observado para as propriedades térmicas da farinha que mostrou que entre as amostras com IMP, aquela com 7,5% de fibra mostrou a menor taxa de retrogradação (Tabela 3). Wang et al. (2002) e Hager et al. (2011) também observaram aumento na firmeza dos pães quando inulina foi adicionada. O aumento da firmeza do miolo pode ser atribuída a diferenças nas propriedades elásticas da massa e a redução da capacidade de retenção de gás devido à interação das fibras com a rede de glúten resultando num menor volume de pão (Peressini e Sensidoni, 2009).

A adição de IMP praticamente não alterou a luminosidade do miolo, mas os resultados mostraram que os pães com maiores VE resultaram em miolo com maior L*, pois pães com maior volume têm as células do miolo mais uniformes e, portanto refletem melhor a luz proporcionando maior luminosidade.

A L* das crostas variou de 58,85 a 49,86, sendo inversamente proporcional à concentração de IMP adicionada à farinha. O aumento da cor da crosta é resultado da reação não-enzimática entre os açúcares redutores e os grupos amino primários (Reação de Maillard) durante o forneamento. Não houve diferença na cor da crosta dos pães com diferentes concentrações de inulina.

4. CONCLUSÃO

A adição de IMP provoca aumento na estabilidade e elasticidade da farinha, aumentando sua força, o que pode conferir menor capacidade de retenção de gás da massa e com isso resultar em pães com menor volume específico e maior firmeza, além da IMP potencializar a Reação de Maillard conferindo aos pães, crosta de coloração mais escura. No entanto, nas concentrações utilizadas neste trabalho, a adição de 7,5 % de IMP propiciou pães de boa qualidade com volume, firmeza e cor próximos àqueles do pão controle.

5. REFERÊNCIAS

- AACC, American association of cereal chemistry. *Approved methods of the AACC*. 10th. ed. Washington: St. Paul, Minn.: The Committee, 2000.
- ATWELL, W. A. Wheat flour: practical guide for the food industry. St. Paul: *American association of cereal chemists*, 134p. 2001.
- EL-DASH, A. A., CAMARGO, C. O.; DIAZ, N. M. *Fundamentos da Tecnologia de Panificação*. 345 p., 1982.
- EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. *Cereal Chemistry*, v. 55, p. 336-446, 1978.
- FILIPOVIC, J.; FILIPOVIC, N.; FILIPOVIC, V. The effects of commercial fibres on frozen bread dough, *Journal of the Serbian Chemical Society*, vol. 75, p. 195–207, 2010.
- HAGER, A. S.; RYAN, A.M.; SHWAB, C.; GANGLE, M. G.; O'DOHERTY, J. V.; ARENDT, E. E. Influence of the soluble fibres inulin and oat β -glucan on quality of dough and bread. *Eur. Food Res Technol*, v. 232, n. 1, p. 405–413, Dec. 2010.
- KAROLINI-SKARADZINSKA, Z.; BIHUNIAK, P.; PIOTROWSKA, E.; WDOWIK, L. Properties of dough and qualitative characteristics of wheat bread with addition of inulin. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, vol. 57, p. 267–270, 2007.
- LEITE, J.T.C.; PARK, K.J.; RAMALHO, J.R.P.; FURLAN, D.M. Caracterização reológica das diferentes fases de extrato de inulina de raízes de chicória, obtidas por abaixamento de temperatura. *Engenharia Agrícola*, v.24, p.202-210, 2004.
- MEYER, D.; PETERS, B. Enhancing the nutritional value of bread with inulin. *Agro Food Industry Hi-Tech*, v. 20, p.48-50, 2009.
- MORRIS, C.; MORRIS, G. A. The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review. *Food Chemistry*, v. 133, p. 237-248, 2012.
- OLIVEIRA, D. S.; TELIS-ROMERO, J.; DA-SILVA, R.; FRANCO, C. M. L. Effect of a *Thermoascus aurantiacus* thermostable enzyme cocktail on wheat bread quality. *Food Chemistry*, v. 143, p. 139-146, 2014.

- PEGN. *Revista pequenas empresas grandes negócios*: Setor de pães industrializados fatura R\$ 3,5 bi em 2012. Disponível em: <<http://revistapegn.globo.com/Revista/Common/0,EMI334362-17180,00.html>>. Acesso em: 14 Abr. 2014
- PERESSINI, D.; SENSIDONI, A. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. *Journal of Cereal Science*, v. 49, p. 190–201, 2009.
- PIZZINATTO, A. *Qualidade da farinha de trigo: conceitos, fatores determinantes, parâmetros de avaliação e controle*. Campinas: ITAL, 162p, 1997.
- PUPPO, M. C; CALVELO, A; AÑÓN, M. C. Physicochemical and rheological characterization of wheat flour. *Cereal Chemistry*, v. 82, p. 173-181, 2005
- ROBERFROID, M. B. Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients. *Journal of Nutrition*, v. 137, p.2493–2502, 2007.
- ROSELL, C. M.; SANTOS, E.; COLLAR, C. Physical characterization of fiber enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab(A (R)). *European Food Research and Technology*, vol. 231, p. 535–544, 2010.
- SINGH, S.; SINGH, N.; ISONO, N.; NODA, T. Relationship of Granule Size Distribution and amylopectin structure with pasting, thermal, and retrogradation properties in wheat starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, p. 1180–1188, 2010.
- THOMAS, D. J; ATWEL, W. A. *Starch*. 1ed. St. Paul: Eagan Press, 1999.
- WANG, J. S.; ROSELL, C. M.; DE BARBER, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, v. 79, p. 221–226, 2002.
- ZIMERI, J.E.; KOKINI, J.L. Rheological properties of inulin-waxy maize starch systems. *Carbohydrate Polymers*, v. 52, p. 67–85, 2003.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESP e ao CNPq pelo suporte financeiro.