

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/250388890>

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e...

Article · October 2009

DOI: 10.4260/BJFT2009800900009

CITATIONS

0

READS

583

5 authors, including:



Eliene P. R. Pereira

University of Campinas

5 PUBLICATIONS 71 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Yoon Kil Chang

University of Campinas

129 PUBLICATIONS 1,372 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Caroline Steel

University of Campinas

81 PUBLICATIONS 431 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Use of dry sourdough to reduce sodium in French rolls [View project](#)

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês

Influence of oxidizing agents on the rheological properties of doughs prepared from white flour and whole-grain flour and on the specific volume of french rolls

Autores | Authors

**Eliene Penha Rodrigues
PEREIRA**

**Emanuele Oliveira Cerqueira
AMORIM**

**Híria Cristina Ifanger AMBIEL
Yoon Kil CHANG**

Universidade Estadual de Campinas
(UNICAMP)

Departamento de Tecnologia de Alimentos
e-mail: eliene@fea.unicamp.br
emanuele@fea.unicamp.br
hiriam@yahoo.com.br
yokic@fea.unicamp.br

✉ **Caroline Joy STEEL**

Universidade Estadual de Campinas
(UNICAMP)

Faculdade de Engenharia de Alimentos
(FEA)
Departamento de Tecnologia de Alimentos
Caixa Postal: 6121
CEP: 13083-862
Campinas/SP - Brasil
e-mail: steel@fea.unicamp.br

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 16/02/2009
Aprovado | Approved: 10/08/2009

Resumo

O glúten é o principal responsável por permitir a elaboração de diversos tipos de pães a partir da farinha de trigo. Sua força pode ser avaliada através de análises reológicas. Os aditivos oxidantes agem nas proteínas do glúten formando ligações dissulfeto e conferindo fortalecimento à massa. Neste trabalho, foi estudado o efeito de diferentes agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinhas de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês usando farinha de trigo branca. Foram utilizados os oxidantes químicos ácido ascórbico (AA), azodicarbonamida (ADA) e bromato de potássio (BR) e a enzima oxidante glicose oxidase (GO), todos na mesma concentração de 40 mg.kg⁻¹ sobre a massa de farinha. Nas análises farinográficas, foi mais visível o efeito da GO no aumento da estabilidade da massa de farinha branca. Nas análises extensográficas, AA e ADA aumentaram a resistência à extensão de massas de farinha branca e de grão inteiro de maneira mais significativa. AA e ADA também mostraram maior efeito sobre o volume específico do pão francês. Surpreendentemente, a ação do BR não foi observada na maioria das análises reológicas (apenas nas análises extensográficas da farinha branca) nem no volume específico dos pães.

Palavras-chave: Farinha de trigo branca; Farinha de trigo de grão inteiro; Agentes oxidantes; Propriedades reológicas; Volume específico.

Summary

Gluten is the main component responsible for permitting the production of several types of bread from wheat flour. Its strength can be evaluated by way of rheological analyses. Oxidants act on the gluten proteins forming disulfide bonds and strengthening the dough. In the present work, the effect of different oxidizing agents on the rheological properties of doughs prepared from white flour and from whole-grain flour and on the specific volume of French rolls made with white flour, was studied. The chemical oxidants ascorbic acid (AA), azodicarbonamide (ADA) and potassium bromate (BR); and the oxidizing enzyme glucose oxidase (GO) were used, all at the same concentration of 40 mg.kg⁻¹ flour. In the farinographic analyses, the effect of GO on the increase in stability of the white flour dough was more visible. In the extensographic analyses, AA and ADA showed more significant increases in the resistance to extension of both the white flour and whole-grain flour doughs. AA and ADA also presented a greater effect on the specific volume of French rolls. Surprisingly, the action of BR was not observed in most of the rheological analyses (only in the extensographic analyses of white flour), nor in the specific volume of the rolls.

Key words: White flour; Whole-grain flour; Oxidizing agents; Rheological properties; Specific volume.

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês

PEREIRA, E. P. R. et al.

1 Introdução

O trigo é o cereal mais importante em panificação e apresenta grande importância para a economia, devido ao elevado consumo de seus derivados, principalmente pão, macarrão e farinha (GOESAERT et al., 2005; CARNEIRO et al., 2005). Dentre as farinhas dos diferentes cereais, apenas a do trigo tem a capacidade de formar uma massa viscoelástica, e as proteínas formadoras do glúten são as principais responsáveis por esta característica (TEDRUS et al., 2001).

As proteínas responsáveis pela formação da rede de glúten são a gliadina e a glutenina. A gliadina é coesiva e caracterizada por fornecer à massa uma alta extensibilidade e uma baixa elasticidade. Já a glutenina, que também é coesiva, possui uma baixa extensibilidade, mas uma elevada elasticidade. O glúten, portanto, exibe propriedades de viscosidade que combinam os extremos de ambas as proteínas, ou seja, uma estrutura extensível e elástica (EL-DASH, 1990).

Nos últimos anos, tem-se observado uma maior demanda dos consumidores por produtos de cereais com maior conteúdo de fibras, fabricados a partir de farinha integral ou de farinha de grão inteiro. A farinha de grão inteiro é obtida a partir da moagem tradicional dos grãos de trigo em moinhos de pedra, em que o gérmen e o farelo são reduzidos a pequenas partículas e são responsáveis pela elevação do conteúdo de vitaminas, minerais, fibras e lipídios da farinha obtida (GALLIARD, 1987).

O uso de aditivos em panificação ajuda na melhoria e manutenção da qualidade dos produtos durante sua vida de prateleira. Os aditivos mais usados em panificação são os oxidantes, os redutores, as enzimas e os emulsificantes. (INDRANI e RAO, 2006). Os agentes oxidantes ácido ascórbico, azodicarbonamida e bromato de potássio são os mais comumente usados (ROSELL et al., 2003 apud DAGDELEN e GOCMEN, 2007).

Os diferentes agentes oxidantes reagem de maneira similar, essencialmente pela oxidação dos grupos tiol (-SH) dos resíduos de cisteína das proteínas do glúten em ligações dissulfeto (-S-S-). Entretanto, seus efeitos são consideravelmente diferentes, principalmente se considerado o estágio em que cada um reage durante o desenvolvimento da massa (FITCHETT e FRAZIER, 1987; PYLER, 1988; RASIAH et al., 2005; TILLEY et al., 2001). As ligações formadas afetam a reologia da massa, aumentando a elasticidade e diminuindo a extensibilidade, conferindo maior volume e melhorando a textura do pão (FITCHETT e FRAZIER, 1987).

No Brasil, o agente oxidante mais comumente utilizado é o ácido ascórbico. A rigor, quimicamente, o ácido ascórbico é um antioxidante, mas na massa atua como oxidante através de um mecanismo que é alvo de muita controvérsia e que ainda não foi totalmente

esclarecido. De acordo com a Resolução nº 386, de 05 de agosto de 1999, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o ácido ascórbico, em panificação, é considerado um melhorador de farinha, podendo ser utilizado de acordo com as Boas Práticas de Fabricação, com limite *quantum satis*, ou seja, em quantidade suficiente para obter-se o efeito desejado (BRASIL, 1999b). Segundo Pyler (1988), ele é um agente de velocidade de reação intermediária e age nos estágios de mistura e fermentação da massa. Sua adição à farinha causa o aumento da coesividade da massa, aumento do volume do pão e melhoria da estrutura do miolo (JUNQUEIRA et al., 2008).

Além do ácido ascórbico, a Legislação Brasileira prevê ainda a utilização da azodicarbonamida (ADA) a uma concentração máxima de 40 mg.kg⁻¹ (BRASIL, 1999a; 2007). Segundo Pyler (1988), a ADA é um agente oxidante de ação rápida e age durante a mistura e fermentação da massa.

Dentre os agentes oxidantes halogenados estão os bromatos. O bromato de potássio tem velocidade de reação lenta, também reagindo com os grupos tiol, oxidando-os em grupos dissulfeto (PYLER, 1988). Segundo Fitchett e Frazier (1987), o maior efeito do bromato sobre os grupos tiol ocorre durante o forneamento, no qual a massa está sendo aquecida, sendo sugerida uma temperatura mínima de reação de 40 °C para que a oxidação ocorra. Alterações na reologia da massa com o uso do bromato são em pequenas proporções e o seu nível ótimo de uso está na faixa de 20 a 50 mg.kg⁻¹.

Segundo estudos toxicológicos *in vivo* e *in vitro*, o Comitê Conjunto da FAO/OMS de Peritos em Aditivos Alimentares considerou que o bromato de potássio poderia ser cancerígeno para humanos, uma vez que estudos evidenciaram sua carcinogenicidade em animais (INCHEM, 2008). Em consequência, a Legislação Brasileira o considera impróprio para uso como aditivo em farinhas e pães, conforme a Lei nº 10273/2001 (BRASIL, 2001). Atualmente, as enzimas estão substituindo os oxidantes químicos em numerosas aplicações alimentícias (GUJRAL e ROSELL, 2004).

O uso de enzimas é a melhor alternativa aos compostos químicos, pois elas são geralmente reconhecidas como seguras (GRAS) e não permanecem ativas depois da cocção. Uma das enzimas que pode ser utilizada é a glicose oxidase, que age através de diferentes mecanismos catalíticos e pode induzir mudanças na forma polimerizada das subunidades de glutenina (ROSELL et al., 2003 apud DAGDELEN e GOCMEN, 2007).

A glicose oxidase é uma enzima encontrada em diversas fontes fúngicas. Catalisa a oxidação da β-D-glucose em ácido glucônico e peróxido de hidrogênio, este último podendo formar ligações dissulfeto entre proteínas (DAGDELEN e GOCMEN, 2007).

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês

PEREIRA, E. P. R. et al.

Há na literatura vários estudos relacionados à oxidação das proteínas do trigo, como o de Indrani e Rao (2006), que avaliaram a influência de bromato de potássio (20 e 40 mg.kg⁻¹) e ácido ascórbico (100 e 200 mg.kg⁻¹) nas características reológicas da massa de farinha de trigo e qualidade de pão tipo parotta, e o de Dagdelen e Gocmen (2007), que avaliaram os efeitos da glicose oxidase (2, 4 e 6 mg.kg⁻¹) e das combinações desta com ácido ascórbico (30 mg.kg⁻¹) e hemicelulase (50 mg.kg⁻¹) na reologia da massa e qualidade do pão de forma.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos agentes oxidantes ácido ascórbico, azodicarbonamida, bromato de potássio e glicose oxidase sobre as propriedades reológicas de massas de farinhas de trigo branca e de grão inteiro. Além disso, foi verificado o efeito dos agentes oxidantes sobre o volume específico de pão francês produzido com farinha de trigo branca, a fim de se confirmar os resultados obtidos nos testes reológicos.

2 Material e métodos

2.1 Material

Foram utilizadas amostras de farinha de trigo branca da marca Renata adquirida da empresa Selmi (Sumaré, Brasil) e de grão inteiro cedida pelo Moinho Anaconda (São Paulo, Brasil). Utilizaram-se os oxidantes químicos ácido ascórbico (AA) adquirido da Premium Ingredients International (Londres, Inglaterra), azodicarbonamida (ADA) cedida pela Granotec (Curitiba, Brasil) e bromato de potássio P.A. (BR) adquirido do fabricante Dinâmica (São Paulo, Brasil), todos na concentração de 40 mg.kg⁻¹ sobre o peso da farinha. Foi avaliada ainda a ação da enzima oxidante glicose oxidase (GO) (Spring Gox BR, atividade enzimática: mín. 12.000 UGOG.g⁻¹), cedida pela Granotec (Curitiba, Brasil), também na concentração de 40 mg.kg⁻¹ sobre o peso da farinha. A dosagem empregada foi estabelecida em função do limite máximo especificado pela Legislação Brasileira para a azodicarbonamida, que é de 40 mg.kg⁻¹, em relação à massa de farinha, bem como pela concordância deste valor com a faixa de dosagens recomendadas para os demais agentes oxidantes. Para os testes de panificação, foi utilizada amostra de farinha de trigo branca adquirida da empresa Bunge (Tatuí, Brasil), com propriedades farinográficas similares às da farinha utilizada para os testes reológicos.

2.2 Métodos

A umidade das farinhas (branca e de grão inteiro) foi determinada em duplicata, usando-se balança de infravermelho modelo AD-4714A (A&D Co. Ltd., Tóquio, Japão). Os teores de glúten úmido, glúten seco e o índice de glúten foram determinados em quadruplicata,

de acordo com o método AACC 38-12 (AACC, 1995), usando-se o equipamento Glutomatic Gluten Index (Perten Instruments, Huddinge, Suécia).

As propriedades reológicas das massas adicionadas ou não de agentes oxidantes foram determinadas, em duplicata, usando-se o Farinógrafo Brabender (OHG Duisburg, Alemanha), com base no método AACC 54-21, e o Extensógrafo Brabender (OHG Duisburg, Alemanha), com base no método AACC 54-10 (AACC, 1995). Os agentes oxidantes foram adicionados às farinhas em embalagens plásticas flexíveis, agitando-se manualmente para homogeneização.

Foram realizados testes de panificação com farinha branca, seguindo-se a formulação de pão francês apresentada na Tabela 1.

O pão francês foi obtido através do método de massa direta adaptado, com a mistura dos ingredientes da formulação em masseira Modelo AM 12 (Famag Brasil, Santo André, Brasil), com haste tipo gancho. Esta etapa foi realizada em duas fases: velocidade lenta por 4 min e velocidade rápida, também por 4 min, até o completo desenvolvimento da rede de glúten.

Após divisão, boleamento, descanso e modelamento, a massa dos pães foi deixada em câmara de fermentação (Inova Klimaquip, Pouso Alegre, Brasil), a 32 °C, 80% UR, por 90, 120, 150 e 180 min. O tempo usual de fermentação para pão francês é de 90 min, mas, a fim de avaliar a ação dos agentes oxidantes em diferentes tempos de fermentação, empregaram-se os tempos citados acima.

O forneamento foi realizado em forno Turbo (Techni-cook Prática, Pouso Alegre, Brasil) com injeção de vapor, a 180 °C, durante 25 min.

O volume específico dos pães foi determinado após 2 h de resfriamento, pela relação entre o volume (em mL), medido em medidor de volume MVP1300 (Vondel, São José dos Pinhais, Brasil) por deslocamento de sementes de painço, e a massa (em g) do pão. Esta análise foi realizada em duplicata.

Tabela 1. Formulação de pão francês utilizada nos testes de panificação.

Ingredientes	Base farinha (%)
Farinha branca	100,0
Água	60,0
Fermento biológico seco	1,0
Sal	2,0
Açúcar	2,0
Gordura vegetal hidrogenada	5,0
Agente oxidante ¹	0,004

Fonte: Adaptado de Pylar (1988). ¹ AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; ou GO: glicose oxidase.

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês

PEREIRA, E. P. R. et al.

3 Resultados e discussão

3.1 Umidade das farinhas

A umidade das farinhas branca e de grão inteiro foi de 12,8 e 14,2%, respectivamente.

3.2 Teores e índice de glúten das farinhas

Nas Tabelas 2 e 3 constam os resultados da análise dos teores de glúten úmido e seco e índice de glúten para as farinhas branca e de grão inteiro e de suas misturas com os agentes oxidantes, respectivamente.

Pizzinatto (1999) classifica as farinhas de trigo de acordo com o índice de glúten, sendo que farinhas com valores maiores que 90, entre 60 e 90, entre 40 e 60 e menores que 40 são classificadas como muito boas, boas, médias e fracas, respectivamente. Portanto, de acordo com esta classificação, ambas as farinhas podem ser classificadas como boas para panificação.

Para a farinha branca, observou-se que a adição de ADA não apresentou efeito sobre o índice de glúten, comparada à amostra sem a adição de oxidantes. Por outro lado, os aditivos AA, BR e GO promoveram aumento do valor do índice de glúten, porém a farinha permaneceu com características de uma farinha boa, segundo a classificação mencionada acima.

Tabela 2. Teores de glúten úmido e seco e índice de glúten da farinha branca.

Amostra	Glúten úmido (%) [*]	Glúten seco (%) [*]	Índice de glúten [*]
Farinha branca	29,25 ± 0,07	9,25 ± 0,07	78,63 ± 0,67
Farinha + AA	29,00 ± 0,42	10,50 ± 0,42	87,40 ± 1,89
Farinha + ADA	28,40 ± 0,14	9,45 ± 0,07	78,69 ± 2,35
Farinha + BR	29,50 ± 0,42	10,25 ± 0,64	84,39 ± 2,14
Farinha + GO	28,05 ± 0,35	9,50 ± 0,42	85,58 ± 3,10

* Média ± desvio padrão de quatro determinações. AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

Tabela 3. Teores de glúten úmido e seco e índice de glúten da farinha de grão inteiro.

Amostra	Glúten úmido (%) [*]	Glúten seco (%) [*]	Índice de glúten [*]
Farinha de grão inteiro	47,40 ± 1,98	21,15 ± 6,29	89,90 ± 1,37
Farinha + AA	49,65 ± 3,32	16,85 ± 0,50	87,04 ± 3,98
Farinha + ADA	38,90 ± 0,57	14,05 ± 1,06	97,82 ± 0,51
Farinha + BR	38,35 ± 0,07	16,55 ± 4,17	98,83 ± 0,19
Farinha + GO	37,20 ± 0,85	14,85 ± 0,21	97,97 ± 1,00

* Média ± desvio padrão de quatro determinações. AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

A adição do AA na farinha de grão inteiro não teve efeito sobre o índice de glúten. Já para os aditivos ADA, BR e GO os efeitos foram positivos, conferindo à farinha classificação de muito boa, segundo Pizzinatto (1999), não existindo grande diferença entre os valores encontrados.

Na Figura 1 é apresentado o gráfico comparativo dos índices de glúten para as duas farinhas analisadas, com e sem agentes oxidantes. Apesar dos resultados, não se pode afirmar que a farinha de grão inteiro possui glúten de melhor qualidade que o da farinha branca, pois aquela contém muitas partículas de farelo que são insolúveis em água, influenciando na pesagem do glúten úmido, do glúten seco e no resultado de índice de glúten.

3.3 Parâmetros farinográficos

Os parâmetros farinográficos das farinhas analisadas estão descritos nas Tabelas 4 e 5, a seguir.

Pizzinatto (1999) também classifica as farinhas de trigo de acordo com os parâmetros farinográficos apresentados na Tabela 6.

A partir da comparação das Tabelas 4 e 6, verificou-se que a farinha branca sem agentes oxidantes apresentou características de farinha forte, de acordo com Pizzinatto (1999). Os aditivos AA e BR não alteraram a característica da farinha, no entanto, o aditivo ADA diminuiu a tolerância à mistura da farinha (aumentou o ITM) e a estabilidade da massa, deixando a farinha com características de força média. Já a enzima GO elevou

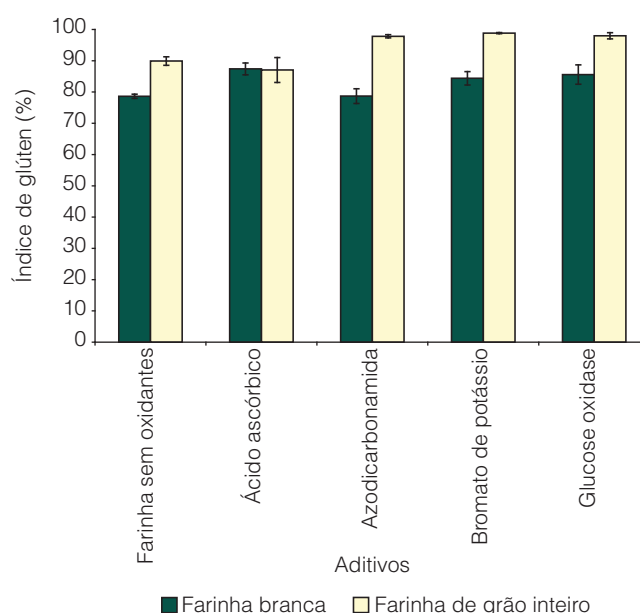


Figura 1. Índice de glúten das farinhas branca e de grão inteiro sem e com os agentes oxidantes ácido ascórbico, azodicarbonamida, bromato de potássio e glicose oxidase na concentração de 40 mg.kg⁻¹.

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês

PEREIRA, E. P. R. et al.

Tabela 4. Parâmetros farinográficos da farinha de trigo branca (12,8% umidade).

Amostra	ABS (%) [*]	TC (min) [*]	TDM (min) [*]	TS (min) [*]	EST (min) [*]	ITM (UB) [*]
Farinha branca	65,2 ± 1,7	1,4 ± 0,2	11,6 ± 0,6	14,2 ± 1,9	12,8 ± 2,1	35 ± 7
Farinha + AA	63,8 ± 0,3	1,5 ± 0,0	12,2 ± 3,3	14,2 ± 4,7	12,7 ± 4,7	39 ± 2
Farinha + ADA	65,7 ± 1,8	1,5 ± 0,0	9,0 ± 0,7	11,1 ± 0,4	9,6 ± 0,4	72 ± 16
Farinha + BR	64,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1	10,0 ± 0,0	13,0 ± 2,8	11,3 ± 2,8	29 ± 13
Farinha + GO	64,1 ± 0,4	1,4 ± 0,1	11,0 ± 1,4	16,5 ± 1,4	15,1 ± 1,6	8 ± 0

* Média ± desvio padrão de duas determinações; ABS: absorção de água; TC: tempo de chegada; TDM: tempo de desenvolvimento da massa; TS: tempo de saída; EST: estabilidade da massa; ITM: índice de tolerância à mistura; UB: unidades Brabender. AA: ácido ascórbico; ADA: azodi-carbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

Tabela 5. Parâmetros farinográficos da farinha de trigo de grão inteiro (14,2% umidade).

Amostra	ABS (%) [*]	TC (min) [*]	TDM (min) [*]	TS (min) [*]	EST (min) [*]	ITM (UB) [*]
Farinha de grão inteiro	70,8 ± 0,3	6,2 ± 0,2	9,5 ± 0,7	12,2 ± 0,3	6,1 ± 0,5	40 ± 0
Farinha + AA	71,2 ± 0,0	7,4 ± 0,1	9,4 ± 0,1	11,2 ± 0,0	3,8 ± 0,1	67 ± 4
Farinha + ADA	71,3 ± 0,1	7,0 ± 0,0	9,3 ± 0,4	11,3 ± 0,4	4,3 ± 0,4	65 ± 7
Farinha + BR	70,9 ± 0,6	6,9 ± 0,6	9,8 ± 0,4	12,4 ± 0,6	5,5 ± 1,1	40 ± 0
Farinha + GO	71,0 ± 0,4	7,0 ± 0,0	9,9 ± 0,5	12,2 ± 1,2	5,2 ± 1,2	40 ± 0

* Média ± desvio padrão de duas determinações; ABS: absorção de água; TC: tempo de chegada; TDM: tempo de desenvolvimento da massa; TS: tempo de saída; EST: estabilidade da massa; ITM: índice de tolerância à mistura; UB: unidades Brabender. AA: ácido ascórbico; ADA: azodi-carbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

Tabela 6. Parâmetros farinográficos característicos de farinhas com diferentes forças.

Farinha	Absorção (%)	Desenvolvimento (min)	Estabilidade (min)	Índice de tolerância à mistura (UB) [*]
Fraca	<55	<2,5	<3	>100
Média	54-60	2,5-4,0	3-8	60-100
Forte	>58	4,0-8,0	8-15	15-50
Muito forte	>58	>10	>15	<10

Fonte: PIZZINATTO (1999). * UB: Unidades Brabender.

a estabilidade e reduziu o índice de tolerância à mistura da farinha, ou seja, dentre todos os agentes oxidantes estudados, este foi o que apresentou melhores resultados, deixando a farinha com características de muito forte.

A farinha de grão inteiro apresentou parâmetros de farinha média (PIZZINATTO, 1999), como pode ser observado a partir das Tabelas 5 e 6. Pode-se verificar ainda que a farinha de grão inteiro apresentou uma absorção de água maior que a da farinha branca, o que está relacionado ao elevado teor de fibras presente. Em relação aos aditivos, verificou-se uma diminuição da estabilidade com os aditivos AA e ADA e também um aumento nos valores de ITM.

As Figuras 2 e 3 ilustram os farinogramas obtidos para as farinhas de trigo branca e de grão inteiro, sem aditivos e aditivadas, em que se observa que o tempo de chegada da farinha de grão inteiro é bem maior, o que demonstra um maior tempo requerido para a formação da massa.

3.4 Parâmetros extensográficos

Os parâmetros extensográficos das farinhas analisadas estão descritos nas Tabelas 7 e 8.

A adição de AA e ADA promoveu aumento da resistência à extensão e redução da extensibilidade para os dois tipos de farinha avaliados. Os demais parâmetros não apresentaram grandes variações.

Indrani e Rao (2006) avaliaram o efeito de agentes oxidantes, agentes redutores e enzimas na massa de farinha de trigo, e observaram que bromato de potássio (20 e 40 mg.kg⁻¹) e ácido ascórbico (100 e 200 mg.kg⁻¹) promoveram aumento da estabilidade da massa e da área extensográfica, com um efeito maior sendo observado em massas contendo ácido ascórbico.

Na Figura 4 é apresentado o gráfico do número proporcional para cada farinha e aditivo em função do tempo de descanso da massa. O número proporcional (D) é a relação entre a resistência à extensão e a extensibilidade, ou seja, quanto maior o valor de D, maior a tendência da massa encolher, e quanto menor, maior a tendência da massa fluir. Pode-se observar que os aditivos AA e ADA foram os que apresentaram maior ação para as duas farinhas, pois são agentes de ação intermediária e rápida, respectivamente, agindo já na mistura e fermentação da massa. A ADA, na farinha de grão inteiro, parece ter demorado um pouco mais para agir, pois seu

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês

PEREIRA, E. P. R. et al.

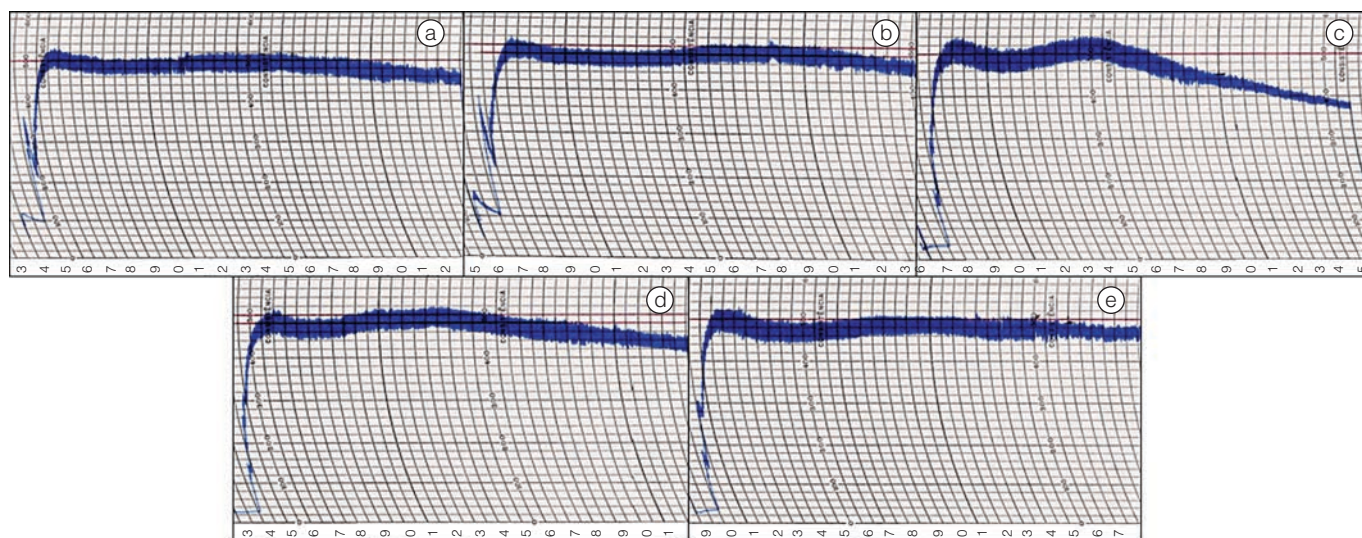


Figura 2. Farinograma da farinha branca. a) Farinha sem oxidantes; b) Farinha + AA; c) Farinha + ADA; d) Farinha + BR; e e) Farinha + GO. AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

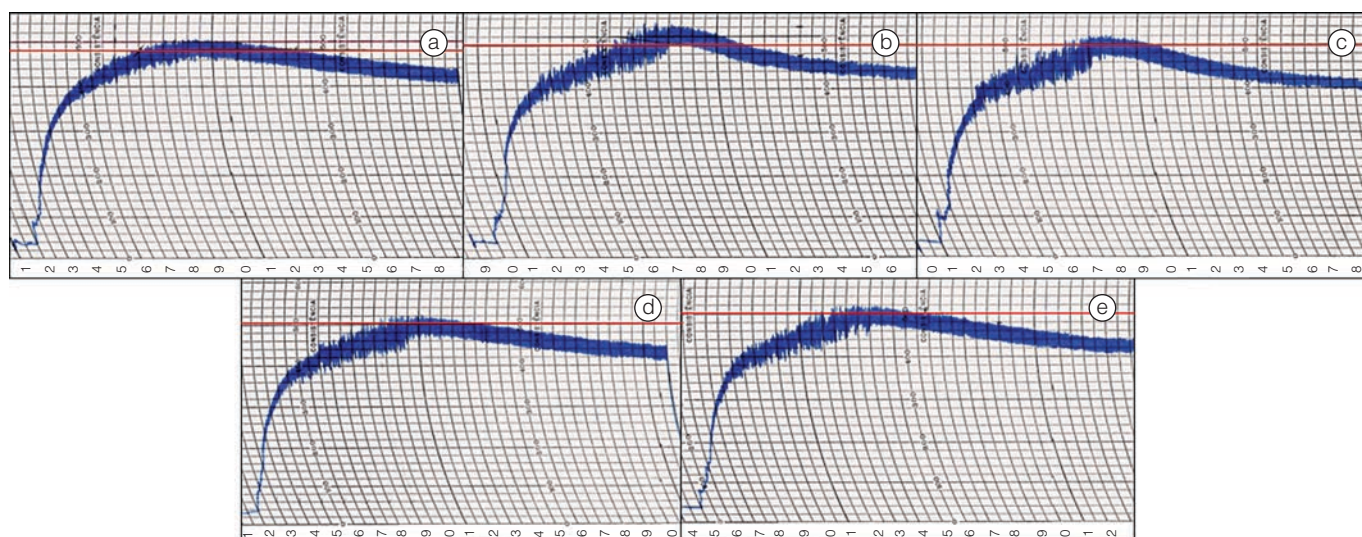


Figura 3. Farinograma da farinha de grão inteiro. a) Farinha sem oxidantes; b) Farinha + AA; c) Farinha + ADA; d) Farinha + BR; e e) Farinha + GO. AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

efeito não é muito pronunciado após 45 min de descanso, sendo marcante após 90 min. Isto pode estar relacionado tanto à diluição do glúten nesta farinha, como à presença de outros componentes, como a fibra.

Já o BR e a GO foram pouco efetivos sobre os parâmetros extensográficos das farinhas, apesar de que seus efeitos foram um pouco mais acentuados na farinha branca (quando se compara o D da farinha sem aditivos com o D da farinha aditivada). O BR é um agente de ação lenta e necessita de temperatura elevada, como a do forneamento, para começar a agir, portanto este poderia ser o motivo pelo qual não se pôde observar sua ação nesta análise.

As Figuras 5 e 6 ilustram os extensogramas obtidos para as farinhas de trigo branca e de grão inteiro, sem e com os agentes oxidantes, após 135 min de descanso.

3.5 Volume específico do pão francês

O volume específico do pão francês elaborado com a farinha branca, com e sem agentes oxidantes, foi medido após 2 h de resfriamento, sendo os resultados apresentados na Tabela 9.

Através do gráfico da Figura 7, pode-se observar que a adição dos agentes oxidantes resultou em um aumento do volume específico do pão francês em comparação com o controle (sem aditivos). Os melhores

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês

PEREIRA, E. P. R. et al.

Tabela 7. Parâmetros extensográficos da farinha branca (12,8% umidade) relativos aos tempos de descanso de 45, 90 e 135 min.

Amostra	t (min)	R (UB)*	Rm (UB)*	E (mm)*	D (R/E)*
Farinha branca	45	270 ± 14	419 ± 16	173 ± 4	1,57 ± 0,11
	90	333 ± 4	546 ± 16	166 ± 4	2,01 ± 0,02
	135	370 ± 0	578 ± 11	155 ± 7	2,39 ± 0,11
Farinha + AA	45	375 ± 21	515 ± 7	142 ± 9	2,66 ± 0,32
	90	612 ± 16	771 ± 30	120 ± 0	5,10 ± 0,14
	135	806 ± 150	913 ± 100	108 ± 8	7,57 ± 1,94
Farinha + ADA	45	660 ± 35	668 ± 32	84 ± 6	7,89 ± 0,95
	90	744 ± 34	749 ± 27	73 ± 4	10,26 ± 0,03
	135	595 ± 78	615 ± 64	80 ± 0	7,44 ± 0,97
Farinha + BR	45	314 ± 9	479 ± 16	160 ± 5	1,97 ± 0,12
	90	404 ± 20	632 ± 23	158 ± 4	2,57 ± 0,18
	135	454 ± 16	693 ± 25	148 ± 4	3,08 ± 0,03
Farinha + GO	45	318 ± 18	466 ± 20	167 ± 7	1,91 ± 0,19
	90	493 ± 60	652 ± 12	145 ± 8	3,42 ± 0,60
	135	515 ± 35	689 ± 5	138 ± 4	3,75 ± 0,35

* Média ± desvio padrão de duas determinações; E: extensibilidade; R: resistência à extensão; Rm: resistência máxima e D: número proporcional (R/E); UB: Unidades Brabender. AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

Tabela 8. Parâmetros extensográficos da farinha de grão inteiro (14,2% umidade) relativos aos tempos de descanso de 45, 90 e 135 min.

Amostra	t (min)	R (UB)*	Rm (UB)*	E (mm)*	D (R/E)*
Farinha de grão inteiro	45	340 ± 0	365 ± 7	133 ± 4	2,57 ± 0,07
	90	400 ± 7	435 ± 7	131 ± 4	3,07 ± 0,07
	135	478 ± 11	518 ± 4	118 ± 6	4,07 ± 0,31
Farinha + AA	45	545 ± 21	595 ± 21	109 ± 6	5,01 ± 0,45
	90	728 ± 4	785 ± 7	88 ± 1	8,31 ± 0,11
	135	794 ± 23	850 ± 14	88 ± 1	9,07 ± 0,19
Farinha + ADA	45	458 ± 4	505 ± 7	115 ± 10	3,99 ± 0,37
	90	975 ± 35	1005 ± 35	78 ± 4	12,58 ± 0,12
	135	1040 ± 57	1045 ± 64	74 ± 8	14,10 ± 0,85
Farinha + BR	45	315 ± 7	338 ± 11	130 ± 1	2,43 ± 0,04
	90	385 ± 21	425 ± 21	128 ± 1	3,02 ± 0,18
	135	448 ± 18	485 ± 21	115 ± 3	3,89 ± 0,25
Farinha + GO	45	340 ± 7	365 ± 7	132 ± 4	2,58 ± 0,03
	90	420 ± 14	460 ± 14	124 ± 2	3,40 ± 0,06
	135	485 ± 21	520 ± 14	117 ± 8	4,18 ± 0,46

* Média ± desvio padrão de duas determinações; E: extensibilidade; R: resistência à extensão; Rm: resistência máxima e D: número proporcional (R/E); UB: Unidades Brabender. AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

resultados, inclusive em relação ao tempo de fermentação, foram observados com a adição do AA. O segundo melhor resultado foi do oxidante ADA, seguido do BR e da GO, porém estes não apresentaram grandes alterações com o aumento do tempo de fermentação.

Segundo Pyler (1988), a adição de 20 a 30 mg.kg⁻¹ de bromato de potássio em pão de forma resultou em um bom desenvolvimento do volume do pão após o forneamento, no entanto, a adição de 40 a 60 mg.kg⁻¹ de bromato afetou negativamente o volume do produto.

Portanto, baseando-se nos testes feitos por Pyler (1988), a quantidade de BR utilizada neste trabalho pode estar em excesso.

Segundo Dagdelen e Gocmen (2007), a adição de GO na formulação de pão de forma nas concentrações de 2, 4 e 6 mg.kg⁻¹ promoveu aumento do volume específico do produto. De acordo com estes autores, o uso combinado da GO e do AA (30 mg.kg⁻¹) proporcionou melhores resultados de volume, comparado ao uso apenas da GO. Em contrapartida, Rasiah et al. (2005) não encontraram

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês

PEREIRA, E. P. R. et al.

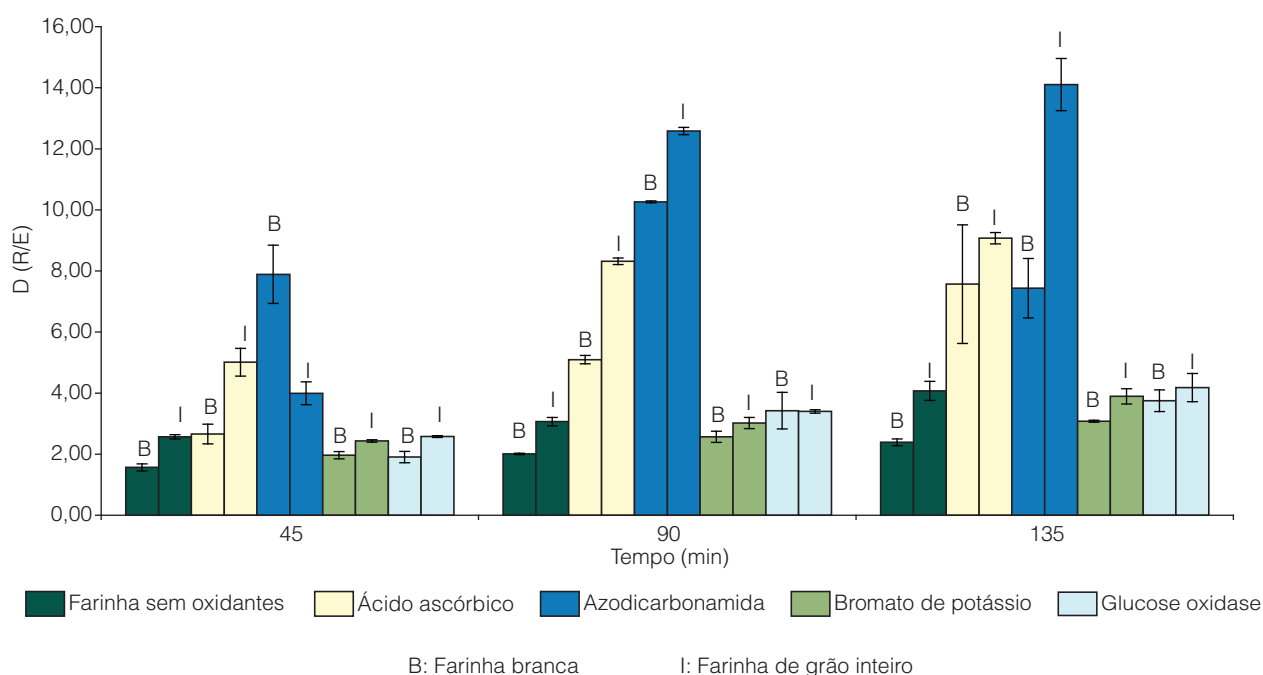


Figura 4. Número proporcional (R/E) das farinhas branca e de grão inteiro sem e com os agentes oxidantes ácido ascórbico, azodicarbonamida, bromato de potássio e glicose oxidase na concentração de 40 mg.kg⁻¹.

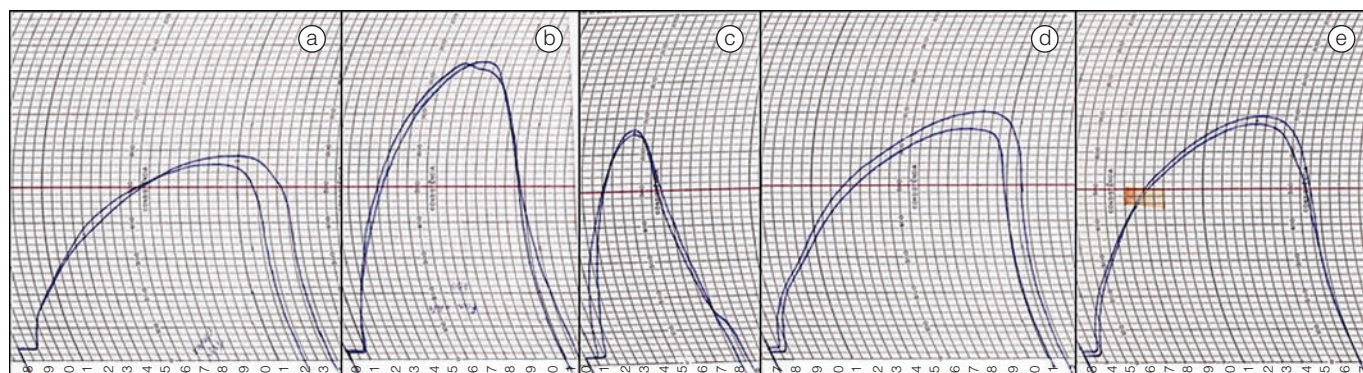


Figura 5. Extensogramas da farinha branca a 135 min. a) Farinha sem oxidantes; b) Farinha + AA; c) Farinha + ADA; d) Farinha + BR; e) Farinha + GO. AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

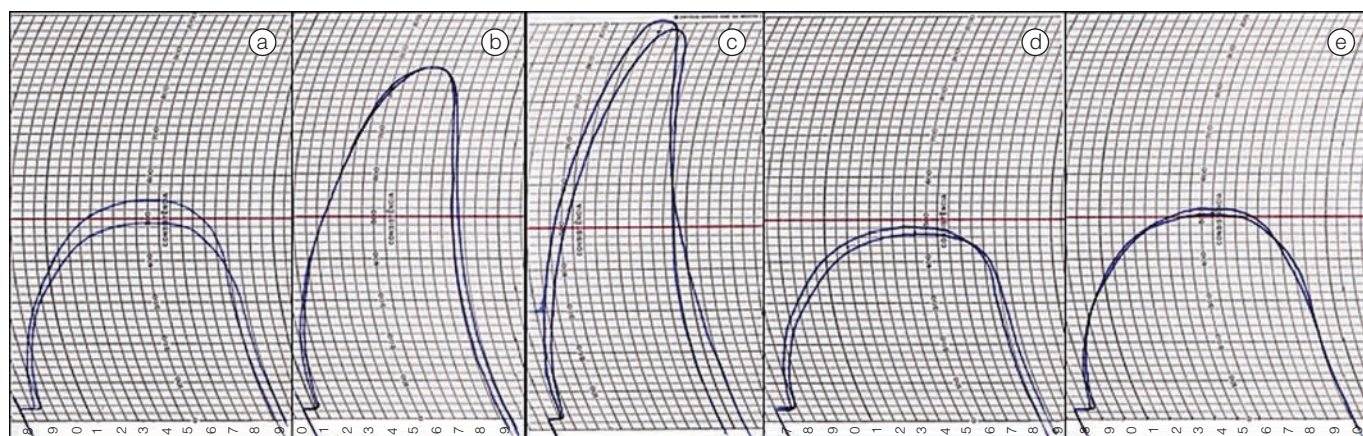


Figura 6. Extensogramas da farinha de grão inteiro a 135 min. a) Farinha sem oxidantes; b) Farinha + AA; c) Farinha + ADA; d) Farinha + BR; e) Farinha + GO. AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês

PEREIRA, E. P. R. et al.

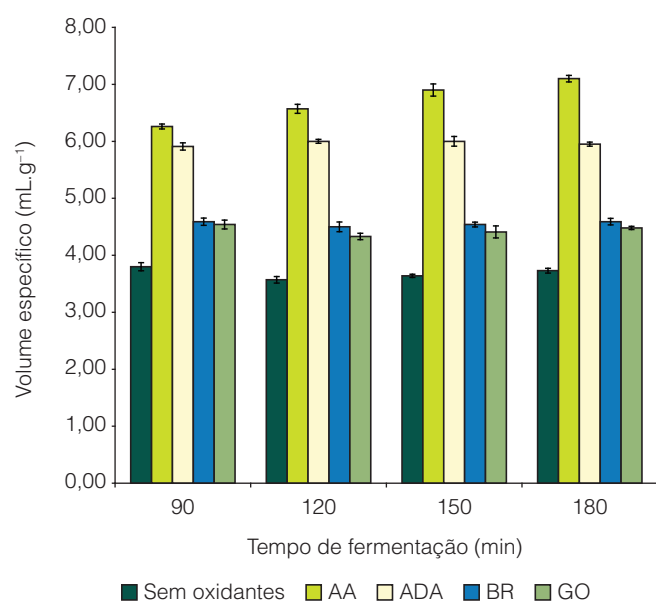


Figura 7. Volume específico de pão francês produzido com farinha branca sem e com agentes oxidantes em função do tempo de fermentação. AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

diferenças significativas entre os volumes específicos de pão de forma produzidos sem e com adição de GO na concentração de 3 mg.kg⁻¹.

Os resultados indicam que é possível obter pães com volumes específicos maiores com o uso dos agentes oxidantes estudados, quando comparados ao uso de farinha sem agentes oxidantes, mesmo com o menor tempo de fermentação (90 min).

A Figura 8 mostra os pães forneados após 90 min de fermentação.

Observa-se que os pães com os aditivos AA e ADA foram os que apresentaram melhor aparência, com uma melhor abertura de pestana.

Na Figura 9, é apresentado o corte transversal dos pães com e sem adição de agentes oxidantes, forneados após 90 min de fermentação.

Observa-se que o pão com adição de AA apresentou melhor aparência do miolo, sendo este mais claro e homogêneo, seguido do pão adicionado de ADA. Já os pães adicionados de BR e GO, não apresentaram boa uniformidade do miolo.

Tabela 9. Volume específico do pão francês produzido com farinha branca sem e com agentes oxidantes em função do tempo de fermentação.

Formulação	Volume específico (mL.g ⁻¹) 90 min	Volume específico (mL.g ⁻¹) 120 min	Volume específico (mL.g ⁻¹) 150 min	Volume específico (mL.g ⁻¹) 180 min
Sem oxidantes	3,80 ± 0,07	3,57 ± 0,06	3,64 ± 0,03	3,73 ± 0,04
Com AA	6,26 ± 0,04	6,57 ± 0,08	6,90 ± 0,11	7,10 ± 0,06
Com ADA	5,91 ± 0,06	6,00 ± 0,04	6,00 ± 0,08	5,95 ± 0,04
Com BR	4,59 ± 0,06	4,50 ± 0,08	4,54 ± 0,04	4,59 ± 0,06
Com GO	4,54 ± 0,08	4,33 ± 0,06	4,41 ± 0,11	4,48 ± 0,03

AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).



Figura 8. Pão francês sem e com agentes oxidantes forneados após 90 min de fermentação. AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês

PEREIRA, E. P. R. et al.

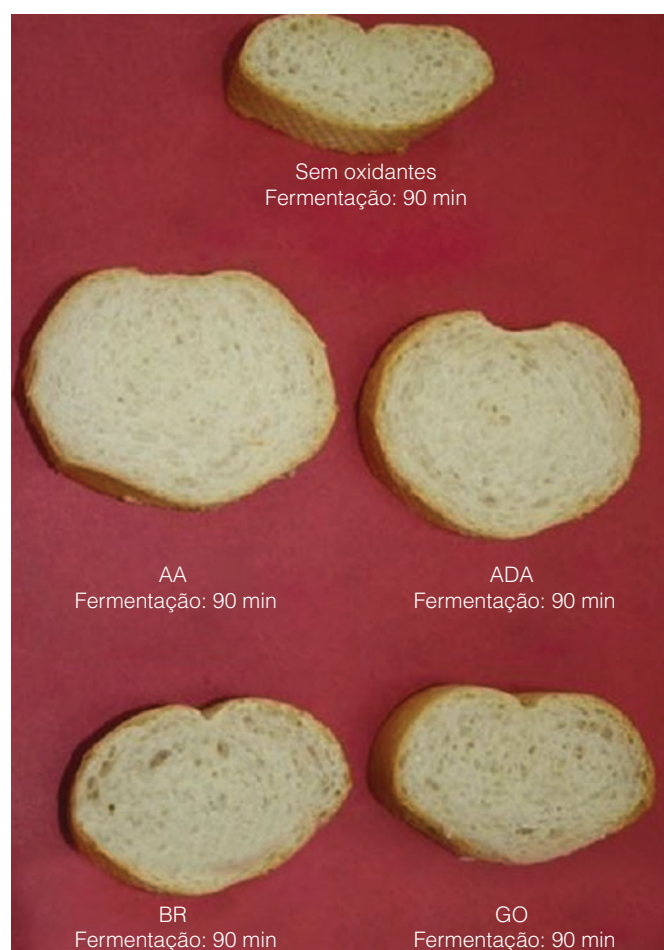


Figura 9. Corte transversal dos pães sem e com agentes oxidantes fornecidos após 90 min de fermentação. AA: ácido ascórbico; ADA: azodicarbonamida; BR: bromato de potássio; e GO: glicose oxidase (todos na dosagem de 40 mg.kg⁻¹).

4 Conclusões

Nas análises farinográficas, pôde-se verificar a ação da enzima oxidante GO no aumento da estabilidade da massa de farinha branca. Nas análises extensográficas, foi mais perceptível o efeito do AA e da ADA no aumento da resistência à extensão, tanto na massa de farinha branca, como na de grão inteiro. Estes aditivos são de ação intermediária e rápida, respectivamente, esperando-se melhor ação durante a mistura e fermentação. O BR não apresentou efeitos consideráveis nos parâmetros farinográficos e extensográficos, em comparação com as massas sem a adição dos oxidantes (branca e de grão inteiro). Isto era esperado, pois a ação do bromato ocorre durante o forneamento, por ser um agente oxidante de velocidade de reação lenta e ativado pela temperatura.

Na produção dos pães, pôde-se confirmar a ação dos agentes oxidantes AA e ADA verificada nas análises extensográficas, uma vez que estes proporcionaram pães com maior volume específico. O BR não apresentou o efeito esperado sobre o volume do pão, possivelmente

por necessitar de um ajuste de dosagem. Verificou-se ainda que todos os agentes oxidantes apresentaram ação considerável num tempo de fermentação mais curto, de 90 min, tempo este normalmente empregado nas padarias convencionais. O AA ainda apresentou um aumento de volume com o aumento do tempo de fermentação, podendo ser considerado em processos de longa fermentação.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Moinho Anaconda e à empresa Granotec a doação das amostras de farinha de grão inteiro e dos agentes oxidantes azodicarbonamida e glicose oxidase; à Padaria da FEA a doação da farinha branca; à Emulzint Aditivos Alimentícios a colaboração durante os testes e à técnica do Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, Alessandra Silva Coelho, o apoio nas análises.

Referências

- American Association of Cereal Chemists - AACC. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9 ed. St. Paul, 1995.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 383, de 05 de Agosto de 1999a. Aprova o Regulamento técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 7 – Produtos de panificação e biscoitos. **Diário Oficial da União**, de 09 de Agosto de 1999. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 17 Setembro 2008.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Lei nº 10273, de 05 de Setembro de 2001. Dispõe sobre o uso do bromato de potássio na farinha e nos produtos de panificação. **Diário Oficial da União**, de 06 de Setembro de 2001. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 30 Setembro 2008.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 60, de 05 de Setembro de 2007. Aprova o regulamento técnico “Atribuição de aditivos e seus limites máximos para a categoria de alimentos 6 – Cereais e produtos de ou a base de cereais”. **Diário Oficial da União**, de 11 de Setembro de 2007. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 30 Setembro 2008.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 386, de 05 de Agosto de 1999b. Aprova o “Regulamento técnico sobre aditivos utilizados segundo as boas práticas de fabricação e suas funções”. **Diário Oficial da União**, de 09 de Agosto de 1999. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 28 Outubro 2008.
- CARNEIRO, L. M. T. A.; FREITAS, J. G.; CARNEIRO, M. C.; FELICIO, J. C. Diferentes épocas de colheita, secagem e

Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês

PEREIRA, E. P. R. *et al.*

armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n.1, p.127-137, 2005.

DAGDELEN, A. F.; GOCMEN, D. Effects of glucose oxidase, hemicellulase and ascorbic acid on dough and bread quality. **Journal of Food Quality**, Oxon, v. 30, n. 6, p. 1009-1022, 2007.

EL-DASH, A. A. Molecular structure of gluten and viscoelastic properties of dough: a new concept. In: BRAZILLIAN CONGRESS on PROTEINS, 1, 1990. **Proceedings...** Campinas: Editora da UNICAMP, 1990. p.513-530.

FITCHETT, C. S.; FRAZIER, P. J. Action of oxidants and other improvers. In: BLANSHARD, J. M. V.; FRAZIER, P. J.; GALLIARD, T. **Chemistry and Physics of Baking**. London: The Royal Society of Chemistry, 1987. p. 179-198.

GALLIARD, T. Wholemeal flour and baked products: chemical aspects of functional properties. In: BLANSHARD, J. M. V.; FRAZIER, P. J.; GALLIARD, T. **Chemistry and Physics of Baking**. London: The Royal Society of Chemistry, 1987. p. 199-215.

GOESAERT, H.; BRIJS, K.; VERAVERBEKE, W. S.; COURTIN, C. M.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J. A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**, London, v. 16, n. 1-3, p. 12-30, 2005.

GUJRAL, H. S.; ROSELL, C. M. Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase. **Food Research International**, Amsterdam, v. 37, n. 1, p. 75-81, 2004.

IPCS INCHEM. Chemical Safety Information from Intergovernmental Organizations. **Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food**

Additives. Disponível em: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecval/jec_1969.htm>. Acesso em: 10 Novembro 2008.

INDRANI, D.; RAO, V. Effect of additives on rheological characteristics and quality of wheat flour parotta. **Journal of Texture Studies**, Oxon, v. 37, n. 3, p. 315-338, 2006.

JUNQUEIRA, R. M.; COCATO, M. L.; COLI, C.; CASTRO, I. A. Synergism between lipoxygenase-active soybean flour and ascorbic acid on rheological and sensory properties of wheat bread. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, West Sussex, v. 88, n. 2, p. 194-198, 2008.

PIZZINATTO, A. **Qualidade da Farinha de Trigo**: Conceito, Fatores Determinantes e Parâmetros de Avaliação e Controle. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1999. 72 p.

PYLER, E. J. **Baking Science & Technology**. 3 ed. Kansas City: Sosland Publishing Company, 1988. 588 p.

RASIAH, I. A.; SUTTON, K. H.; LOW, F. L.; LIN, H. M.; GERRAD, LIN, J. A. Crosslinking of wheat dough proteins by glucose oxidase and the resulting effects on bread and croissants. **Food Chemistry**, Oxon, v. 89, n. 3, p. 325-332, 2005.

TEDRUS, G. A. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; SPERANZA, S. M.; CHANG, Y. K.; BUSTUS, F. M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 20-25, 2001.

TILLEY, K. A.; BENJAMIN, R. E.; BOGOROGOZA, K. E.; KOTBER-OKOT, B. M.; PRAKASH, O.; KWEN, H. Tyrosine crosslinks: molecular basis of gluten structure and function. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 5, p. 2627-2632, 2001.