

Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz

Addition of collagen to gluten-free bread made from rice flour

Carolina da Silva Graça^{1*}, Josiane Brito Barbosa¹, Mayara Zinn de Souza¹, Angelita da Silveira Moreira²,
Márcia de Mello Luvielmo¹, Myriam de las Mercedes Salas Mellado¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Escola de Química e Alimentos (EQA), Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA), Rio Grande/RS - Brasil

² Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDTec), Laboratório de Biopolímeros, Pelotas/RS - Brasil

*Corresponding Author:

Carolina da Silva Graça, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Escola de Química e Alimentos (EQA), Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA), Av. Itália, km 08, s/n, CEP: 96201-900, Rio Grande/RS - Brasil, e-mail: carolinasgraca87@gmail.com

Cite as: Addition of collagen to gluten-free bread made from rice flour. *Braz. J. Food Technol.*, v. 20, e2016105, 2017.

Received: Aug. 15, 2016; Accepted: Dec. 01, 2016

Resumo

Os portadores da doença celíaca, uma enteropatia, apresentam intolerância ao glúten e a restrição de alimentos que os contenham mostra-se eficaz na normalização da função intestinal e das manifestações clínicas. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da adição de colágeno em pó e em fibra nas características estruturais, tecnológicas e sensoriais de pães sem glúten, elaborados com farinha de arroz. Primeiramente, foram realizadas adições de 2%, 4%, 6% e 8% de colágeno, sob as formas em pó e em fibra, em pães elaborados com farinha de arroz, sendo estes avaliados quanto às suas características tecnológicas: volume específico, firmeza do miolo e cor da crosta e do miolo. O pão que apresentou as melhores características tecnológicas foi caracterizado quanto à sua composição química (proteínas, lipídios, cinzas, umidade e carboidratos), avaliado quanto às perdas decorrentes da cocção e submetido à análise sensorial. As massas cruas dos pães adicionados com o colágeno em fibra, assim como a massa do pão padrão (sem adição de colágeno), foram avaliadas através de reologia e microscopia eletrônica de varredura. A adição de colágeno aos pães elaborados com farinha de arroz não colaborou para a formação de uma rede semelhante à formada pelo glúten. O pão da formulação com 4% de colágeno em fibra apresentou as características tecnológicas mais próximas ao esperado, não diferindo significativamente quanto à composição química, do pão padrão. Por meio da análise sensorial, constatou-se que os pães sem glúten (padrão e com 4% de colágeno em fibra) obtiveram aceitação sensorial superior a 75%. Conclui-se, com o estudo, que é possível adicionar colágeno em pães sem glúten, sendo que o pão adicionado de 4% de colágeno em fibra apresentou características mais próximas às do pão padrão testado.

Palavras-chave: Doença celíaca; Colágeno em fibra; Colágeno em pó; Microscopia eletrônica de varredura; Reologia.

Summary

Patients with celiac disease, an enteropathy, present gluten intolerance and the restriction of food containing it is shown to be effective in the normalization of intestinal function and clinical manifestations. This study aimed to evaluate the impact of collagen powder and collagen fibre on the structural, technological and sensory characteristics of gluten-free bread made with rice flour. Firstly 2%, 4%, 6% and 8% of collagen powder and collagen fibre were added to bread formulations made from rice flour to evaluate the physical parameters (specific volume, crumb hardness, and crust and crumb colours). The bread showing the best technological properties was then characterized for its chemical composition (protein, fat, ash, moisture and carbohydrates) and cooking losses, and submitted to a sensory evaluation. A rheological assessment and scanning electron microscopy were carried out on the uncooked doughs of the control and of that containing collagen fibre. The addition of collagen to rice flour breads did not contribute to the formation of a network similar to that formed by gluten. The bread formulation containing 4% collagen fibre presented technological characteristics closest to those expected, with no significant differences in the chemical composition when compared to the control. The results of the sensory evaluation



Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz

Graça, C. S. et al.

showed that the gluten-free breads (control and with 4% collagen fibre) presented sensory acceptance greater than 75%. It was concluded that the addition of collagen to gluten-free bread formulations was possible, and the bread containing 4% collagen fibre exhibited characteristics closest to the control.

Keywords: *Coeliac disease; Collagen fibre; Collagen powder; Scanning electron microscopy; Rheology.*

1 Introdução

A doença celíaca (DC) é caracterizada por uma intolerância à ingestão de glúten, presente em cereais, como cevada e trigo. A exclusão total do glúten da dieta, durante toda a vida, é a forma mais eficaz para tratar indivíduos portadores desta patologia (KOTZE, 2006). Estima-se que 1% da população mundial seja de indivíduos celíacos (BZG, 2015). Segundo a Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA, 2015), o produto que os celíacos gostariam de encontrar com maior facilidade para seu consumo é o pão, correspondendo a 47% das indicações.

Em substituição à farinha de trigo, uma alternativa é a utilização de cereais isentos de glúten, como é o caso da farinha de arroz. A obtenção de um pão sem glúten não é um processo fácil, pois nenhuma farinha confere os mesmos resultados no que se refere a estrutura e textura do pão. Tal fato ocorre porque justamente o glúten proporciona a elasticidade necessária para que a massa retenha os gases produzidos durante a fermentação, proporcionando o crescimento da massa com um miolo macio e aerado (STUPPIELLO, 2013). O pão elaborado sem glúten apresenta redução de sua qualidade tecnológica, uma vez que não tem a capacidade de reter os gases gerados durante os processos de fermentação e forneamento, apresentando baixo volume específico, miolo firme e borrachento (CAPRILES; ARÊAS, 2011).

O grupo de estudos do Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande (LTA-FURG) vem estudando uma nova formulação de pão de arroz. A enzima transglutaminase visa melhorar a qualidade destes produtos, atuando na catálise e na formação de ligações intra e intermoleculares entre as proteínas presentes na massa, fortalecendo a rede proteica (FIGUEIRA, 2010; GUJRAL; ROSELL, 2004; ROSELL; COLLAR, 2007). Uma possibilidade para melhorar as características tecnológicas da panificação utilizando farinha de arroz é a adição de colágeno ao produto elaborado. Devido à sua estrutura molecular, se une facilmente às proteínas e é capaz de se ligar tanto com a água quanto com a gordura.

De acordo com Prestes et al. (2013), a partir do colágeno, são comumente obtidos o colágeno parcialmente hidrolisado (gelatina) e o colágeno hidrolisado. Outro ingrediente em estudo é a fibra de colágeno, que pode ser obtida na forma de fibra (colágeno em fibra) ou na forma de pó (colágeno em pó), que é obtida das camadas

internas do couro bovino através de um processo menos drástico: um processo químico (tratamento alcalino com hidróxido de cálcio), desengorduramento e secagem a baixas temperaturas. A fibra de colágeno em pó é obtida por processo similar ao da fibra de colágeno, sendo esta submetida a temperaturas mais elevadas e posterior moagem (SANTANA et al., 2012; MAXIMO; CUNHA, 2010).

Prestes et al. (2013) afirmam que as fibras de colágeno, nas formas fibra e pó, apresentaram características físico-químicas superiores às do colágeno hidrolisado e da gelatina. Devido à sua forma física, a fibra tem a capacidade de reter água e conferir textura e coesão, propriedade inexistente no colágeno hidrolisado (NOVAPROM FOOD INGREDIENTS, 2006); por isso, a aplicação da fibra de colágeno proporciona vantagens funcionais como extensor e ligante de água. O elevado teor proteico, o alto teor de hidroxiprolina, a grande capacidade de absorção de água e a fácil disponibilidade tornam a fibra de colágeno uma alternativa de ingrediente funcional, para aplicação na indústria de alimentos.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da adição de colágeno em pó e em fibra nas características estruturais, tecnológicas e sensoriais de pães sem glúten, elaborados com farinha de arroz.

2 Material e métodos

O estudo foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande (LTA-FURG). A formulação dos pães elaborados com farinha de arroz pode ser visualizada na Tabela 1, adaptada de Figueira (2010). Foi realizada uma formulação padrão sem adição de colágeno e adições de 2%, 4%, 6% e 8%

Tabela 1. Formulação dos pães de farinha de arroz.

Ingrediente	Quantidade
Farinha de arroz	100 (g)
Sal	2 (g)
Açúcar	5 (g)
Fermento seco	2 (g)
Óleo de soja	6 (g)
Ácido Ascórbico	0,009 (g)
Água	120 (mL)*
Metilcelulose	2 (g)
Transglutaminase	0,5 (g)
Colágeno	2 a 8 (%)**

*Quantidade ajustada para se conseguir uma massa homogênea;
**Conforme testes preliminares; Porcentagem em relação a 100 g de farinha de arroz (FIGUEIRA, 2010).

Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz

Graça, C. S. et al.

de colágeno, nas formas pó e fibra, em massa à base de farinha de arroz. Os colágenos bovinos NOVAPRO®, nas formas fibra e pó, foram fornecidos pela JBS Colágeno (laudo dos produtos em NOVAPROM FOOD INGREDIENTS, 2013).

Os ingredientes secos foram colocados em batedeira planetária (KITCHENAID, modelo BEA30ABAIM) e misturados por um minuto em velocidade baixa, sendo, em seguida, adicionados de água e óleo, e misturados por nove minutos na velocidade baixa. A massa foi levada para estufa (QUIMIS, modelo Q31711-43) a 30°C para uma primeira fermentação durante 60 minutos e, depois disso, foi realizada uma homogeneização manual na massa. Frações de 175 g dessa massa foram colocadas em formas próprias para pão, com medidas de 13,3 × 5,5 cm de base, 15,5 × 7,4 cm de topo e altura de 4,5 cm, sendo levadas para uma segunda fermentação por aproximadamente 55 minutos, a 30°C. Em seguida, foram assadas a 200°C por 20 minutos em forno elétrico (FISCHER, modelo Diplomata), obtendo-se, como produto final, um pão do tipo “fôrma”.

Os pães assados e esfriados à temperatura ambiente durante uma hora foram pesados em balança semi-analítica (Marte, modelo AS200) e seu volume foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço (PIZZINATO et al., 1993). O volume específico foi calculado segundo a razão entre o volume e o peso do pão assado (mL/g).

A avaliação instrumental da cor, em triplicata, foi realizada no miolo e na crosta dos pães utilizando-se um colorímetro (Minolta®, modelo CR 400), seguindo o sistema de cor no espaço $L^*a^*b^*$, no qual os parâmetros L^* , a^* e b^* correspondem, respectivamente, a: luminosidade, variando de zero (preto) a 100 (branco); a^* e b^* (coordenadas de cromaticidade), que variam de - a^* (verde) até + a^* (vermelho), e os valores b^* , que variam de + b^* (amarelo) até - b^* (azul) (HUNTERLAB, 1998).

Após a avaliação do volume específico e da cor, os pães foram fatiados com o auxílio de faca elétrica (ARNO, modelo Monlinex) para uma melhor padronização da espessura das fatias. O teste de firmeza do miolo foi realizado em triplicata, segundo metodologia da AACC (2000) (74-09.01), que consiste em colocar fatias de 25 mm de espessura no centro da plataforma do Analisador de Textura (Stable Micro Systems, modelo TA-XT2), sendo então comprimidas por probe cilíndrico de 36 mm de diâmetro nas seguintes condições de trabalho: velocidade de pré-teste: 1,0 mm/s; velocidade de teste: 1,7 mm/s; velocidade de pós-teste: 10,0 mm/s; compressão: 40%; força de disparo: 5 g.

Na farinha de arroz, no pão padrão (0% colágeno) e no pão que apresentou as melhores características tecnológicas, foi realizada a composição proximal. A umidade, as cinzas, as proteínas ($N \times 6,25$) e os lipídios

foram determinados de acordo com a metodologia descrita pela AACC (2000), respectivamente pelos métodos 44-15A, 08-01, 46-13 e 30-20, enquanto que os carboidratos foram estimados por diferença.

Para a determinação da quantidade de perdas que ocorrem nos pães durante a cocção, foi calculada a diferença entre o peso final dos pães (após uma hora de resfriamento) e o peso da massa crua, ambos pesados em balança analítica (Bioprecisa, modelo FA2104N).

A avaliação reológica foi realizada, em triplicata, nas massas adicionadas com o colágeno em fibra, o qual apresentou as melhores características durante a elaboração dos pães, nas concentrações de 2%, 4%, 6% e 8%, e na massa sem adição de colágeno (padrão). As massas foram submetidas a testes reométricos no módulo oscilatório, sendo determinados os módulos de estocagem (G') e de perda (G''), para verificar as mudanças ocorridas na viscoelasticidade da massa devido à adição de colágeno. As análises foram realizadas à temperatura de 25°C, utilizando-se reômetro HAAK RS 150 com geometria de placas paralelas (35 mm de diâmetro e espaço de 2 mm). A massa foi colocada entre as placas, sendo submetida a um estresse de 0,1 Pa, no intervalo de frequência angular de 0,1 a 10 rad/s (KORUS et al., 2009).

Para a análise micrográfica, amostras de massa não fermentada (sem adição da levedura) foram congeladas a -86°C em ultrafreezer (Indrel, modelo IULT 90D) por 48 horas, sendo, em seguida, desidratadas em liofilizador (LIOTOP, modelo L 108) por 48 horas. Foi realizada a fragmentação das amostras para fixação nos *stubs*, sendo, em seguida, recobertas com carbono utilizando-se um *sputtering* (Desk V, modelo Denton Vacuum). As imagens foram realizadas em microscópio eletrônico de varredura (JEOL, modelo JSM-6010 LV) no Centro de Microscopia da Região Sul do Brasil (CEMESUL-FURG). Através da análise, observou-se a estrutura das massas adicionadas de colágeno em quantidades pré-determinadas, tendo sido estas comparadas à massa padrão.

As análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial e Controle de Qualidade da Escola de Química e Alimentos (LASCQ-FURG). A análise sensorial foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande sob o número CAAE: 50197515.1.0000.5324. O pão que apresentou as melhores características tecnológicas e o pão padrão foram submetidos à avaliação sensorial com um painel de 80 avaliadores não treinados. Utilizou-se escala hedônica de nove pontos, onde 1 equivale a “desgostei muitíssimo” e 9 a “gostei muitíssimo”, cujos atributos solicitados para avaliação foram sabor, aroma, aparência, textura e a aceitação global do produto. Com os valores obtidos, foram calculados os Índices de Aceitação ($IA = \text{nota} \times 100/9$). Também foi realizado o teste de Intenção de Compra, através

Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz

Graça, C. S. et al.

de uma escala de atitude de 5 pontos (1 - certamente não compraria e 5 - certamente compraria).

As avaliações tecnológicas do volume específico, da firmeza e da cor (miolo e crosta), e as análises de composição proximal foram realizadas em triplicata. Os resultados foram avaliados estatisticamente utilizando-se a análise de variância (ANOVA), sendo comparados através do teste de Tukey no nível de 5% de significância, empregando o programa Statistica 5.0.

3 Resultados e discussão

Os resultados de volume específico dos pães em estudo encontram-se no gráfico apresentado na Figura 1. Foi possível observar que o pão padrão foi o que apresentou o maior volume específico (3,80 mL/g) em relação aos pães adicionados de colágeno. Destacamos que os pães elaborados com colágeno em fibra (F) obtiveram um volume específico maior, se comparados aos pães elaborados com colágeno em pó (P). Os pães adicionados com 2% e 4% em fibras foram os que apresentaram os volumes mais altos, dentre as formulações adicionadas de colágeno. Além disso, verificou-se que o aumento da quantidade de colágeno adicionado ao pão ocasionou a diminuição do volume específico.

Figueira et al. (2011) e Selmo (2014) realizaram estudos em que se utilizou a mesma formulação de pão do presente estudo. Figueira et al. (2011), com o objetivo de aumentar o conteúdo proteico dos pães elaborados com farinha de arroz, observaram que a adição de *Spirulina platensis* (proteína exógena) até 4%, à farinha de arroz, não causou diferença significativa no volume dos pães. No entanto, Selmo (2014), com o objetivo de avaliar o efeito da adição da metilcelulose, da enzima transglutaminase e da *Spirulina* na qualidade tecnológica e nutricional de pães de farinha de arroz, observou que o aumento da adição de *Spirulina* afetou positivamente o volume específico dos pães.

Os valores de firmeza do miolo dos pães padrão e adicionados de colágeno encontram-se no gráfico apresentado na Figura 2. A menor firmeza do miolo foi observada no pão padrão (153,98 gf), enquanto que o pão com 8% de colágeno em pó apresentou a maior firmeza (1.143,13 gf). Pães com 4%, para ambos os tipos de colágeno, e com 6% de colágeno em fibra não diferiram do padrão. Observou-se, ainda, que os pães adicionados de colágeno em fibra apresentaram menor firmeza, se comparados aos pães adicionados de colágeno em pó, exceto para a formulação com 4% de colágeno em pó.

Foi observado, durante a elaboração dos pães, maior dificuldade em solubilizar o colágeno em pó e manusear a massa desses pães. O colágeno em pó apresenta estrutura na forma granular, enquanto que o colágeno em fibra apresenta estrutura na forma fibrosa entrelaçada. A estrutura apresentada pelo colágeno em

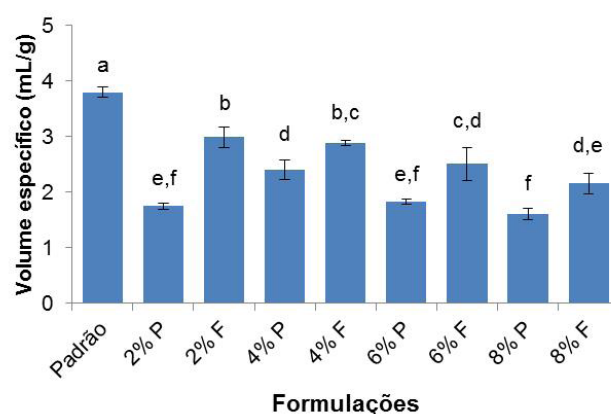


Figura 1. Volume específico dos pães padrão e adicionados de colágeno em pó e em fibra. P = colágeno em pó; F = colágeno em fibra; letras minúsculas referem-se à diferença significativa entre as amostras.

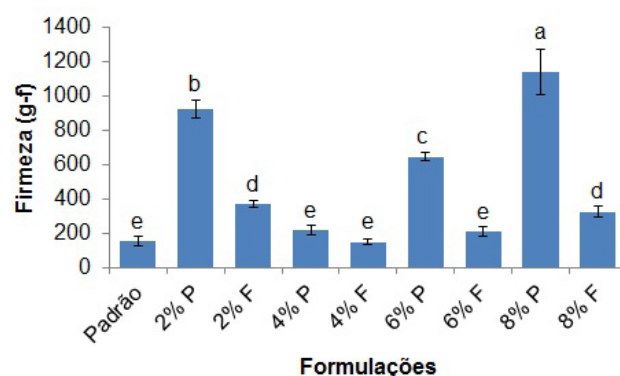


Figura 2. Firmeza dos pães padrão e adicionados de colágeno em pó e em fibra. P = colágeno em pó; F = colágeno em fibra; letras minúsculas referem-se à diferença significativa entre as amostras.

fibras pode ser um dos fatores que contribuíram para reforçar a rede proteica formada pelas proteínas do arroz e, conseqüentemente, auxiliar na retenção de CO₂ produzido pelas leveduras durante o processo fermentativo. Já a estrutura granular do colágeno em pó pode ter dificultado o processo de retenção de CO₂, gerando pães com menor volume específico, em relação aos pães adicionados de colágeno em fibra.

Como relatado por Moore et al. (2006) e Mezaize et al. (2009), há uma forte correlação positiva entre o volume específico e a firmeza dos pães. Isto pode ser justificado pela maior compactação das células de gás existente nos pães com menor volume específico, que causa aumento na resistência à deformação destes pães, resultando, assim, em maior firmeza do miolo. Os resultados obtidos neste estudo confirmam a relação inversa.

Além disso, devido à difícil solubilização do colágeno em pó, houve a formação de grumos, o que contribuiu para a maior firmeza dos pães adicionados com este tipo de colágeno, visto que estes grumos permaneceram até

Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz

Graça, C. S. et al.

o produto final. Entretanto, embora para a adição de 4% o tipo de colágeno tenha influenciado significativamente ($p > 0,05$) no volume específico dos pães, não foi verificada influência significativa no seu valor de firmeza.

Figueira (2010) observou que, até uma concentração de 4% de *Spirulina*, não houve diferença significativa na firmeza dos pães, mas, a partir desta concentração, houve variação.

Os resultados das análises de cor do miolo e da crosta dos pães estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. Pães elaborados com farinha de arroz, se comparados aos pães de trigo, costumam apresentar uma coloração clara (quase branco). Observou-se, de modo geral, que os miolos e as crostas dos pães adicionados de colágeno apresentaram uma coloração mais clara que o próprio pão padrão.

A cor da crosta é um dos principais atributos para a tomada de decisão do consumidor com relação à aceitação de pães. No estudo, foi possível observar que a luminosidade da crosta dos pães com colágeno em pó

foi significativamente maior, ou seja, pães com crostas de cor mais clara, com exceção dos pães com 4% de colágeno. Isso também foi observado para o miolo dos pães, porém, para as formulações com 2% e 8%, não foi observada uma diferença significativa.

Os valores encontrados para o croma a^* da crosta (Tabela 3) foram positivos para as formulações padrão, 2% F, 4% P, 4% F e 8% F, indicando uma tendência à cor vermelha (dourada), o que é desejado para a crosta do pão. Para as outras formulações, o valor do croma a^* foi praticamente zero, aproximando-se da neutralidade.

Os valores obtidos para o croma b^* da crosta (Tabela 3) variaram entre +12,53 (2% de colágeno em pó) e +31,19 (2% de colágeno em fibra), tendendo ao amarelo. Acredita-se que a solubilidade do colágeno tem influência na coloração do pão, uma vez que o colágeno em fibras se dissolve mais facilmente em água do que o colágeno em pó.

Evangelho et al. (2012), ao avaliarem as características de cor de crosta e miolo dos pães elaborados com diferentes misturas de farinha de arroz e extrusada, encontraram para a amostra controle, que corresponde à formulação que contém o máximo de farinha de arroz branco polido (75%), um valor de luminosidade (L^*) da crosta e do miolo, de 57,78 e 69,68, respectivamente. Com relação ao pão padrão do presente estudo, este apresentou uma coloração de crosta mais escura que a obtida por Evangelho et al. (2012), enquanto que o miolo aproximou-se do valor obtido pelos autores.

Menezes et al. (2014) utilizaram colágeno hidrolisado em pães de farinha de trigo tipo fôrma e observaram que este não alterou a coloração levemente amarela do miolo dos pães, quando comparados à coloração apresentada pela formulação padrão.

Embora o colágeno, em conjunto com a farinha de arroz, não tenha formado uma rede semelhante à rede formada pelo glúten, o pão da formulação com 4% de colágeno em fibra apresentou as melhores características tecnológicas, com base nos resultados de volume específico e firmeza.

Os resultados encontrados para a perda por cocção dos pães encontram-se no gráfico apresentado na Figura 3. Todos os pães adicionados de colágeno em pó apresentaram valores inferiores de perdas na cocção, quando comparados com os pães adicionados de colágeno em fibra, o que demonstra um efeito positivo do colágeno em pó, em relação ao colágeno em fibra. Sugere-se que esse resultado possa ter ocorrido devido ao fato de o colágeno em pó possuir uma absorção mínima de 98% de água, enquanto que o colágeno em fibra absorve, no mínimo, 85% de água (NOVAPROM FOOD INGREDIENTS, 2013), o que demonstra que o colágeno em pó apresenta uma alta capacidade de retenção de água.

Tabela 2. Parâmetros de cor para o miolo dos pães padrão e adicionados de diferentes concentrações de colágeno em pó e em fibra.

Amostra	L^*	a^*		b^*	
		Miolo			
Padrão	63,93 ^e ± 1,73	-0,69 ^a ± 0,02	5,4 ^h ± 0,07		
2% P	72,43 ^b ± 0,72	-1,18 ^{d,e} ± 0,04	8,17 ^c ± 0,04		
2% F	73,90 ^{a,b} ± 0,38	-1,23 ^e ± 0,01	7,72 ^d ± 0,06		
4% P	66,70 ^d ± 1,02	-1,07 ^c ± 0,05	6,25 ^g ± 0,12		
4% F	70,40 ^c ± 0,16	-1,02 ^c ± 0,02	6,75 ^f ± 0,12		
6% P	74,97 ^a ± 0,94	-1,02 ^c ± 0,02	8,70 ^b ± 0,23		
6% F	70,35 ^c ± 1,36	-0,71 ^a ± 0,04	7,19 ^d ± 0,08		
8% P	73,75 ^{a,b} ± 0,67	-0,95 ^b ± 0,04	10,07 ^a ± 0,10		
8% F	73,49 ^{a,b} ± 0,30	-1,15 ^d ± 0,03	8,47 ^{b,c} ± 0,30		

Letras diferentes em uma mesma coluna diferem estatisticamente no nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); P = colágeno em pó; F = colágeno em fibra.

Tabela 3. Parâmetros de cor para a crosta dos pães padrão e adicionados de diferentes concentrações de colágeno.

Amostra	L^*	a^*		b^*	
		Crosta			
Padrão	48,83 ^f ± 1,41	3,17 ^b ± 0,63	28,62 ^c ± 0,18		
2% P	82,48 ^a ± 0,30	-0,88 ^d ± 0,02	12,53 ^f ± 0,51		
2% F	66,72 ^d ± 0,37	8,74 ^a ± 0,56	31,19 ^a ± 0,27		
4% P	66,0 ^d ± 2,59	8,59 ^a ± 2,25	27,69 ^c ± 1,47		
4% F	74,00 ^c ± 0,60	2,50 ^c ± 0,25	22,38 ^d ± 0,31		
6% P	80,80 ^{a,b} ± 0,23	-0,83 ^d ± 0,02	13,37 ^f ± 0,25		
6% F	60,82 ^e ± 4,81	-0,83 ^d ± 0,14	15,96 ^e ± 0,51		
8% P	77,50 ^{b,c} ± 0,23	-0,73 ^d ± 0,04	15,47 ^e ± 0,21		
8% F	68,90 ^d ± 0,63	7,65 ^a ± 0,46	29,91 ^b ± 0,62		

Letras diferentes em uma mesma coluna diferem estatisticamente no nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); P = colágeno em pó; F = colágeno em fibra.

Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz

Graça, C. S. et al.

Ao elaborar pães sem glúten utilizando farinhas de arroz e de soja em sua formulação padrão, Huerta (2015) verificou que houve uma perda de 17,23 g durante a cocção. No entanto, os pães adicionados de 2,5%, 5,0% e 7,5% de farinha de chia apresentaram perda por cocção de 17,69 g, 14,60 g e 14,43 g, respectivamente. Esse autor verificou menor perda por cocção, se comparada aos pães adicionados de colágeno, exceto para as formulações de 2% e 6% de colágeno em pó. Supõe-se que o colágeno apresente uma menor retenção de líquidos e, portanto, uma maior perda durante o cozimento, em relação à chia.

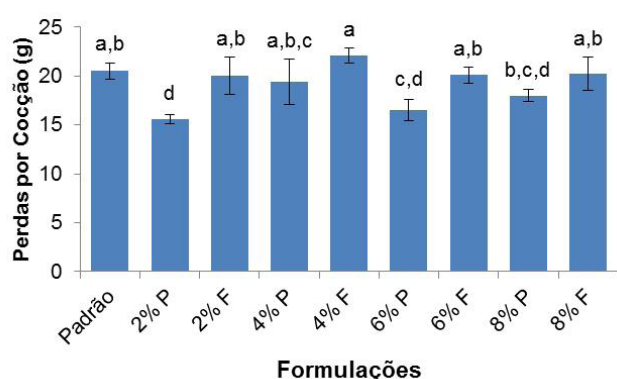
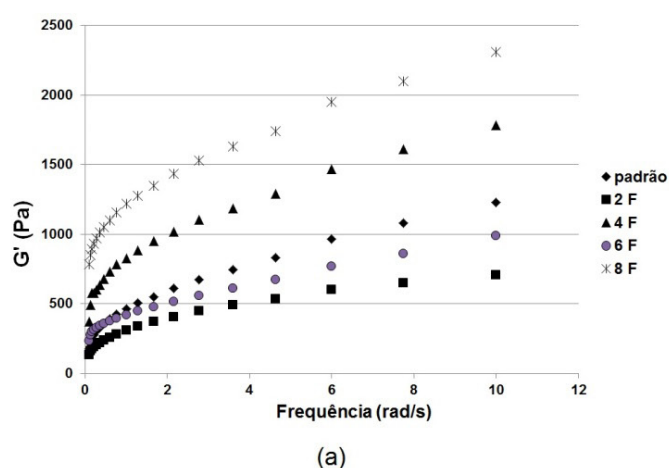


Figura 3. Perda por cocção dos pães padrão e adicionados de colágeno em fibra e em pó. P = colágeno em pó; F = colágeno em fibra; letras minúsculas referem-se à diferença significativa entre as amostras.



A Tabela 4 apresenta os resultados para a composição proximal da matéria-prima (farinha de arroz) e dos pães padrão e adicionado de 4% de colágeno em fibra.

Foi possível observar que a composição proximal do pão padrão e do pão adicionado de 4% de colágeno em fibra não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$). Verificou-se, ainda, que a adição de colágeno não contribuiu para o aumento do teor proteico do pão elaborado com farinha de arroz, como era esperado. Os valores de umidade foram maiores em pães sem glúten do que no pão de trigo tradicional, pois a quantidade de água necessária para dar a consistência ideal à massa foi maior (EL-DASH et al., 1994).

Os gráficos apresentados na Figura 4 representam, respectivamente, as mudanças no módulo de estocagem ou módulo elástico (G') e no módulo de perda ou módulo viscoso (G''), para a amostra padrão e para as amostras adicionadas de proteínas de colágeno em fibra. Observou-se que, em todas as formulações, incluindo a massa padrão, os valores de G' (módulo elástico) foram superiores aos valores de G'' (módulo viscoso), indicando que as propriedades elásticas predominaram sobre as propriedades viscosas.

A formulação adicionada de 8% de colágeno foi a que apresentou os maiores valores de elasticidade e viscosidade, enquanto que a formulação com 2% de colágeno apresentou os menores valores para estes

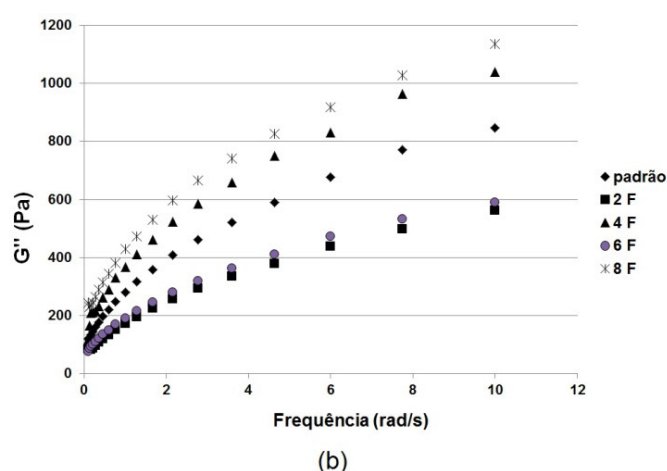


Figura 4. Módulo de estocagem (G') (a) e módulo de perda (G'') (b) da massa padrão e das massas adicionadas com diferentes concentrações de colágeno em fibra.

Tabela 4. Composição proximal (b.s.) da farinha de arroz, do pão padrão e do pão adicionado de 4% de colágeno em fibra.

Amostra	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	Carboidratos (%)*
Farinha de arroz	10,76 ^b ± 0,23	0,33 ^b ± 0,03	0,41 ^a ± 0,11	9,58 ^a ± 0,91	89,68
Pão padrão	48,72 ^a ± 0,45	2,35 ^a ± 0,20	0,79 ^a ± 0,23	8,57 ^a ± 1,06	88,29
Pão 4% F	48,56 ^a ± 0,28	2,42 ^a ± 0,02	0,70 ^a ± 0,23	9,91 ^a ± 1,21	86,97

Letras diferentes em uma mesma coluna diferem estatisticamente no nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); *Calculados por diferença; F = colágeno em fibra.

Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz

Graça, C. S. et al.

parâmetros. Concentrações de 4 e 8% de colágeno em fibra resultaram em viscoelasticidade superior à verificada no pão padrão.

A tangente do ângulo de fase (δ) foi calculada através da relação entre G'' e G' , a qual se encontra apresentada no gráfico da Figura 5. Os valores de δ observados diminuíram com o aumento de colágeno na massa, exceto para a formulação de 2% de colágeno, pela contribuição crescente da componente elástica, o que refletiu em uma massa de difícil moldagem.

Marco e Rosell (2008) estudaram o efeito de diferentes isolados proteicos (ervilha, soja, albumina de ovo e proteína de soro) e de transglutaminase sobre as propriedades viscoelásticas da massa de farinha de arroz. Demirkesen et al. (2010) estudaram as propriedades reológicas da massa de pão de farinha de trigo e sem glúten (farinha de arroz), com ou sem gomas e emulsificantes. Machado (2012) estudou a influência da temperatura de processamento nas propriedades viscoelásticas da massa de pão de farinha de arroz e do concentrado proteico de orizenina. Ziobro et al. (2013) verificaram a possibilidade do enriquecimento de massas para pães livres de glúten, com concentrados ou isolados de proteínas de diferentes origens. Em todos esses estudos, foi observado um comportamento de sólido viscoelástico das massas, com módulo de armazenamento (G') maior que o módulo de perda (G''), o mesmo observado no presente estudo.

No estudo de Ziobro et al. (2013), a adição das proteínas de soja e de colágeno causou um aumento nos módulos G' e G'' maior que com a adição das proteínas de tremço e albumina, além de uma notável redução na tangente do ângulo de fase.

A estrutura da massa padrão e a estrutura das massas adicionadas de 2%, 4%, 6% e 8% de colágeno em fibra foram observadas através de MEV, como mostra a Figura 6. Na Figura 6A, observou-se um aglomerado de grânulos de amido de arroz não gelatinizados, com formato poliédrico,

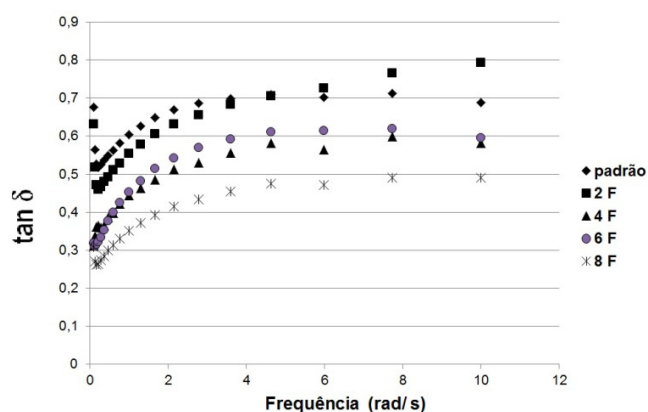


Figura 5. Tangente do ângulo de fase (δ) da massa padrão e das massas adicionadas de colágeno em fibra.

típicos de amido de arroz. Na Figura 6B, C, D, E, com adição crescente de colágeno, percebeu-se a presença de estruturas mais contínuas do que as proteínas presentes no padrão. As massas adicionadas de 6% e 8% de colágeno foram aquelas que apresentaram a maior quantidade de estruturas alongadas e contínuas. Entretanto, isso não contribuiu para o aumento do volume específico, pelo contrário, impediu uma melhor distribuição do gás produzido na fermentação, com consequências negativas para o crescimento dos pães.

Através da microscopia das massas, observou-se que as proteínas do colágeno não apresentaram o mesmo comportamento que as proteínas do glúten, não tendo o mesmo desempenho na retenção do gás produzido e, conseqüentemente, não contribuindo para o crescimento do pão da mesma maneira.

Nos gráficos apresentados na Figura 7, encontram-se os resultados do teste de aceitação com relação aos atributos cor, aroma, sabor e textura, para os pães padrão e adicionado de 4% de colágeno em fibra. O extremo superior da escala hedônica dos gráficos apresentados na Figura 7 corresponde aos conceitos “gostei muito (nota 8)” e “gostei muitíssimo (nota 9)”, que explica o resultado de aceitação global, pois, nestes, encontram-se os maiores percentuais de avaliadores.

Quanto aos resultados de aceitação da cor dos produtos (Figura 7a), observou-se uma grande diferença das notas referentes aos extremos das escalas, verificando-se que 61,3% dos avaliadores assinalaram essa categoria para amostra do pão padrão, enquanto que, para o pão adicionado de colágeno, este percentual foi de 41,3%. Acredita-se que esta diferença entre as notas ocorreu porque a amostra padrão apresentou a cor da crosta dourada, enquanto que a amostra com colágeno apresentou uma coloração entre branca e creme, característica atribuída à presença do colágeno em fibra.

Com relação ao aroma (Figura 7b) e ao sabor (Figura 7c), houve uma diferença nos resultados para ambos os atributos, entre as amostras avaliadas, que pode estar associada ao fato de os avaliadores não estarem habituados ao consumo do pão de arroz. Quanto à textura (Figura 7d), as diferenças na aceitação entre as amostras podem ter ocorrido em função de a amostra com colágeno apresentar um aspecto “abatimado”, enquanto o padrão apresentou-se mais macio.

O Índice de Aceitação (IA) foi calculado a partir das médias das notas atribuídas pelos avaliadores, em que o pão padrão obteve um Índice de aceitação de 82,3%, enquanto que o pão adicionado de colágeno obteve um índice de 76,4%. Estes são bons resultados, conforme Teixeira (1987), o qual afirma que a aceitação mínima de um produto deve ser 70% para que possa ser lançado no mercado de consumo.

Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz

Graça, C. S. et al.

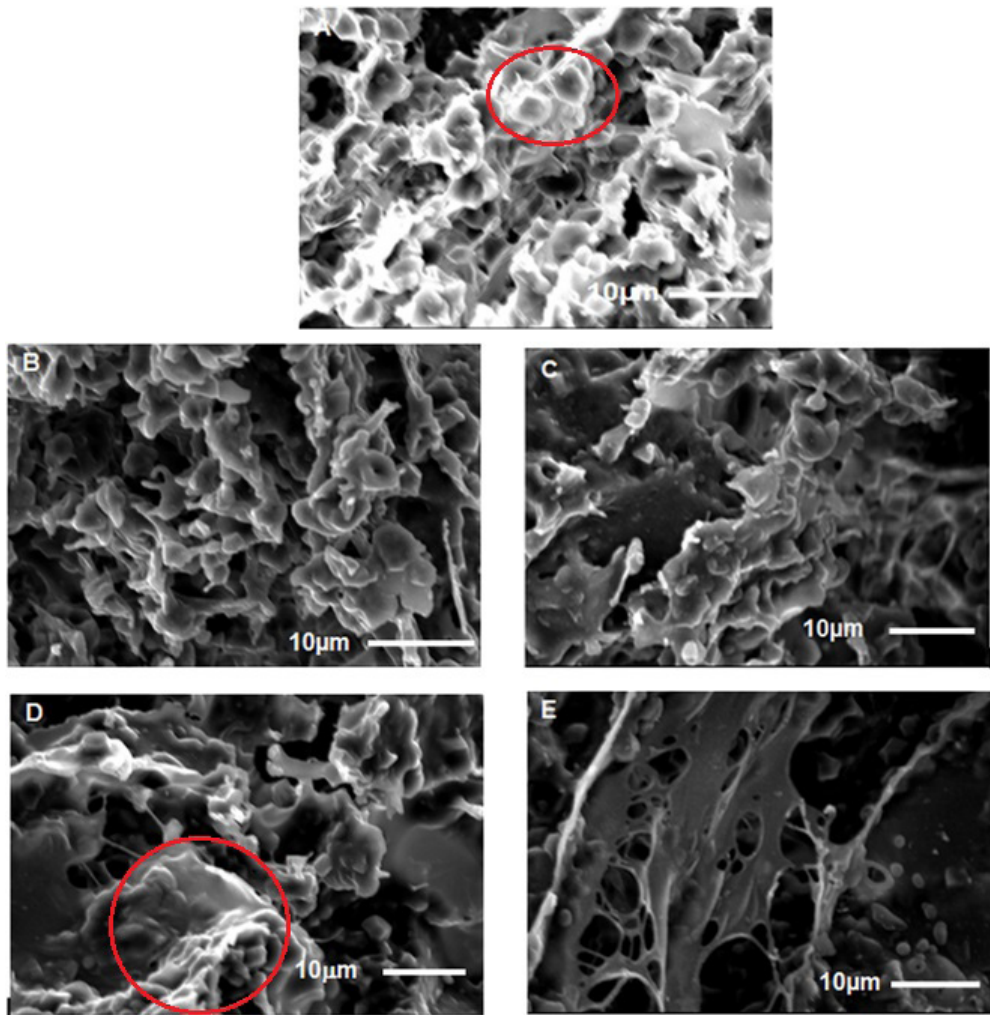


Figura 6. Fotomicrografias com aumento 1500x e 15kV da massa padrão (A) e das massas adicionadas de 2% (B), 4% (C), 6% (D) e 8% (E) de colágeno em fibra.

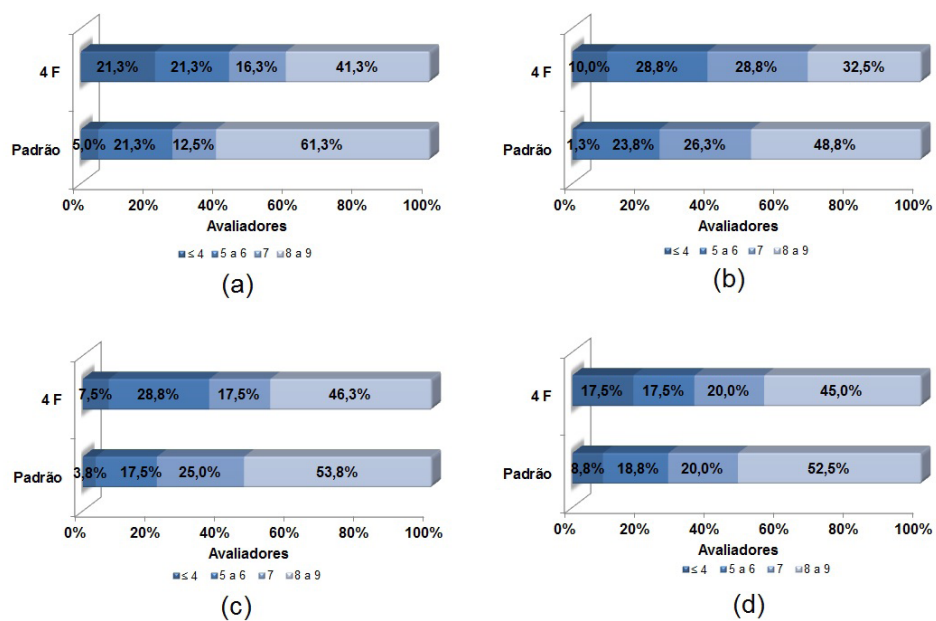


Figura 7. Resultados da aceitação para o atributo cor (a), aroma (b), sabor (c), textura (d) dos pães padrão e com 4% de colágeno em fibra (4F). Notas da escala hedônica (representada por tons de azul): ≤ 4: desgostei muitíssimo a desgostei ligeiramente; 5 e 6: indiferente e gostei ligeiramente; 7: gostei moderadamente; 8 e 9: gostei muito e gostei muitíssimo.

Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz

Graça, C. S. et al.

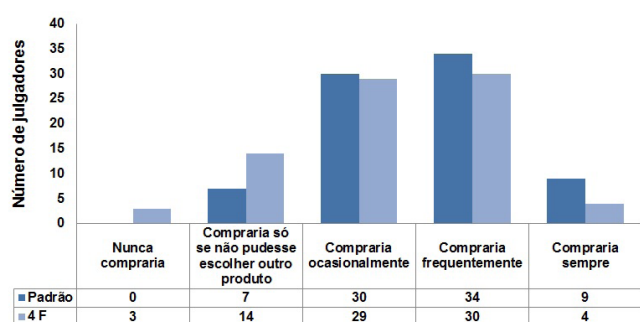


Figura 8. Intenção de compra dos avaliadores para os pães padrão e adicionado de 4% de colágeno em fibra (4F).

A Figura 8 apresenta a intenção de compra dos avaliadores para os pães analisados sensorialmente. Observou-se, a partir da Figura 8, que, dos 80 avaliadores que participaram da análise sensorial, 30 comprariam frequentemente o pão adicionado de colágeno e 29 comprariam ocasionalmente. O pão adicionado de colágeno apresentou intenção de compra similar ao pão padrão.

4 Conclusões

A adição de colágeno aos pães elaborados com farinha de arroz não colaborou para a formação de uma rede semelhante à formada pelo glúten, porém o pão da formulação com 4% de colágeno em fibra apresentou as características tecnológicas mais próximas ao esperado, não diferindo, significativamente, quanto à composição química, do pão padrão.

Através da reologia, verificou-se que, tanto para a massa padrão quanto para as massas adicionadas de colágeno, os valores de módulo elástico foram superiores ao módulo viscoso, indicando que as propriedades elásticas predominaram sobre as propriedades viscosas. Foi possível observar, através de MEV, que, conforme ocorreu o aumento da concentração de colágeno na massa, houve um aumento na formação de estruturas contínuas e alongadas.

Através da análise sensorial, foi possível constatar que o pão sem glúten adicionado de 4% de colágeno em fibra apresentou um Índice de Aceitação superior a 75%, indicando que o produto foi bem aceito pelos avaliadores, que demonstraram, ainda nas suas respostas, que comprariam ocasionalmente ou frequentemente os produtos analisados.

Referências

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS – AACC. **Approved methods of the AACC**. 10th ed. St. Paul, 2000.

ASSOCIAÇÃO DOS CELÍACOS DO BRASIL – ACELBRA. **Dados estatísticos**. São Paulo, 2015. Disponível em <<http://www.aceibra.org.br/2004/estatisticas.php>>. Acesso em: 08 abr. 2015.

BRASIL ZERO GLÚTEN – BZG. **Dados atuais da doença celíaca**. Belo Horizonte, 2015. Disponível em <<http://www.brazilzerogluten.com.br>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 129-136, 2011.

DEMIRKESEN, I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties of gluten free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 96, n. 2, p. 295-303, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.004>.

EL-DASH, A.; CABRAL, L. C.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.

EVANGELHO, J. A.; PINTO, V. Z.; ZAVAREZE, E. R.; VANIER, N. L.; DIAS, A. R. G.; BARBOSA, L. M. P. Propriedades tecnológicas e nutricionais de pães preparados com diferentes proporções de farinha de arroz e farinha de arroz extrusada. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 18, n. 4, p. 264-282, 2012.

FIGUEIRA, F. S. **Produção do pão sem glúten enriquecido com Spirulina platensis**. 2010. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos)-Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, 2010.

FIGUEIRA, F. S.; CRIZEL, T. M.; SILVA, C. R.; SALAS-MELLADO, M. M. Pão sem glúten enriquecido com a microalga Spirulina platensis. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 4, p. 308-316, 2011. <http://dx.doi.org/10.4260/BJFT2011140400037>.

GUJRAL, H. S.; ROSELL, C. M. Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. **Journal of Cereal Science**, Oxford, v. 39, n. 2, p. 225-230, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2003.10.004>.

HUERTA, K. M. **Utilização de farinha de chia (Salvia hispânica) na elaboração de pão sem glúten sem adição de goma e gordura**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

HUNTERLAB. **User's manual with universal software versions 3.5**. Reston: Hunterlab, 1998.

KORUS, J.; WITCZAK, M.; ZIOBRO, R.; JUSZCZAK, L. The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough hand bread. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 23, n. 3, p. 988-995, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.010>.

KOTZE, S. L. M. Doença celíaca. **Jornal Brasileiro de Gastroenterologia**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 23-34, 2006.

MACHADO, A. P. O. **Propriedades viscoelásticas de massa de farinha de arroz e do concentrado proteico de Orizenina**.

Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz

Graça, C. S. et al.

2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- MARCO, C.; ROSELL, C. M. Functional and rheological properties of protein enriched gluten-free composit flours. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 88, n. 1, p. 94-103, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.01.018>.
- MAXIMO, G. J.; CUNHA, R. L. Mechanical properties of collagen fiber and powder gels. **Journal of Texture Studies**, Trumbull, v. 41, n. 6, p. 842-862, 2010. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4603.2010.00258.x>.
- MENEZES, J. M. B.; ZAMBELLI, R. A.; CHINELATE, G. C. B.; RODRIGUES, C. P.; PONTES, D. F. Adição de colágeno hidrolisado na qualidade da farinha de trigo para a produção de pães tipo forma. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pombal, v. 3, n. 1, p. 10-22, 2014.
- MEZAIZE, S.; CHEVALLIER, S.; LE BAIL, A.; DE LAMBALLERIE, M. Optimization of gluten-free formulations for french-style breads. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 74, n. 3, p. 140-146, 2009. PMID:19397719. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01096.x>.
- MOORE, M. M.; HEINBOCKEL, M.; DOCKERY, P.; ULMER, H. M.; ARENDT, E. K. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 83, n. 1, p. 28-36, 2006. <http://dx.doi.org/10.1094/CC-83-0028>.
- NOVAPROM FOOD INGREDIENTS. **Apresentação NovaProm**. Lins, 2006. Informe Técnico.
- NOVAPROM FOOD INGREDIENTS. **Especificação Novapro – laudo do colágeno em pó e em fibra**. Guaiçara, 2013. p. 6.
- PIZZINATO, A.; MAGNO, C. P. R. S.; CAMPAGNOLLI, D. M. F.; VITTI, P.; LEITAO, R. F. F. **Avaliação tecnológica de produtos derivados de farinha de trigo (pão, macarrão, biscoito)**. Campinas: ITAL, 1993. 54 p.
- PRESTES, R. C.; GOLUNSKI, S. M.; TONIAZZO, G.; KEMPKA, A. P.; DI LUCCIO, M. Caracterização da fibra de colágeno, gelatina e colágeno hidrolisado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 375-382, 2013.
- ROSELL, C. M.; COLLAR, C. Rice based products. In: HUI, Y. H.; CHANDAN. R. C.; CLARK, S.; CROSS. N. A.; DOBBS, J. C.; HURST, W. J.; NOLLET, L. M. L.; SHIMONI, E.; SINHA, N.; SMITH, E. B.; SURAPAT, S.; TOLDRÁ, F.; TITCHENAL, A. (Ed.). **Handbok of food products manufacturing**. Ames: Ed. Hui, Y. H. Blackwell Publishing, 2007. p. 523-538.
- SANTANA, R. C.; SATO, A. C. K.; CUNHA, R. S. Emulsions stabilized by heat-treated collagen fibers. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 26, n. 1, p. 73-81, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.04.006>.
- SELMO, M. S. **Efeito da adição de metilcelulose, transglutaminase e spirulina nas características nutricionais de pães de farinha de arroz**. 2014. 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos)-Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.
- STUPPIELLO, B. **Alimentos sem glúten que substituem a farinha de trigo**: confira quais são as alternativas na hora de cozinhar e os seus benefícios. 2013. Disponível em <<http://www.minhavidacom.br/alimentacao/galerias/16922-alimentos-sem-gluten-que-substituem-a-farinha-de-trigo/#carousel-galeria>>. Acesso em: 15 jul. 2015.
- TEIXEIRA, E. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 119 p.
- ZIOBRO, R.; WITCZAK, T.; JUSZCZAK, L.; KORUS, J. Supplementation of glutenfree bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 32, n. 2, p. 213-220, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.01.006>.