

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial



Dissertação

**APLICAÇÃO DE XANTANA COMERCIAL E XANTANA SINTETIZADA POR
Xanthomonas arboricola pv pruni EM BOLOS SEM GLÚTEN**

Leidi Daiana Preichardt

Pelotas, 2009

LEIDI DAIANA PREICHARDT

**APLICAÇÃO DE XANTANA COMERCIAL E XANTANA SINTETIZADA POR
Xanthomonas arboricola pv pruni EM BOLOS SEM GLÚTEN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Claire Tondo Vendruscolo

Co-orientadoras: Prof^a. Dr^a. Angelita da Silveira Moreira

Prof^a. Dr^a. Márcia Arocha Gularte

Pelotas, 2009

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

P924a Preichardt, Leidi Daiana

Aplicação de xantana comercial e xantana sintetizada
por *Xanthomonas arboricola* pv *pruni* em bolos sem glúten /
Leidi Daiana Preichardt. -Pelotas, 2009.
69f. : il.

Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação
em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de
Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas.
- Pelotas, 2009, Claire Tondo Vendruscolo, Orientador; co-
orientadores Angelita da Silveira Moreira e Márcia Arocha
Gularte.

1. Goma xantana 2. *Xanthomonas arboricola* pv *pruni*
3. Farinha de milho 4. Farinha de arroz 5. Bolos livres de
glúten I. Vendruscolo, Claire Tondo (orientador) II.Título.

CDD 664.725

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Angelita da Silveira Moreira – UFPel (Presidente/Co-orientadora)

Prof. Dr. Júlio Alberto Nitzke – UFRGS

Prof^a. Dr^a. Neila Richards – UFSM

Prof^a. Dr^a. Ângela Maria Fiorentini – UNIJUÍ

Dedico,

*Aos meus pais Arnaldo e Erica, aos meus
irmãos Itamar, Leila e Arnaldo Ivan, a
minha afilhada do coração Camila e meu
amado afilhado Lorenzo, com amor.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela orientação e proteção de todos os dias.

Aos meus pais e a minha família por todo amor, incentivo e compreensão, que souberam transformar a saudade em estímulo. Sem eles nada seria possível. Ao Leandro pelas horas de computador e as infinitas caronas que proporcionaram a ida para casa tantas vezes.

À minha orientadora Claire Tondo Vendruscolo pela orientação, oportunidade e amizade.

Às co-orientadoras, Angelita da Silveira Moreira e Márcia Arocha Gularte, pela orientação, compreensão e pela amizade compartilhada.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, pela oportunidade de realizar o curso.

A todos os professores do Departamento de Tecnologia Agroindustrial.

Ao Centro de Biotecnologia pelo acolhimento.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos membros da banca, pela correção deste trabalho.

Ao Conjunto Agrotécnico Visconde da Graça pela doação dos ovos.

Aos amigos do Laboratório de Biopolímeros, em especial, Amanda A. Rodrigues, Elisabete R. Pereira, Fernanda G. Alves, Isabel Back, Lizandra F. da Silva, Paula A. Klaic, Roger F. dos Santos, Virgínia S. de Jesus pela parceria na elaboração dos bolos, pela amizade, incentivo e apoio. A Sabrina A. Rodrigues por toda a experiência e ensinamentos compartilhados.

Ao Laboratório de grãos do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial pelo auxílio e utilização de equipamentos para a realização das análises de textura e ao Departamento de Ciência dos Alimentos pela utilização de equipamentos para a realização das análises centesimais dos bolos.

A todos que de alguma forma colaboraram para a conclusão desta etapa de minha jornada.

*“O temor do Senhor é o
princípio do conhecimento; mas
os insensatos desprezam a
sabedoria e a instrução”*

Provérbios, 1:7

Resumo

PREICHARDT, Leidi Daiana. Aplicação de xantana comercial e xantana sintetizada por *Xanthomonas arboricola* pv pruni em bolos sem glúten. 2009. 69f. **Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.**

O objetivo deste estudo foi desenvolver bolos livres de glúten para celíacos através da utilização de farinhas de arroz e de milho com adição de diferentes concentrações de xantana comercial e xantana sintetizada por *Xanthomonas arboricola* pv pruni. Foram testadas sete formulações. Três concentrações de xantana comercial foram avaliadas (0,2%, 0,3% e 0,4%) e duas de xantana sintetizada por *Xanthomonas* pruni (0,3% e 0,4%); foram utilizados dois controles, ambos sem xantana, com a diferença que para um deles a farinha de arroz foi substituída pela de trigo. Os demais ingredientes utilizados foram: açúcar, leite, ovos, óleo de soja e fermento químico. Características químicas, físicas e sensoriais foram determinadas. A xantana contribuiu positivamente com as características dos bolos, aumentando o volume específico e a maciez e retardando o envelhecimento. Os bolos com as maiores concentrações de xantana apresentaram características sensoriais excelentes e alto índice de aceitação pelos consumidores. Estes não perceberam diferença entre os bolos feitos com xantana comercial e os feitos com a xantana sintetizada por *Xanthomonas* pruni, nas mesmas concentrações. As formulações adicionadas de 0,3% e 0,4% de xantana comercial ou de xantana sintetizada por *Xanthomonas* pruni podem ser utilizadas na elaboração de bolos livres de glúten com boa aceitação sensorial, podendo ser incluídas na dieta de portadores de doença celíaca.

Palavras chave: bolos livres de glúten, farinha de arroz, farinha de milho, goma xantana, *Xanthomonas arboricola* pv pruni.

Abstract

PREICHARDT, Leidi Daiana. Aplicação de xantana comercial e xantana sintetizada por *Xanthomonas arboricola* pv pruni em bolos sem glúten. 2009. 69f. **Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.**

The aim of this study was to develop gluten free cakes for celiac through the rice and corn flours utilization with addition of different concentrations of the xanthan commercial and xanthan synthesized by *Xanthomonas arboricola* pv pruni. Seven formulations were tested. Three commercial xanthan concentrations were evaluated (0.2%, 0.3% and 0.4%) and two of xanthan synthesized by *Xanthomonas pruni* concentrations (0.3% and 0.4%); were used two controls, both without xanthan, with the difference that one their the rice flour was substituted by the of wheat. The other ingredients used were: sugar, milk, eggs, soya oil and baking powder. Chemical, physical and sensory characteristics were determined. The xanthan contributed positively with the characteristics of cakes, increased the specific volume and the softness, and retarding the staling. The cakes with xanthan biggest concentrations presented excellent sensory characteristics and high acceptance index by the consumers. These did not realize difference between cakes done with commercial xanthan and done with xanthan synthesized by *Xanthomonas pruni*, same concentrations. The formulations added of 0.3% and 0.4% of commercial xanthan or synthesized by *Xanthomonas pruni* can be used in the gluten free cakes elaboration with good sensory acceptance, may be included in the diet of people with celiac disease.

Key words: gluten free cake, rice flour, corn flour, xanthan gum, *Xanthomonas arboricola* pv pruni.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- A - Aspecto da mucosa entérica de um celíaco. B - Aspecto da mucosa entérica de um celíaco com nove meses de tratamento de dieta livre de glúten. C – Aspecto da mucosa entérica normal.	16
Figura 2a - Estrutura proposta das proteínas do glúten.	19
Figura 2b - Estrutura do glúten (200x).....	19
Figura 3 - Estrutura molecular da xantana de <i>X. campestris</i>	23

THE ROLE OF XANTHAN GUM IN THE QUALITY OF GLUTEN FREE CAKES: BETTER BAKERY PRODUCTS FOR CELIAC PATIENTS

Figure 1 - Internal structure appearance of fresh cakes	36
Figure 2 - Influence of the time of storage in the moisture of the cake.	37
Figure 3 - Influence of the time of storage in the firmness of the cake.	38
Figure 4 - Influence of the time of storage in the springiness of the cake.....	39
Figure 5 – Spider graphics of the evaluated sensory attributes.....	41
Figure 6 - Distribution of the consumer grades to the overall acceptability of the cake formulations using a nine-point hedonic scale.....	42

EFFICIENCY OF THE XANTHAN SYNTHESIZED BY *Xanthomonas arboricola* pv *pruni* IN THE PRODUCTION OF GLUTEN FREE CAKES

Figure 1 - Viscosity of the xanthan aqueous solution.	52
--	----

Figure 2 - Internal structure appearance of fresh cakes.	53
Figure 3 - Influence of the time of storage in the moisture of the cake.	55
Figure 4 - Influence of the time of storage in the firmness of the cake	55
Figure. 5 - Influence of the time of storage in the springiness of the cake.....	56

LISTA DE TABELAS

THE ROLE OF XANTHAN GUM IN THE QUALITY OF GLUTEN FREE CAKES: BETTER BAKERY PRODUCTS FOR CELIAC PATIENTS

Table 1- Chemical and physical properties of cakes	35
Table 2 - Color of the cakes.	37
Table 3- Definition of the sensory attributes	40

EFFICIENCY OF THE XANTHAN SYNTHESIZED BY *Xanthomonas arboricola* pv pruni IN THE PRODUCTION OF GLUTEN FREE CAKES

Table 1 – Contents of ash, protein, pyruvate, and acetyl of xanthans	51
Table 2 - Chemical and physical properties of cakes	52
Table 3 - Color of the cakes.	54

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	10
INTRODUÇÃO GERAL	13
1 Revisão de Literatura.....	15
1.1 Doença celíaca	15
1.2 Farinha de trigo.....	18
1.3 Farinha de arroz	20
1.4 Farinha de milho	22
1.5 Goma xantana	23
1.6 Interações entre amido e xantana	26
1.7 Bolo.....	27
THE ROLE OF XANTHAN GUM IN THE QUALITY OF GLUTEN FREE CAKES: BETTER BAKERY PRODUCTS FOR CELIAC PATIENTS.....	30
1 Introduction	31
2 Materials and methods.....	32
2.1 Materials	32
2.2 Preparation of cake batter.....	33
2.3 Cake quality evaluation.....	33
2.4 Sensory analysis.....	34
2.5 Statistical analysis	35
3 Results and discussion	35
3.1 Cake quality	35
3.2 Stored cake quality	37
4 Conclusions	43
5 Acknowledgements.....	43
6 References	43
EFFICIENCY OF THE XANTHAN SYNTHESIZED BY <i>Xanthomonas arboricola</i> pv pruni IN THE PRODUCTION OF GLUTEN FREE CAKES.....	46
1 Introduction	47
2 Materials and methods.....	48
2.1 Materials	48
2.2 Preparation of cake batter.....	49
2.3 Cake quality evaluation.....	50
2.4 Sensory analysis.....	50
2.5 Statistical analysis	51
3 Results and discussion	51
3.1 Xanthan characterization	51
3.2 Cake quality	52

3.2 Stored cake quality	54
3.3 Sensory evaluation	57
4 Conclusions	57
Acknowledgements.....	57
References	58
CONCLUSÕES GERAIS.....	61
REFERÊNCIAS GERAIS	62

INTRODUÇÃO GERAL

A doença celíaca está associada à má digestão e má absorção de nutrientes, vitaminas e sais minerais na área gastrointestinal devido ao efeito tóxico do glúten, que danifica as vilosidades do intestino (MAHAN & SCOTT-STUMP, 1998). O glúten está presente em trigo, centeio, cevada e aveia (HOSENEY, 1994).

A farinha de trigo é frequentemente utilizada em produtos de panificação. Sua ampla aplicação se deve às suas características de extensibilidade e viscoelasticidade atribuídas às proteínas do glúten, que auxiliam na retenção do gás (CO₂), possibilitando o desenvolvimento de um volume adequado dos produtos. São estas propriedades que proporcionam às farinhas características de panificação, adequadas e específicas para textura de pães, bolos e massas (FENEMA, 1996; HOSENEY, 1994).

O Arroz (*Oryza sativa*) é isento de glúten, possui grande quantidade de carboidratos facilmente digeríveis, e é frequentemente utilizado como um substituto de trigo em produtos alimentícios livres de glúten (SIVARAMAKRISHNAN; SENGE; CHATTOPADHYAY, 2004). O milho (*Zea mays*), como o arroz, é livre de glúten e não possui características de extensibilidade e viscoelasticidade comuns ao trigo.

A industrialização de produtos livres de glúten à base de farinha de milho e de arroz é tecnologicamente difícil, porque estas farinhas não têm propriedades viscoelásticas características das proteínas do glúten (SIVARAMAKRISHNAN; SENGE; CHATTOPADHYAY, 2004), o que prejudica a qualidade, dando origem a produtos de pequenos volumes específicos, mais firmes e menos duráveis. Por esse motivo, o desenvolvimento de produtos de panificação livres de glúten é um desafio para a ciência e a tecnologia dos alimentos, no entanto, essencial para os pacientes celíacos. Uma solução para melhorar as características viscoelásticas da massa

seria a aplicação de hidrocolóides como a goma xantana. A goma xantana é um polissacarídeo microbiano extracelular utilizado em vários setores industriais devido as suas propriedades reológicas. É produzida através da fermentação de bactérias do gênero *Xanthomonas* (ROSS-MURPHY; MORRIS, V; MORRIS, E, 1983).

Geralmente, a produção de xantana e pesquisas que abordam esse tema, têm sido realizadas com cepas do patovar *campestris*, provenientes de coleções de culturas, mais especificamente com a *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459 (SLONEKER; JEANES, 1962; TORRESTIANA; FUCIKOVSKY; GALINDO, 1990; VUYST; VERMEIRE, 1994). No entanto, outras espécies de *Xanthomonas* também são capazes de produzir xantana com eficiência e qualidade variável (MOREIRA et al., 2001; NITSCHKE; THOMAS, 1995; SUTHERLAND, 1982). É o caso da *Xanthomonas arboricola* pv *pruni*.

Esta goma tem sido utilizada para melhorar as características reológicas da massa de produtos como pães e bolos, aumentando o volume específico, adiando o endurecimento e prolongando sua vida de prateleira. A utilização da goma xantana em produtos de panificação tem sido objetivo de estudo de vários pesquisadores (ASHWINI; JYOTSNA; INDRANI, 2009; GOMEZ et al., 2007; GUARDA et al., 2004; LAZARIDOU et al., 2007; ROSELL et al., 2001; TUBARI; SUMNU; SAHIN, 2008).

Pesquisadores do Centro de Biotecnologia da Universidade Federal de Pelotas (Pelotas/RS – Brasil) tem estudado veementemente a produção de xantana pelo patovar *pruni* obtendo resultados excelentes (ANTUNES, 2000; ANTUNES et al., 2003; BORGES, 2004; BORGES, 2007; BORGES et al., 2009; DIAZ, 2002; MOREIRA et al., 2001; PINTO, 2005; SOUZA; VENDRUSCOLO, 1999; TEIXEIRA, 2005; VENDRUSCOLO et al., 2000).

Este trabalho teve como objetivos: o desenvolvimento de bolos livres de glúten para celíacos, através da utilização de farinhas de arroz e de milho com adição de diferentes concentrações de xantana comercial; e avaliação da eficiência da xantana sintetizada por *Xanthomonas arboricola* pv *pruni* cepa 106 na produção de bolos livres de glúten elaborados com farinhas de arroz e de milho.

1 Revisão de Literatura

1.1 Doença celíaca

A Doença Celíaca é considerada uma patologia autoimune, produto de interação entre fatores ambientais, genéticos e imunológicos. O autoantígeno causa sensibilidade permanente ao glúten, fator ambiental, causando lesão inflamatória em indivíduos geneticamente suscetíveis (BAPTISTA et al., 2005). Essa enfermidade pode ser definida como um estado em que existe uma anormalidade na mucosa intestinal, melhorando morfollogicamente quando tratada com uma dieta sem glúten e piorando quando o glúten é reintroduzido (BENAHMED et al., 2003; CICLITIRA; MOODIE, 2003). Também é conhecida como espru não tropical e como enteropatia sensível ao glúten (MURRAY, 2002; MAHAN & SCOTT-STUMP, 1998). A essa doença está associada à má digestão e má absorção de nutrientes, vitaminas e sais minerais na área gastrintestinal devido ao efeito tóxico do glúten, que danifica as vilosidades do intestino (MAHAN & SCOTT-STUMP, 1998). A composição e caracterização do glúten serão discutidas no item 2.2.

A sensibilidade causada por certos alimentos pode ser devido à intolerância alimentar ou alergia alimentar. A intolerância alimentar é definida como qualquer sensibilidade aos alimentos causada por mecanismos não imunológicos, incluindo reações tóxicas, farmacológicas, metabólicas ou idiossincráticas. Alergia alimentar é uma reação anormal do sistema imune, mas não infecciosa, a um alimento, que causa danos ao organismo; é definida também como hipersensibilidade (COULTATE, 2004; MAHAN & SCOTT-STUMP, 1998). Na alergia alimentar a resposta imunológica é direcionada a uma proteína específica da dieta (COULTATE, 2004); no caso dos celíacos, é a gliadina, um dos componentes do glúten. Os sintomas da alergia e intolerância alimentar são, muitas vezes, iguais (MAHAN &

SCOTT-STUMP, 1998). Em virtude disso, frequentemente, ocorre confusão entre os termos utilizados para definir a causa da sensibilidade. Por envolver mecanismos imunológicos, a doença celíaca é considerada uma alergia alimentar, apesar de muitos autores utilizarem o termo intolerância alimentar.

A deficiência de uma peptidase mucosa específica em portadores da doença celíaca faz com que as vilosidades da mucosa intestinal tornem-se aplainadas e achatadas na presença da gliadina (Fig. 1). Acredita-se que um receptor na superfície da célula intestinal permite que a gliadina se una ao enterócito e esse complexo, gliadina/receptor, danifica a mucosa e causa reações antigênicas, desencadeando a produção de anticorpos e aparecimento de sintomas característicos da doença (MURRAY, 2002; MAHAN & SCOTT-STUMP, 1998).

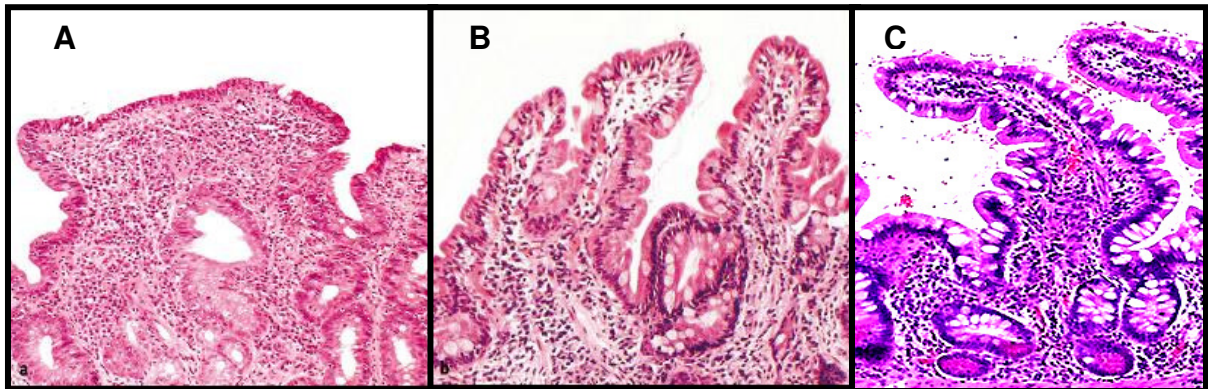


Figura 1- A - Aspecto da mucosa entérica de um celíaco. B - Aspecto da mucosa entérica de um celíaco com nove meses de tratamento de dieta livre de glúten. C – Aspecto da mucosa entérica normal.

Fonte: GASTROINTESTINAL PATHOLOGY (2008) e WOODWARD (2007).

A doença celíaca afeta principalmente indivíduos de descendência européia. A prevalência no Reino Unido e Europa continental é de 1/100, enquanto que na América do Norte essa relação é de 1/300. Vários autores sugerem que a doença afeta duas vezes mais mulheres que homens, outros mantêm uma distribuição igual entre os sexos. Entre gêmeos idênticos a concordância é de 70-100%. A provável prevalência entre parentes de primeiro grau é 10-15%. É uma enfermidade com prevalência mais comum em indivíduos portadores de outras doenças autoimunes, como *Diabetes Mellitus* tipo 1 e também tireoidopatias (CICLITIRA, 2003).

Algumas características da doença são: diarreia (mais comum), desnutrição, perda de peso, distensão abdominal, edema, anemia, apatia/irritabilidade, hipotrofia muscular, hipotonia, náuseas/vômitos, dor e/ou desconforto abdominal, constipação,

baixa estatura, osteopenia/osteoporose, artrite, miopatia, defeito do esmalte dentário, dermatite herpetiforme, anemia inexplicada (deficiência de ferro, folato, vitamina B12), leucopenia, trombocitopenia, deficiência de vitamina K, infertilidade, aborto recorrente, puberdade atrasada, irregularidade menstrual, epilepsia com calcificação cerebral, neuropatia periférica, demência, deficiência de cálcio e vitamina D, elevação de enzimas hepáticas, fadiga e depressão (CICLITIRA, 2003; MAHAN & SCOTT-STUMP, 1998).

O que pode prevenir as complicações causadas pela doença é uma dieta rígida 100% livre de glúten por toda vida (BENAHMED et al., 2003; COULTATE, 2004; GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2003). A fim de possibilitar isto, as indústrias responsáveis pela fabricação de produtos livres de glúten devem ter controle rigoroso do processamento para evitar a contaminação cruzada com produtos que contenham trigo, tanto na escolha da matéria-prima quanto na limpeza dos equipamentos. As autoridades públicas devem estabelecer leis para assegurar a saúde de pacientes celíacos, e a comunidade científica promover a padronização e validação de metodologias para a detecção de glúten (POSSIK et. al., 2005).

Com a advertência nos rótulos da presença ou ausência de glúten nos produtos comercializados não ocorrem transgressões involuntárias na dieta. A primeira lei no Brasil que trouxe benefícios aos celíacos foi a Lei Federal número 8.543, de 1992 (POSSIK et. al., 2005). De acordo com essa lei todos os alimentos industrializados que contêm glúten, como trigo, aveia, cevada, malte e centeio e/ou seus derivados deveriam obrigatoriamente advertir com a presença da expressão “contem glúten” nos seus rótulos e embalagens. Porém, alimentos que não continham glúten não precisariam informar a ausência do mesmo. Essa lei foi substituída pela lei número 10.674 (BRASIL, 2003), a qual determina a obrigatoriedade da descrição nos rótulos dos produtos alimentícios industrializados quanto a presença e também a ausência de glúten através das inscrições “contém glúten” e “não contém glúten”, conforme o caso. Essa medida facilita e transmite maior confiança aos pacientes celíacos quanto à escolha dos alimentos da dieta, apesar de não haver referência com relação às bebidas alcoólicas nem sobre a quantidade máxima de gliadina permitida.

Os amiláceos milho, arroz, batata e mandioca, bem como, os oleaginosos e/ou protéicos, soja e feijão podem ser utilizados no preparo de alimentos para pacientes com doença celíaca em substituição àqueles que contêm glúten (MAHAN

& SCOTT-STUMP, 1998). A oferta de alimentos alternativos livres de glúten e prontos para o consumo ainda é pequena no mercado brasileiro, principalmente quando se trata de produtos de panificação. Isso se deve a dificuldade de desenvolver produtos semelhantes aos feitos com farinha de trigo, que possuem características muito importantes para assegurar a aceitabilidade dos produtos. O que justifica o interesse na realização de pesquisas para desenvolvimento desses produtos, para atender a necessidade da população celíaca, utilizando matérias-primas de fácil acesso e baixo custo, como a farinha de arroz.

1.2 Farinha de trigo

O trigo (*Triticum vulgare*), juntamente com o arroz e o milho, é um dos mais importantes cereais, a farinha obtida da moagem do grão é destinada, principalmente, para produção de pães, bolos e outros produtos semelhantes (QUAGLIA, 1991). O Brasil é um grande importador de trigo. Cerca de 11 milhões de toneladas de trigo são importadas anualmente, o que representa de 60% a 70% do consumo interno. A importação é feita principalmente da Argentina (SEAPA/MG, 2009).

A composição química da farinha de trigo é variável, dependendo de fatores ambientais. De maneira geral, a farinha de trigo possui em torno de 68 a 74% de glicídios, 9 a 14% de proteínas, 1% de gordura e celulose e 0,5% de cinzas (ANGASIL, 2003). O glúten é o principal componente protéico do trigo, formado por duas classes de proteínas: a gliadina, que pertence à classe das prolaminas, e a glutenina, da classe das glutelinas (HOSENEY, 1994; SGARBIERI, 1996).

A gliadina apresenta-se na forma de cadeia simples com massa molar média de 40.000 Da e quando hidratada é extremamente gomosa. Tem pouca resistência e extensão, sendo responsável pela coesão da massa. Já a glutenina é formada por múltiplas cadeias ligadas entre si e varia em massa molar de mais ou menos 100.000 Da a vários milhões, sendo o valor médio de três milhões. Fisicamente a proteína é elástica, mas não coesiva, tendo a propriedade de resistência à extensão (HOSENEY, 1994).

A ampla aplicação da farinha de trigo na elaboração de produtos de panificação se deve justamente as características de extensibilidade e viscoelasticidade atribuídas às proteínas do glúten, que auxiliam na retenção do gás,

possibilitando o desenvolvimento de um volume adequado aos produtos. São estas propriedades que proporcionam às farinhas características de panificação, adequadas e específicas para textura de pães, bolos e massas (FENEMA, 1996; HOSENEY, 1994).

A Fig. 2a ilustra a estrutura proposta das proteínas do glúten e a Fig. 2b a estrutura do glúten aumentada 200x.

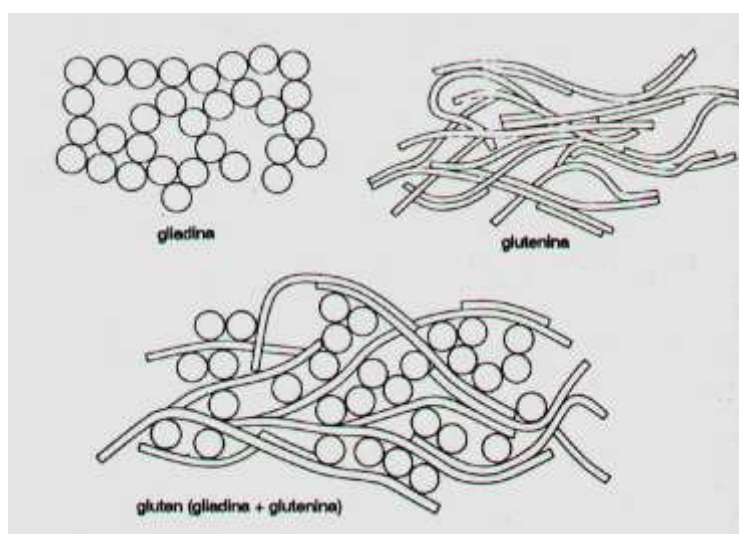


Figura 2a - Estrutura proposta das proteínas do glúten.
Fonte: QUALIA (1991).

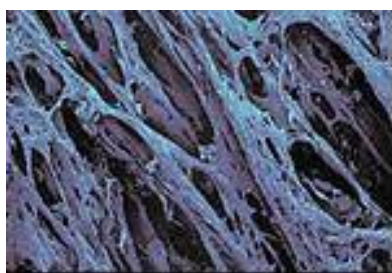


Figura 2b - Estrutura do glúten (200x)
Fonte: BAZA POLSKICH CENTRÓW DOSKONAŁOŚCI (2003).

Além do trigo, o glúten está presente no centeio, cevada e aveia (COULTATE, 2004; HOSENEY, 1994). É a fração solúvel em álcool, as prolaminas, a responsável pela toxicidade do glúten. No trigo esta fração tóxica é chamada de gliadina, na cevada hordeína, no centeio secalina e na aveia avenina (HOSENEY, 1994).

1.3 Farinha de arroz

O arroz (*Oryza sativa*) ocupa uma posição importante no sistema alimentar mundial, sendo que mais da metade da população do Planeta tem este cereal como alimento básico. Os países asiáticos, onde se encontram mais da metade da população mundial, concentram a produção e o consumo de arroz. Nesses países o consumo atinge mais de 90% da produção mundial (FERREIRA; VILLAR, 2003). Em 2004, com 3.731.500 hectares de área colhida de arroz em casca, o Brasil ocupava o nono lugar no *ranking* mundial (FAOSTAT, 2006). Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2007), a produção de arroz na safra 2006/2007 foi de 11,3 milhões de toneladas. O Brasil também é um grande consumidor desse cereal. O consumo per capita atual é em torno de 45,8 kg/ano (IBGE, 2007; IRRI, 2008). Segundo levantamento da produção agrícola realizado pelo IBGE (2007), o estado que mais produz arroz é o Rio Grande do Sul, seguido pelo Mato Grosso.

O arroz é uma ótima fonte de energia alimentar, já que é rico em amido e nutrientes. A composição química do arroz pode sofrer variações, dependendo de fatores ambientais. Segundo a Tabela brasileira de composição de alimentos (2008), o arroz integral cru apresenta 7,81% de proteína, 2,04% de lipídeos totais, 75,57% de carboidratos totais, 1,19% de cinzas e 2,98% de fibras. Apresenta um valor biológico alto quando comparado com outros cereais e é de fácil digestibilidade, tendo uma grande importância na alimentação (QUAGLIA, 1991). A fração protéica do arroz, apesar de pequena, apresenta uma excelente composição de aminoácidos para o organismo humano, gera menos resíduos nitrogenados quando sofre metabolismo, favorecendo a função renal. O arroz contém ainda frações de tiamina, riboflavina e niacina. Este cereal é hipoalergênico, não contém glúten, o que possibilita o uso por portadores da doença celíaca (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2007).

Durante o beneficiamento do arroz ocorre um alto índice de formação de grãos quebrados, quirera, entre outros produtos de reduzido valor comercial. A indústria e os órgãos de pesquisa estão buscando uma melhor utilização destes subprodutos. Segundo Tedrus et al. (2001), a produção de farinha de arroz seria uma alternativa para incrementar o valor agregado dessa matéria-prima, já que se trata de subproduto do beneficiamento.

Conforme a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, farinha é o produto de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos. Assim, a farinha de arroz é obtida através da moagem do cereal, com posterior classificação granulométrica e embalagem. O componente principal de farinhas e outros derivados dos cereais como arroz é o amido. O grânulo do amido de arroz é pequeno, com 2 a 5µm, quando comparado com os de milho e de trigo. Sua estrutura apresenta formato poligonal e se encontra em combinações, ou seja, vários grânulos juntos (HOSENEY, 1994). O pequeno tamanho dos grânulos de amido apresenta textura extremamente suave com o cozimento e sabor brando, contém baixos níveis de sódio e alta proporção de amidos facilmente digeríveis (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2007).

A farinha de arroz ainda não apresenta aplicação competitiva em relação ao trigo, tendo um volume de produção pouco expressivo. O Brasil é praticamente autossuficiente na produção de arroz, mas, por outro lado, é um grande importador de trigo. Conforme a CONAB (2008), na safra 07/08 a importação de trigo era de aproximadamente 6,5 milhões de toneladas. Apesar de proporcionar benefícios socioeconômicos e nutricionais, a oferta da farinha de arroz acontece de maneira modesta, poucos são os supermercados que a oferecem ao consumidor. Trabalhos científicos com a utilização de farinha de arroz, através da substituição total ou parcial da farinha de trigo, têm sido realizados, sobretudo para biscoitos, bolos, sopas, *snacks*, pães e sonhos (CLERICI; ARIOLDI; EL-DASH, 2008; GALERA, 2006; GARCÍA, 2007; SIVARAMKRISHNAN; SENGE; CHATTOPADHYAY, 2004; TUBARI; SUMNU; SAHIN, 2008). Dessa forma, poder-se-ia agregar valor a um subproduto que é bastante disponível em nosso país, ao mesmo tempo em que se reduziriam os gastos com importação de trigo. Os carboidratos da farinha de arroz são metabolizados mais lentamente à glicose, reduzindo o índice glicêmico quando comparados aos derivados de farinha de trigo. Pode ser utilizada misturada à farinha de trigo em produtos *light* em virtude da diminuição da gordura absorvida e do valor calórico total em produtos fritos (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2007).

A industrialização de produtos com farinha de arroz é tecnologicamente difícil. Essa farinha não tem as propriedades viscoelásticas, característica das proteínas do glúten (SIVARAMKRISHNAN; SENGE; CHATTOPADHYAY, 2004), o

que prejudica a qualidade, dando origem a produtos de menor volume específico, mais duros e com vida de prateleira mais curta.

1.4 Farinha de milho

O milho (*Zea mays*) é cultivado em diversas regiões do mundo. Segundo dados da FAO, os Estados Unidos são o maior produtor mundial, respondendo por aproximadamente metade do milho produzido, seguido da China e do Brasil (CIMILHO, 2009). No Brasil, o estado do Paraná é o maior produtor, sendo responsável, em 2007, por 27,5% da produção; é seguido por Minas Gerais com 12,5%, Rio Grande do Sul com 11,8% e Mato Grosso 10,8%. Em 2007, o Brasil produziu cerca de 50,5 milhões de toneladas de milho (CONAB, 2007).

A composição química do milho pode sofrer variações, dependendo de fatores ambientais. De maneira geral, o milho possui em torno de 10% de proteínas, 4,5% de lipídeos, 75% de glicídios, 1,3% de sais minerais. Os glicídios conferem ao milho a característica de alimento altamente energético, estando representados principalmente, por amido, açúcares e celulose. O amido está essencialmente no endosperma, os açúcares no gérmen e a celulose nos envoltórios externos (QUAGLIA, 1991).

O grânulo do amido de milho mede 20µm. Sua estrutura apresenta formatos diferentes nas partes opacas e translúcidas do endosperma. Nas opacas são esféricos e nas translúcidas são poligonais. (HOSENEY, 1994). Durante a industrialização o milho conserva sua casca, por isso é rico em fibras. O milho possui três tipos de proteínas: a zeína, que representa aproximadamente 45% do total, a glutelina 35% e a globulina 20% (QUAGLIA, 1991).

A farinha de milho é obtida após um processamento que envolve limpeza, secagem, degerminação dos grãos, moagem, classificação granulométrica e embalagem (ABIMILHO, 2008). Essa farinha promove naturalmente cor amarela aos produtos. O seu sabor é característico e muito bem aceito, tendo várias aplicações na culinária brasileira. Possui baixo custo e é largamente disponível no mercado (ALVIM; SGARBIERI; CHANG, 2002). A farinha de arroz tem sabor pouco pronunciado e coloração branca, a sua mistura com a farinha de milho é uma forma eficaz de acrescentar sabor e cor naturalmente ao bolo, sem a necessidade do uso de aditivos para esse fim.

Assim como a farinha de arroz, a farinha de milho não contém glúten e pode ser usada na fabricação de produtos de panificação, como bolos. No entanto, a industrialização desses produtos, devido à ausência de glúten, é difícil (SIVARAMKRISHNAN; SENGE; CHATTOPADHYAY, 2004). Podem-se melhorar tecnologicamente as características da massa com a aplicação de ingredientes alternativos como a goma xantana.

1.5 Goma xantana

A goma xantana é um polissacarídeo microbiano extracelular utilizado em várias aplicações em diversos setores industriais devido as suas excelentes propriedades reológicas. É produzido via fermentativa por bactérias do gênero *Xanthomonas* (ROSS-MURPHY; MORRIS, V; MORRIS, E, 1983). Quanto à composição química a xantana é um heteropolissacarídeo (formado por mais de um tipo de monossacarídeo), de alto peso molecular. É composta por um esqueleto linear celulósico, contendo unidades pentassacarídicas repetidas de D-glucose unidas entre si por ligações β -1,4, com resíduos alternados de D-manose e ácido D-glicurônico, tendo ainda grupos acetal pirúvico e D-acetil (BORN; LANGENDORFF; BOULENGUER, 2002; JANSSEN; KENNE; LINDBERG, 1975). A estrutura molecular está representada na Fig. 3.

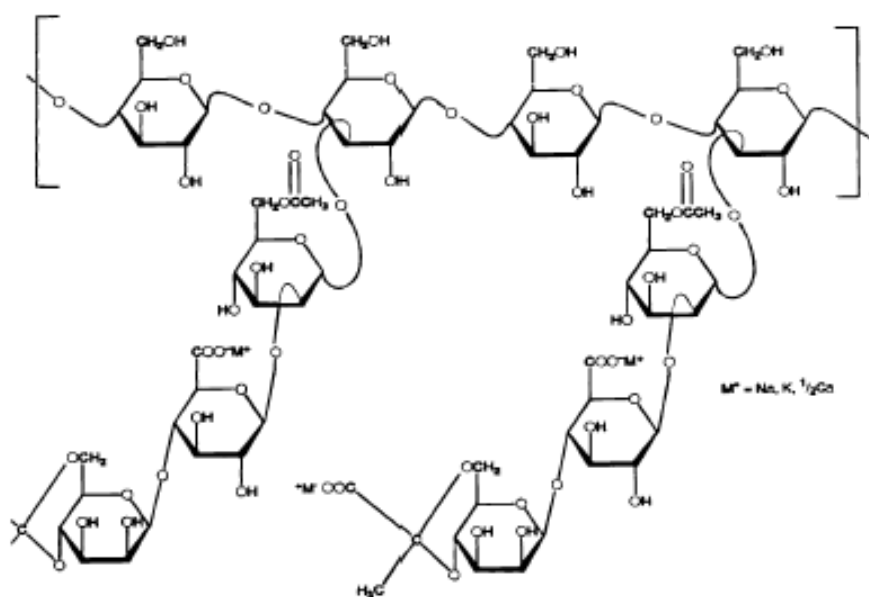


Figura 3 - Estrutura molecular da xantana de *X. campestris*.
Fonte: GARCÍA-OCHOA et al., 2000.

A xantana foi descoberta nos anos 1950 por cientistas do Northern Regional Research Laboratory do Departamento de Agricultura, U.S.A. A primeira produção industrial de xantana foi feita em 1960 por *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459, e o produto ficou comercialmente disponível em 1964. Seu uso em alimentos foi aprovado pelo FDA *Food and Drug Administration* em 1969, seguida pela FAO/OMS em 1974. No Brasil a adição de xantana em alimentos é permitida desde 1965, pelo decreto Lei nº 55.871, da Legislação Brasileira de Alimentos (Brasil, 1965).

As principais indústrias produtoras de xantana são Kelco e Pfizer nos Estados Unidos, Rhône Poulenc na França e Jungbunzlauer na Áustria. (BORN; LANGENDORFF; BOULENGUER, 2002; GARCÍA-OCHOA et al., 2000; PRADELLA, 2006). Atualmente a xantana tem um mercado de aproximadamente US\$ 270 milhões e 40.000 t/ano, com taxa de crescimento acima de 5% ao ano, podendo totalizar em 2015, US\$ 400 milhões e 80.000 t/ano (PRADELLA, 2006).

Os dois principais insumos para a produção de xantana são a sacarose, utilizada como fonte de carbono durante o processo fermentativo, e o etanol, utilizado como solvente na recuperação do biopolímero. Segundo a Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA (2007), o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, matéria-prima transformada em álcool e açúcar. Portanto a produção de xantana no Brasil é favorável e competitiva. Entretanto, o Brasil ainda não produz industrialmente essa goma, importando toda a xantana que é utilizada.

Geralmente, a produção de xantana e pesquisas que abordam esse tema, têm sido realizadas com cepas do patovar *campestris*, provenientes de coleções de culturas, mais especificamente com a *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459 (SLONEKER; JEANES, 1962; TORRESTIANA; FUCIKOVSKY; GALINDO, 1990; VUYST; VERMEIRE, 1994). No entanto, outras espécies de *Xanthomonas* também são capazes de produzir xantana, com eficiência e qualidade variável (MOREIRA et al., 2001; NITSCHKE; THOMAS, 1995; SUTHERLAND, 1982). É o caso da *Xanthomonas arboricola* pv *pruni*. Pesquisadores do Centro de Biotecnologia da Universidade Federal de Pelotas (Pelotas/RS – Brasil) têm estudado veementemente a produção de xantana pelo patovar *pruni* obtendo resultados excelentes (ANTUNES, 2000; ANTUNES et al., 2003; BORGES, 2004; BORGES, 2007; DIAZ, 2002; MOREIRA et al., 2001; PINTO, 2005; SOUZA; VENDRUSCOLO, 1999; TEIXEIRA, 2005; VENDRUSCOLO et al., 2000).

A produção de xantana envolve basicamente as etapas de preservação da cultura do microrganismo, formação do inoculo, produção propriamente dita e recuperação. O controle de todas as etapas é fundamental para garantir a qualidade da xantana, pois tanto o microrganismo utilizado quanto o meio de cultura e as condições operacionais, tais como: configuração do biorreator, modo de operação (batelada ou contínuo), temperatura, pH, velocidade de agitação, taxa de aeração e tempo de fermentação, influenciam no crescimento do microrganismo, na produção de xantana, na sua estrutura química e nas suas características reológicas. (ANTUNES et al., 2003; BORGES et al., 2009; GARCÍA-OCHOA et al., 2000; MOREIRA et al., 2001).

A goma xantana tem sido aplicada em vários tipos de alimentos por apresentar propriedades importantes de estabilização de emulsão, estabilidade térmica, compatibilidade com diversos ingredientes de alimentos, e propriedades reológicas pseudoplásticas (diminuição da viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento). A goma xantana é extremamente solúvel, tanto em água fria quanto quente e este comportamento está relacionado com a natureza polieletrólita da sua molécula. As soluções de xantana têm alta viscosidade e pseudoplasticidade, mesmo em concentrações baixas de polímero; a alta viscosidade é responsável pela habilidade espessante da xantana. A goma xantana também é utilizada na indústria farmacêutica, cosmética, de produtos agrícolas, têxtil e de exploração de petróleo (GARCÍA-OCHOA et al., 2000; VUYST; LOO; VANDAMME, 2002).

A viscosidade, apesar de requerida em alguns produtos, pode dificultar o processamento de determinados alimentos. Em virtude desse fato, a indústria alimentícia tem buscado utilizar espessantes que tenham propriedades pseudoplásticas. Assim, durante determinados processos que envolvam agitação e bombeamento, por exemplo, ocorre uma diminuição da viscosidade do produto, tornando-o mais fluido, mas, a viscosidade é recuperada imediatamente depois de cessada qualquer tensão de cisalhamento (MAUGERI FILHO, 2001). Além disso, a pseudoplasticidade da xantana realça o sabor e diminui a sensação de gomosidade do alimento na boca, em virtude da baixa viscosidade da xantana durante a mastigação, melhorando assim, suas características sensoriais (CHALLEN 1994; KATZBAUER, 1998).

1.6 Interações entre amido e xantana

Conhecer o comportamento reológico das farinhas de arroz e de milho e de suas respectivas massas é muito importante para sua aplicação tecnológica. Alguns estudos têm abordado esse tema (DAUTANT, 2007; YOO, 2006; XUE; NGADI, 2006). O componente principal das farinhas de milho e de arroz é o amido (HOSENEY, 1994), este componente exerce grande influência no comportamento reológico das farinhas.

O amido é constituído de dois tipos de polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina. A amilose é essencialmente linear, composta de unidades D-glucopirranose unidas por ligações glicosídicas α -1,4. A amilopectina, como a amilose, tem unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4; no entanto, em torno de 4 a 5% das unidades de glicose estão envolvidas em ligações α -1,6, criando pontos de ramificação. A amilose e amilopectina estão presentes nos grânulos na forma associada (COULTATE, 2004; HOSENEY, 1994). Após a gelatinização, com o resfriamento, inicia-se um processo onde as moléculas de amilose se associam cristalizando-se e exudando água. Esse processo é chamado de retrogradação (COULTATE, 2004).

O principal efeito produzido pela xantana é o retardo da retrogradação da amilose. Um aumento da viscosidade de soluções de amido é observado pela incorporação deste hidrocolóide, que modifica as propriedades reológicas da solução (WEBER; QUEIROZ-COLLARES; CHANG, 2008; WEBER et al., 2009). Por este motivo, a goma xantana tem sido utilizada para melhorar as características reológicas das massas de produtos como pães e bolos, aumentando o volume específico, adiando o endurecimento, prolongando a vida de prateleira e aumentando a qualidade global desses produtos.

Lazaridou et al. (2007), em estudo sobre os efeitos dos hidrocolóides na reologia da massa e nos parâmetros de qualidade do pão em formulações sem glúten, utilizaram farinha de arroz e hidrocolóides (pectina, carboximetilcelulose (CMC), agarose, xantana e β -glucana) em concentrações de 1% e 2%, em base de farinha. Neste estudo a adição de xantana proporcionou um aumento da elasticidade da massa, bem como, da resistência à deformação. Weber et al. (2009) estudaram as interações físico-químicas entre amidos de milho e hidrocolóides (gomas guar e xantana) e seus efeitos nas propriedades funcionais. Os autores concluíram que a

xantana modifica as propriedades de pasta e térmicas dos amidos, confere maior estabilidade ao cisalhamento e aquecimento e reduz a retrogradação do amido de milho.

Xue e Ngadi (2009), em estudo sobre os efeitos da goma xantana nas propriedades térmicas de sistemas de massas formulados com diferentes combinações de farinhas, observaram que a adição deste hidrocolóide aumenta a temperatura de gelatinização, porém, diminui a temperatura de transição vítrea. Temperaturas maiores e mais energia poderiam ser exigidas para o desenvolvimento da estrutura da massa, enquanto que temperaturas mais baixas são exigidas pra estabilizar massas congeladas.

Tubari, Sumnu e Sahin (2008), realizaram um estudo sobre as propriedades reológicas e qualidade de bolos de arroz formulados com diferentes gomas (xantana, guar, locusta, k-carragena, hidroxipropilmetilcelulose, mistura de xantana-guar e de xantana-k-carragena) e uma mistura de emulsificantes. Nesse estudo as massas dos bolos feitos com xantana e a mistura de xantana-guar tiveram os maiores valores de viscosidade aparente. Das formulações sem emulsificantes o bolo produzido com a xantana obteve maior volume específico. Esses resultados demonstram uma estabilidade da massa e qualidade do bolo produzido com xantana.

1.7 Bolo

O setor da panificação fatura com seus produtos, no Brasil, anualmente, cerca de R\$ 25 bilhões, além de gerar aproximadamente 550 mil empregos diretos. O setor é composto por 100 mil pequenos empresários em 52 mil empresas (SINDIPAN, 2008). Produtos de panificação, como bolos, fazem parte do dia a dia dos brasileiros e também estão presentes em ocasiões especiais, como aniversários, festas e comemorações em geral.

Bolos são caracterizados por serem produtos leves e por incluírem na sua formulação um alto nível de açúcar. Sua estrutura se deve, em parte, à gelatinização do amido, formando uma rede em que as bolhas de ar ficam retidas. Os bolos, quando são assados, possuem água suficiente para que o processo de gelatinização do amido ocorra. A viscosidade da massa do bolo também é muito importante, pois se ela for muito baixa permite a fuga de bolhas grandes de ar, prejudicando o

volume e o aspecto global do bolo. Além disso, a baixa viscosidade da massa faz com que grânulos de amido possam acumular-se na parte inferior da forma do bolo, produzindo uma camada semelhante à borracha, enquanto o bolo é assado (HOSENEY, 1994).

A qualidade do bolo é determinada pelas características físicas, estruturais e sensoriais. As características físicas são volume específico e umidade, enquanto que as estruturais se referem à textura e as sensoriais ao aspecto interno, externo e sabor do bolo (OTA, 2006). A perda da qualidade dos produtos de panificação está relacionada com a deterioração pela ação de microrganismos e o endurecimento. Desses dois fatores, a perda de maciez é ainda um item preocupante no que diz respeito à vida de prateleira. Quanto ao primeiro fator, o microbiológico, a indústria dispõe de ferramentas como o uso de conservantes para retardar o envelhecimento desses produtos (PONTES, 2006). O endurecimento do bolo está relacionado com o fenômeno da retrogradação do amido. Esse fenômeno se inicia com o resfriamento, quando a amilose e amilopectina iniciam um processo de reassociação (HUNG; MORITA, 2004). A utilização de hidrocolóides, como a xantana, pode adiar o envelhecimento deixando o bolo macio por mais tempo.

1º ARTIGO

THE ROLE OF XANTHAN GUM IN THE QUALITY OF GLUTEN FREE CAKES: BETTER BAKERY PRODUCTS FOR CELIAC PATIENTS

Leidi D. Preichardt¹, Claire T. Vendruscolo², Márcia A. Gularte², Angelita da S. Moreira²

¹Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial – Universidade Federal de Pelotas. Campus Universitário s/nº, CEP 96010-900, Pelotas, RS, Brasil.

²Departamento de Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Pelotas. Campus Universitário s/nº, CEP 96010-900, Pelotas, RS, Brasil.

Abstract

The aim of this study was to compare the characteristics of gluten free cakes prepared with rice and corn flours and with different concentrations of xanthan. Three formulas were created, F1, F2, and F3, with rice flour, corn flour, sugar, milk, eggs, soya oil, baking powder, and xanthan 0.2%, 0.3% and 0.4%, respectively. Two controls were used, both without xanthan: C1 (equal ingredients of the other formulations) and C2 (equal ingredients of the other formulations, but with wheat flour instead of rice flower). In the fresh cakes the centesimal composition, specific volume, color of the crumb, and the appearance of the internal structure were determined. It was also determined the moisture, firmness, springiness, and presence of aerobic/mesophilic microorganisms and moulds and yeasts in the fresh cakes and with three, six and nine days of storage. The cake sensory characterization was accomplished with 13 trained panelists that evaluated nine attributes: color of the crumb, form of the crumbs, springiness, firmness, porosity, rice flavor, corn flavor, moisture mouth feel, and staling. One hundred consumers tested

the acceptance and preference of the F2 and F3. The xanthan improved cakes characteristics, increased the specific volume, making the cakes softer, and retarding their staling. The F2 and F3 presented excellent sensory characteristics and high acceptance index by the consumers resembling physically, chemically, and sensorially to the traditional formulation that uses wheat flour in the composition.

Keywords: gluten free cake, rice flour, corn flour, xanthan gum, celiac.

1 Introduction

The development of products without gluten, mostly bakery products, is a challenge for the food science and technology, and it is essential for a celiac patient. The celiac disease is associated with poor digestion and poor absorption of nutrients, vitamins, and mineral salts in the gastrointestinal area due to the toxic effect of the prolamins from gluten that damages villus of the intestine (MAHAN & SCOTT-STUMP, 1998). Gluten is present in wheat, rye, barley and oat (HOSENEY, 1994).

The wheat flour is often used in bakery products. Its wide application is due to its characteristics of extensibility and viscoelasticity attributed to the proteins of the gluten that assists in the retention of CO₂ enabling the development of an adequate volume in the products. These are the properties that provide the characteristics of bread flours, texture adapted specifically for breads and cakes (FENEMA, 1996; HOSENEY, 1994). Therefore, alternative ingredients having similar technological characteristics to the gluten for application in bakery products are important.

Rice (*Oryza sativa*) is free of gluten, has low levels of sodium, protein, fat and fiber, has a high amount of easily digested carbohydrates, and it is frequently used as a wheat substitute in gluten free food products (SIVARAMAKRISHNAN; SENGE; CHATTOPAHYAY, 2004), but it does not have the extensibility and viscoelasticity characteristics of wheat. Corn (*Zea mays*), like rice, is free of gluten and also without the extensibility and viscoelasticity characteristics (QUAGLIA, 1991).

Corn flour provides natural yellow color, it has a characteristic flavor, and it does not have gluten. So, the rice flour as well as the corn flour can be used to produce gluten free cakes. The rice flour has little flavor and when it is mixed with corn flour it increases the flavor of the cake without the need of additives for taste and color. However, both present a limited capacity to retain the gas (CO₂) damaging the final quality of the products. According to Gomez et al. (2007), the hydrocolloids

application can contribute for the improvement of the quality of the products. Xue and Ngadi (2006) studied rheological properties of batter systems using rice flour and corn flour combinations. Afterwards, Xue and Ngadi (2009) studied the effects of xanthan gum on thermal properties of batter systems formulated with rice flour and corn flour combinations. In their study, they observed that the addition of the xanthan increased the gelatinization temperatures but decreased the glass transition temperatures (it is a change that the amorphous part of many polymers undergoes at a given temperature) of the resulting batters. Higher temperature and more energy might be required for the development of the batter coating structure, while lower temperatures are required to stabilize food products with frozen batter.

The xanthan gum has excellent rheological properties that can be used in food. Xanthan gum helps in the retention of CO₂ and it increases the specific volume of bakery products. Because of these characteristics, xanthan gum is used in several research studies (ASHWINI; JYOTSNA; INDRANI, 2009; GOMEZ et al., 2007; GUARDA et al., 2004; LAZARIDOU et al., 2007; ROSELL et al., 2001; TUBARI; SUMNU; SAHIN, 2008). According to Tubari, Sumnu and Sahin (2008), cakes prepared with xanthan gum do not collapse in the oven.

The main problem for celiac patients is the daily challenge to find healthy and tasty foods that supply their needs. The foods need to be appealing in flavor and in color. This problem has been solved for bakery products. In this study the characteristic qualities of gluten free cakes prepared with rice and corn flours, plus various concentrations of xanthan gum were compared. The objective of this study was to produce gluten free cakes with acceptable characteristics of color, flavor, and quality that would appeal to celiac patients.

2 Materials and methods

2.1 Materials

Flours: rice flour (Maninho®) with 12.52% moisture, 0.59% ash, and 6.28% protein determined by the methods 012/IV, 018/IV and 036/IV, respectively (Instituto Adolfo Lutz, 2004), and 30.43% apparent amylose content (MARTINEZ; CUEVAS, 1989); corn flour ground fine (Beatriz®) with 12.45% moisture, 0.52% ash, 4.38% protein and 36.55% apparent amylose content; wheat flour (Viviana®) with 13.81% moisture, 0.53% ash, 9.59% protein and 30.02% apparent amylose content. Other

ingredients: refined sugar (Da Barra®), baking powder (Monopol®), egg (Conjunto Agrotécnico Visconde da Graça – CAVG -UFPeI, Brazil), pasteurized milk (Corlac®), soya oil (Camera®), and xanthan gum (Farmaquímica Industrial Ltda) with viscosity at 10 rpm of 6020 mPas% (Visco Tester 6L Thermo Haake Viscometer). Planetary mixer (Arno®), and industrial electric furnace (Fitt 120 Tedesco®).

2.2 Preparation of cake batter¹

A cake batter recipe containing 11% rice flour, 11% corn flour, 31% refined sugar, 18% pasteurized milk, 5% soya oil, 2% baking powder, and 22% egg. Xanthan gum was added to the formulation at 0.2% (formulation 1- F1), 0.3% (formulation 2- F2) and 0.4% (formulation 3- F3) as a plus, without the reduction of other ingredients. Two control cakes were used: one cake without xanthan (control 1- C1) and another cake with wheat flour instead of rice flour containing no xanthan gum (control 2- C2).

The cakes were baked in industrial electric furnace (Fitt 120 Tedesco®). Cakes batter (900 g) were placed in rectangular shape cake molds (30 cm length, 20 cm wide and 3.5 cm height) at 200°C for 35 min. When the cakes reach the room temperature they were packed in plastic bags treated with a solution of metylparaben 0.2% and stored at room temperature. Another cake batter samples (40 g) were placed in round shape cake molds (7.5 cm diameter and 6 cm height) at 200°C for 24 min. These smaller cakes were elaborated with the aim of measure the specific volume. After the analyses they were discarded.

2.3 Cake quality evaluation

The main chemical and physical parameters for fresh cake were determined as follows: specific volume was determined by the millet contents seed displacement method, calculating the specific volume from the ratio between the volume of the cakes and its weight, ash, protein, lipid, and fiber contents were determined by the methods 018/IV, 036/IV, 032/IV and 044/IV, respectively (Instituto Adolfo Lutz, 2004). The sum of the moisture, protein, lipid, fiber, ash and carbohydrate contents of the analyzed food was 100%. Carbohydrates were determined by the difference in the

¹ More details on the recipe and procedure for making the dough of the cake can be found in the electronic address: <http://www.ufpel.edu.br/cenbiot/receita%202.ppt>.

centesimal composition, in other words, the sum of the moisture, protein, lipid, fibers and ashes contents were subtracted from 100, resulting in the carbohydrates content of the sample. The cake color was measured with a Minolta colorimeter model CR 30. The color readings were expressed by Minolta values for *L*, *a* and *b*. The appearance of the internal structure of fresh cakes was obtained with an HP scanner (HP Officejet Pro L7590).

The moisture, firmness, and springiness of the cakes were determined at four different times: on the day of the baking (T0), three days later (T3), six days later (T6), and nine days later (T9). The moisture was obtained by the method 012/IV (Instituto Adolfo Lutz, 2004). In order to determine firmness and springiness, it was used a texture analyzer TAX plus (Stable Personal computer Systems), with probe P36R, test mode compression, pre-test speed 1 mm/sec, post-test speed 10 mm/sec; target mode strain 25%, hold time 60 s, trigger type auto (force), trigger force 0.04903N.

The determination of aerobic/mesophilic microorganisms, moulds and yeasts during the storage period (T0, T3, T6 and T9) was performed according to APHA (VANDERZANT, SPLITTSTCESSER, 1992).

2.4 Sensory analysis

To characterize the cake (control 1- C1, formulation 1- F1, formulation 2- F2 and formulation 3- F3), attributes were evaluated by 13 trained panelists. The formulation C2 was used only as reference (optimum) during the training, for being a well-known product with the following characteristics: intermediary yellow color of the crumb, springiness, softness, giving light moisture mouth feel, characteristic corn flavor, but not in excess, uniform porosity, little staling and crumbs formation, and no rice flavor. The tests were performed first at T0 and later at the three storage times: T3, T6, and T9.

A non-structured scale of 9 cm was used for evaluation. The left side of the scale corresponded to the lowest intensity (value 0.0) and the right side corresponded to the highest intensity (value 9.0). Evaluations were performed in the Sensory Analysis Laboratory of Federal University of Pelotas (UFPel, Pelotas, Brazil). The four samples were presented in the monadic sequential form at room temperature, with each portion of 20 g per sample and served in containers coded

with three random digits. It was asked to the consumers to rinse their palates with water (at room temperature) between samples.

The two formulations with the best characteristics were submitted to the acceptance and preference test to a panel of 100 consumers, both male and female. A nine-point hedonic scale was used to evaluate the overall acceptability of the cake formulations; the consumers scored on a scale of 1 (extremely dislike) to 9 (like very much). Cakes with acceptance index greater than 70% were considered well accepted by the consumers. The comparison paired-preference bicaudal test was used to evaluate the preference between cake formulations (PROFIQUA, 2000).

2.5 Statistical analysis

The results were submitted to a variance analysis, with comparison of means using the Tukey test at 5% significance level.

3 Results and discussion

3.1 Cake quality

The effect of xanthan gum incorporation on chemical and physical parameters of fresh cakes is summarized in Tab. 1, whereas the appearance of cakes is illustrated in Fig 1.

Table 1- Chemical and physical properties of cakes

Formulation	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Fiber (%)	carbohydrates (%)	Specific vol. (cm ³ .g ⁻¹)
C1	34.72 ^a (±0.08)	0.95 ^a (±0.05)	4.74 ^b (±0.14)	4.96 ^a (±0.74)	1.91 ^a (±0.23)	50.72 ^a (±0.96)	2.79 ^c (±0.05)
F1	34.94 ^a (±0.69)	0.95 ^a (±0.07)	5.04 ^{ab} (±0.40)	5.35 ^a (±0.28)	1.34 ^a (±0.07)	52.37 ^a (±0.65)	2.91 ^{bc} (±0.09)
F2	36.85 ^a (±0.22)	0.88 ^a (±0.04)	5.31 ^{ab} (±0.34)	5.42 ^a (±0.49)	1.77 ^a (±0.13)	49.76 ^a (±0.42)	2.99 ^{ab} (±0.03)
F3	36.35 ^a (±0.64)	1.01 ^a (±0.04)	5.13 ^{ab} (±0.28)	4.89 ^a (±0.46)	1.59 ^a (±0.37)	51.02 ^a (±1.34)	3.02 ^{ab} (±0.1)
C2	36.08 ^a (±0.73)	0.98 ^a (±0.05)	5.69 ^a (±0.24)	5.82 ^a (±0.59)	1.99 ^a (±0.27)	49.44 ^a (±1.72)	3.16 ^a (±0.01)

* Columns with different letters are significantly different (p≤0.05).

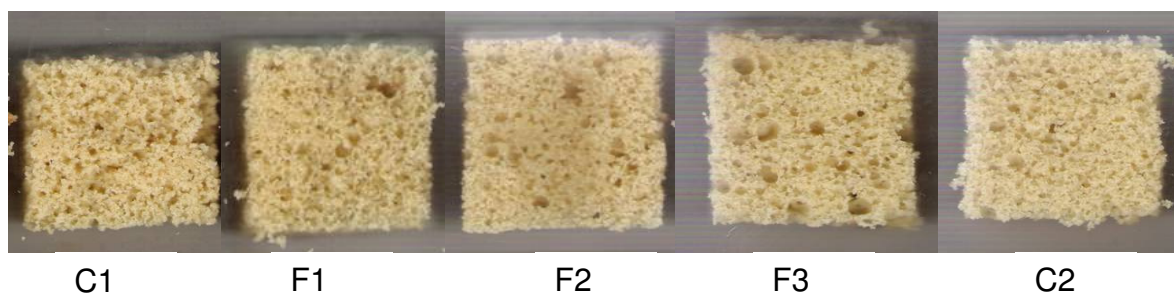


Figure 1 - Internal structure appearance of fresh cakes

The appearance of the internal structure of xanthan added cakes was more uniform, with predominance of small alveolus and similar to C2, which was made with wheat flour and without xanthan. On the other hand, C1 formulation made with rice flour and without xanthan presented an undesirable open and random pore structure.

The centesimal composition of the cakes practically did not differ between formulations. Only the protein proportion differed between formulations C1 and C2, both without xanthan. The cakes with higher volumes are more desirable by the consumers; however, they are difficult to obtain in gluten free products. The volume of the cakes increased proportionally with the addition of xanthan. The formulations with the highest xanthan concentrations (F2 and F3) were statistically similar to the formulation made with wheat flour (C2). Therefore, it is possible to produce gluten free cakes with the same specific volume as in traditional cakes using 0.3% and 0.4% of xanthan gum.

In a study of Tubari, Sumnu and Sahin (2008), the xanthan gum improved the rice cake volume when compared with other hydrocolloids (guar, locust, k-carrageenan, HPMC, xanthan+guar and xanthan+carrageenan). Gomez et al. (2007) evaluated the volume of the yellow layer cakes made with different hydrocolloids and xanthan cakes. The xanthan cakes had the highest volumes. According to the same authors, the highest volumes can be explained due to the observed increase in batter viscosity that slows down the rate of CO₂ diffusion and allows its retention during the early stage of baking. Several studies have shown that xanthan increases the viscosity of bakery products dough (LAZARIDOU et al., 2007; ROSELL et al., 2001; TUBARI; SUMNU; SAHIN, 2008).

Crumb color of the gluten free cakes was also evaluated using a Minolta colorimeter. The *L* scale ranges from 0 black to 100 white; the *a* scale extends from a negative value (green hue) to a positive value (red hue); and the *b* scale ranges from

negative blue to positive yellow. The L , a and b values for crumb of all prepared cakes are shown in Tab. 2. In general, the addition of different concentrations of xanthan did not interfere in the values of L , a and b . The a values for the crumbs of cakes were all negatives, which means that there was no red hue in the crumbs.

Table 2 - Color of the cakes

Formulation	L^*	a^*	b^*
C1	71.26 ^b	- 2.36 ^a	32.26 ^a
F1	70.7 ^b	- 2.29 ^a	31.81 ^{ab}
F2	71.91 ^b	- 3.13 ^a	30.65 ^{ab}
F3	72.1 ^{ab}	- 2.85 ^a	30.48 ^b
C2	73.5 ^a	- 2.86 ^a	31.2 ^{ab}

* Columns with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

3.2 Stored cake quality

During storage, the important factors that can change are moisture, firmness, and springiness. In Fig. 2, the moisture values for the cakes of all formulations at the day of baking (T0), 3 (T3), 6 (T6), and 9 (T9) days of storage are shown.

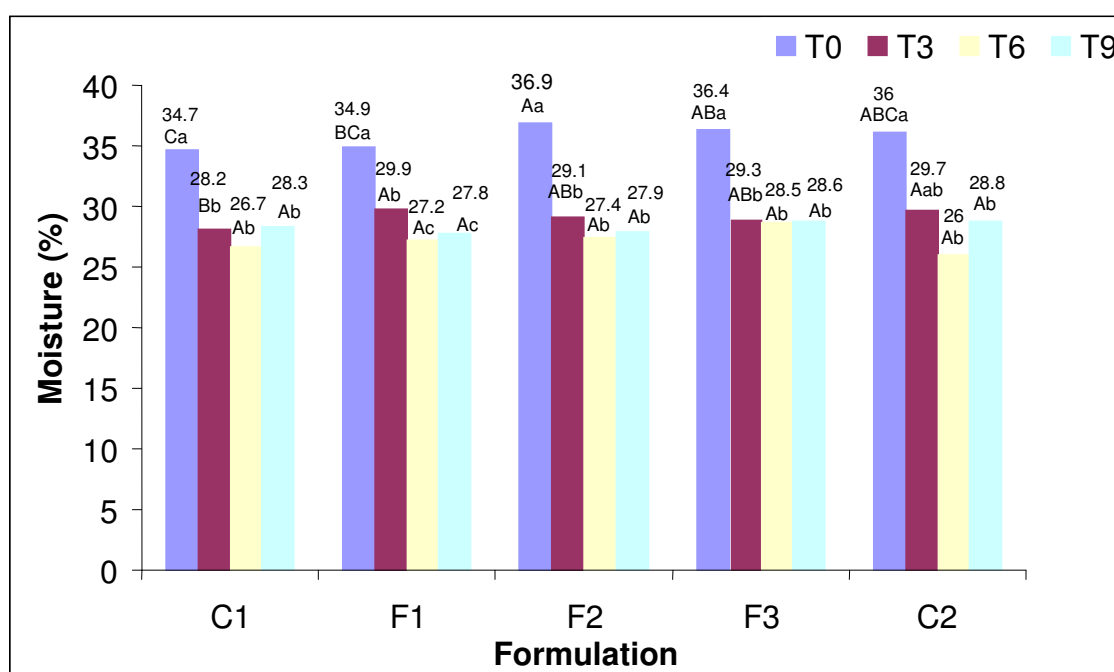


Figure 2 - Influence of the time of storage in the moisture of the cake. C1: rice flour+ corn flour without xanthan; F1: rice flour+ corn flour + 0.2% xanthan; F2: rice flour+ corn flour + 0.3% xanthan; F3: rice flour+ corn flour + 0.4% xanthan; C2: wheat flour+ corn flour without xanthan. T0: same day of baking; T3: 3 days of storage; T6: 6 days of storage; T9: 9 days of storage.

* Equal capital letters do not differ significantly regarding formulation ($p \leq 0.05$). Equal lower case letters do not differ significantly regarding time of storage ($p \leq 0.05$).

The addition of xanthan did not interfere in the moisture of the cakes. There was a reduction of the moisture in all formulations in the third day of storage. After the third day of storage there were changes in the moisture proportion. Rosell et al. (2001) reported a moisture retention increase due to the high capacity of the hydrocolloids to retain water. Lazaridou et al. (2007) also evaluated water activity (a_w) in gluten-free breads with the addition of different hydrocolloids and noted that, in most cases, water activity was not affected. The increase of the moisture retention depends on the hydrocolloids chemical structure and the interactions with the remaining ingredients of the food (GOMEZ et al., 2007).

The firmness and springiness are illustrated in Fig. 3 and Fig. 4, respectively.

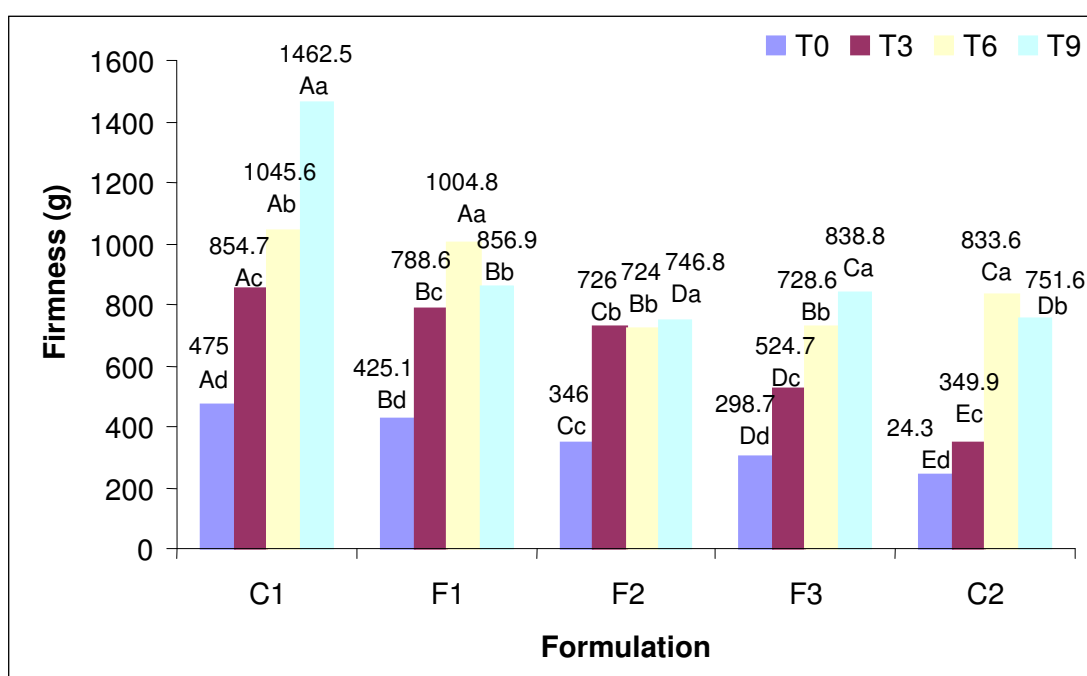


Figure 3 - Influence of the time of storage in the firmness of the cake. C1: rice flour+ corn flour without xanthan; F1: rice flour+ corn flour + 0.2% xanthan; F2: rice flour+ corn flour + 0.3% xanthan; F3: rice flour+ corn flour + 0.4%; C2: wheat flour+ corn flour without xanthan. T0: same day of baking; T3: 3 days of storage; T6: 6 days of storage; T9: 9 days of storage.

* Different capital letters represent significant difference among formulations ($p \leq 0.05$). Different lower case letters represent significant difference among times of storage ($p \leq 0.05$).

The addition of xanthan in gluten free cakes increased the softness. Both formulations with the highest xanthan concentrations (F2 and F3) appeared as soft as the control C2 (made with wheat flour). In general, the firmness of the cakes increased with the length of storage, but the xanthan postponed the hardening of the

cakes. The formulation without xanthan (C1) was excessively firm at each level of storage (T0, T3, T6, and T9). Besides, this formulation presented the firmness values in T3 equivalent and superior to the values of the formulations F2 and F3 in times T6 and T9. In the Tubari, Sumnu and Sahin (2008) study, cakes containing xanthan gum and xanthan-guar gum - both with emulsifier blend - were softer than the ones prepared with other hydrocolloids. In the study done by Gomes et al. (2007), the xanthan cakes after the 2nd day of storage presented a 40% firmness decrease in comparison to the control without hydrocolloids.

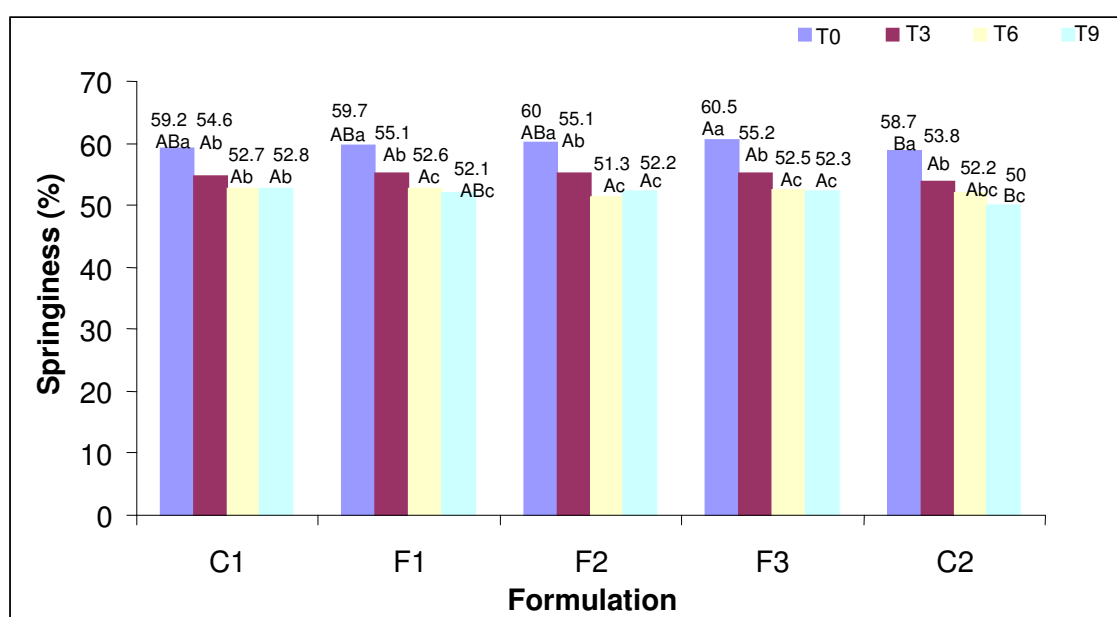


Figure 4 - Influence of the time of storage in the springiness of the cake. C1: rice flour+ corn flour without xanthan; F1: rice flour+ corn flour + 0.2% xanthan; F2: rice flour+ corn flour + 0.3% xanthan; F3: rice flour+ corn flour + 0.4% xanthan; C2: wheat flour+ corn flour without xanthan. T0: same day of baking; T3: 3 days of storage; T6: 6 days of storage; T9: 9 days of storage.

* Different capital letters represent significant difference among formulations ($p \leq 0.05$). Different lower case letters represent significant difference among times of storage ($p \leq 0.05$).

The springiness of the cakes was not influenced by the addition of xanthan. There was a decrease in springiness with the time of storage, especially in the first three days. For Gomez et al. (2007) the yellow layer cakes elasticity did not change statistically when xanthan cakes and the control without hydrocolloids were compared.

The moisture influenced the firmness and elasticity of the cakes. While there was a significant correlation ($p \leq 0.05$) between moisture and elasticity ($r = 0.89$), there

was a negative correlation ($p \leq 0.05$) between moisture and firmness ($r = -0.72$). Therefore, the more moisture there is, then softer and more elastic the cakes are.

All the cakes, during the nine storage days, remained microbiologically apt for consumption. Both aerobic/mesophilic microorganisms and moulds and yeasts counting, for all the formulations and in all times, were $< 10^3$ CFU/mL. These results were well below the limit established by the Brazilian legislation (BRASIL, 2001).

3.3 Sensory evaluation

Nine attributes defined during the training of the panelists were evaluated: color of the crumb, crumbs formation, springiness, firmness, porosity, rice flavor, corn flavor, moisture mouth feel and staling (Tab. 3).

Table 3- Definition of the sensory attributes

Sensory attributes	Definition
Color of the crumb	Yellow color No intensity= light yellow High intensity= dark yellow
Crumbs formation	Crumbs formation when cutting or biting No intensity= little crumbs formation when cutting or biting High intensity= high crumbs formation when cutting or biting
Springiness	The pieces were able to retain the form after squeezing No intensity= no springiness, pieces did not retain shape after squeezing High intensity= high springiness, pieces retain shape after squeezing
Firmness	Relates to the force needed to bite through No intensity= little force needed to bite through High intensity= high force needed to bite through
Porosity	Pore structure in the crumb No uniform= open and random pore structure Uniform = dense pore structure
Rice flavor	Flavor of the rice No intensity= little rice flavor High intensity= high rice flavor
Corn flavor	Flavor of corn No intensity= little corn flavor High intensity= high corn flavor
Moisture mouth feel	Moisture mouth feel No intensity=no moisture mouth feel, no fluidity High intensity= distinct moisture mouth feel, much fluidity
Staling	Staling No intensity= not staling High intensity= very much staling

The spider graphs, in Fig. 5, suggests that all samples, regardless the formulation and length of storage (in days), were similar regarding porosity and color of the crumb. Even the control formulation C1 presented interesting characteristics,

inferior to those added of xanthan (F2 and F3), demonstrating the success of the base mixture of the ingredients. The fresh cakes added of xanthan had an intense moisture mouth feel, more than the other. The formulation C1 showed less springiness, more formation of crumbs, and firmness starting at the third day of storage. This formulation was the only evidence of staling in the ninth day of storage. Sensorially, the formulations that had better characteristics were F2 and F3 the ones with the highest xanthan concentrations.

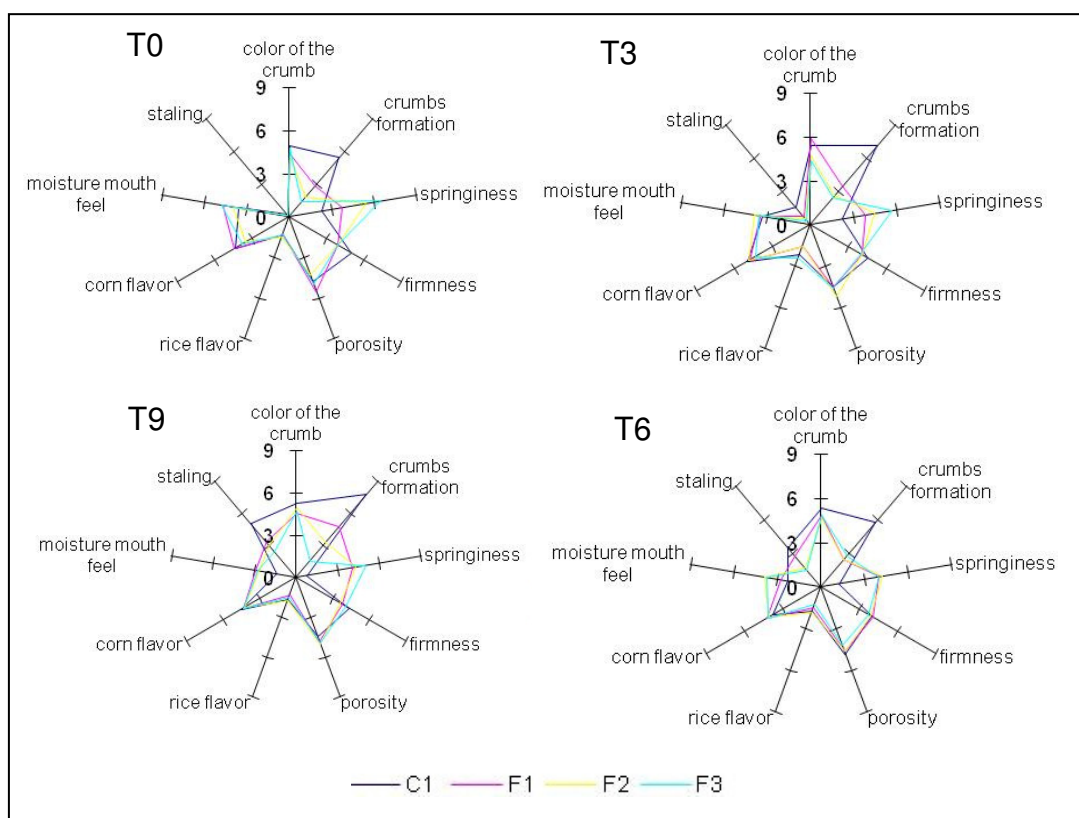


Figure 5 – Spider graphics of the evaluated sensory attributes. C1: rice flour + corn flour without xanthan; F1: rice flour + corn flour + 0.2% xanthan; F2: rice flour + corn flour + 0.3% xanthan; F3: rice flour + corn flour + 0.4% xanthan. T0: same day of baking; T3: 3 days of storage; T6: 6 days of storage; T9: 9 days of storage.

The sensory attribute of the crumbs formation had correlation ($p \leq 0.05$) with the sensory firmness ($r = 0.30$), staling ($r = 0.51$), instrumental firmness ($r = 0.56$), while it had negative correlation ($p \leq 0.05$) between sensory springiness ($r = -0.54$), moisture ($r = -0.27$), moisture mouth feel ($r = -0.20$) and instrumental springiness ($r = -0.18$). The sensory springiness had correlation ($p \leq 0.05$) between moisture mouth feel ($r = 0.60$), instrumental springiness ($r = 0.24$), specific volume ($r = 0.73$) and

moisture ($r = 0.30$), besides the crumbs formation, the sensory springiness had negative correlation ($p \leq 0.05$) between staling ($r = -0.31$) and instrumental firmness ($r = -0.58$). The moisture mouth feel also had correlation ($p \leq 0.05$) between instrumental moisture ($r = 0.44$). The sensory attribute color did not have correlation with the instrumental color. That is acceptable since the sensory analysis is very subjective while the instrumental, especially the color, is very sensitive.

From the presentation of the correlations, the results show that the fresher and more elastic, the moister and softer was the cake. The older and firmer, the larger was the crumbs formation of the cake.

From results of sensory characterization of the product, the formulations F2 and F3 were selected for affective tests of acceptance and preference. The results of acceptance test are presented in Fig. 6. Of the 100 consumers consulted, 56 preferred formulation F3 with 0.4% of xanthan, while, 44 preferred formulation F2 with 0.3% of xanthan. Hence, according to the table for the comparison paired-preference bicaudal test there is no preference between formulations to the level of 5% of significance.

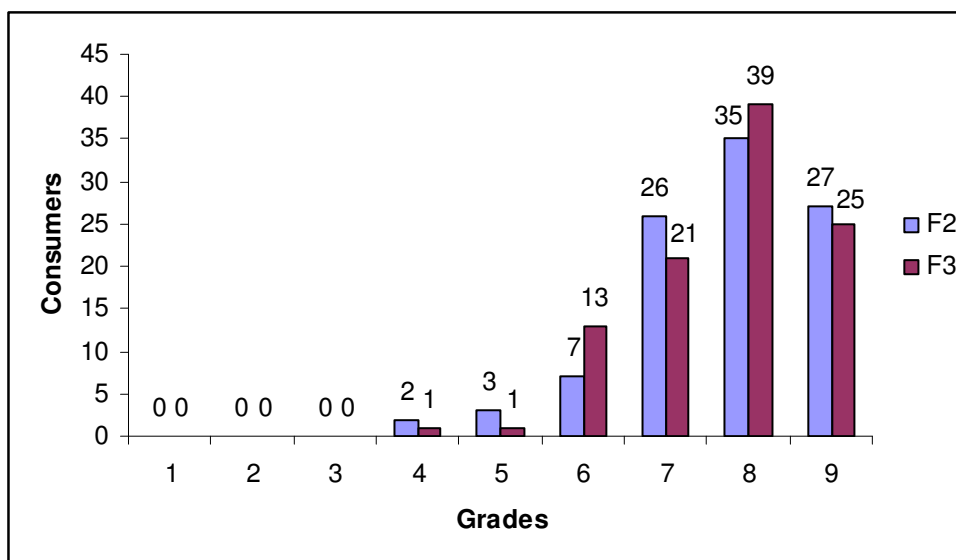


Figure 6 - Distribution of the consumer grades to the overall acceptability of the cake formulations using a nine-point hedonic scale.

The average grades of the consumers for the acceptance test of the formulations F2 and F3 were 7.70 and 7.1, ($p \leq 0.05\%$), and the acceptability levels were 84% and 85.67%, respectively. These data reveal a great acceptance by consumers for both formulations tested.

4 Conclusions

The xanthan addition improved the physical and sensory characteristics of the cakes, increased the specific volume, making them softer and retarding their staling. The concentrations of 0.3% and 0.4% of xanthan gum produced cakes with excellent sensory characteristics with high acceptance index by the consumers. The cakes resembled physically, chemically, and sensorially the ones that contained only wheat flour. The cakes satisfied all the requirements, in a bakery product, for celiac patients.

5 Acknowledgements

We are grateful to CNPq for financial support, to CAVG/UFPel for donation of eggs. We also thank the working team of biopolymers laboratory - Amanda Á. Rodrigues, Elisabete R. B. Pereira, Fernanda G. Alves, Isabel Back, Lizandra F. da Silva, Mateus Gularte, Paula A. Klaic, Roger F. dos Santos and Virgínia S. de Jesus, who assisted in the production of 30 cakes per day, totalizing 90 cakes.

6 References

- ASHWINI, A., JYOTSNA, R., & INDRANI, D. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 700-707, 2009.
- BRASIL. Resolução RDC Nº 12, de 2 de janeiro de 2001. REGULAMENTO TÉCNICO SOBRE OS PADRÕES MICROBIOLÓGICOS PARA ALIMENTOS. **D.O.U.**-Diário Oficial da União de 10 de janeiro de 2001.
- FENNEMA, O.R. **Food Chemistry**. Peptides and Proteins. 3ª ed. – New York: Marcel Dekker, Inc, 1996. p. 1067.
- GÓMEZ, M., RONDA, F., CABALLERO, P. A., BLANCO, C. A., & ROSELL, C. M. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. **Food Hydrocolloids**, v. 21, p. 167-173, 2007.
- GUARDA, A., ROSELL, C. M., BENEDITO, C., & GALOTTO, M. J. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. **Food Hydrocolloids**, v. 18, p. 241-247, 2004.
- HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 2ª ed. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1994, p 378.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**, 4ª ed., v. 1, São Paulo: IMESP, 2004. p. 1032.

LAZARIDOU, A. DUTA, D., PAPAGEORGIOU, M., BELC, N., & BILIADERIS, C.G. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 1033-1047, 2007.

MAHAN, L.K.; ESCOTT – STUMP, S. **Krause: alimentos Nutrição e Dietoterapia**. 9ª ed. São Paulo: Roca, 1998, p. 1179.

MARTINEZ, C. Y.; CUEVAS, F. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. **Guia del estudio**. Cali: CIAT, 1989, 75p.

PROFÍQUA – Associação Brasileira Dos Profissionais da Qualidade de Alimentos. (2000). **Análise Sensorial Testes Discriminativos e Afetivos Manual-Série Qualidade**. 1ª ed., São Paulo, SP, p.127.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de la panificación**. Editorial acribia, S.A., 1991, p. 485.

ROSELL, C. M., ROJAS, J. A., & BENEDITO DE BARBER, C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**, v. 15, p. 75-81, 2001.

SIVARAMAKRISHNAN, H. P.; SENGE, B.; CHATTOPADHYAY, P. K. Rheological properties of rice dough for making rice bread. **Journal of Food Engineering**. v. 62. p. 37-45, 2004.

TUBARI, E.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 305-312, 2008.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTCESSER, P. F. **Compendium of Methods for Microbiological Examination of Foods**. 13ª ed., Washington; American Public Health Association, 1992. 1219p.

XUE, J. & NGADI, M. Rheological properties of batter systems formulated using different flour combinations. **Journal of Food Engineering**, v.77, p. 334-341, 2006.

XUE, J. & NGADI, M. Effects of methylcellulose, xanthan gum and carboxymethylcellulose on thermal properties of batter systems formulated with different flour combinations. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 286-295, 2009.

2º ARTIGO

EFFICIENCY OF THE XANTHAN SYNTHESIZED BY *Xanthomonas arboricola* pv *pruni* IN THE PRODUCTION OF GLUTEN FREE CAKES

Leidi D. Preichardt¹, Claire T. Vendruscolo², Angelita da S. Moreira²

¹Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial – Universidade Federal de Pelotas. Campus Universitário s/nº, CEP 96010-900, Pelotas, RS, Brasil.

²Departamento de Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Pelotas. Campus Universitário s/nº, CEP 96010-900, Pelotas, RS, Brasil.

Abstract

The aim of this study was to test a xanthan produced by *Xanthomonas arboricola* pv *pruni* strain 106 (XA) in gluten free cakes, in order to evaluate its efficiency. A cake batter recipe containing rice flour, corn flour, sugar, pasteurized milk, soya oil, baking powder, and egg was used. Xanthan (XC) was added in the formulation at 0.3% (formulation 1- F1), 0.4% (formulation 2- F2). Xanthan (XA) was added at 0.3% (formulation 3- F3) and 0.4% (formulation 4- F4). Two control cakes were used: one cake without xanthan (control 1- C1) and another cake with wheat flour instead of rice flour containing no xanthan gum (control 2- C2). The quality of the cakes was monitored every three days during nine days of storage, determining moisture, firmness, springiness and the presence of aerobic/mesophilic microorganisms and moulds and yeasts. In fresh cakes it was also determined the specific volume, ash, protein, lipid, fiber, carbohydrates, color of the crumb and appearance of the internal structure. To verify possible sensory differences between the cakes made with XA and XC a triangular test with 30 panelists was applied. Both the XA xanthan and xanthan XC promoted increase in specific volume of cake. The

addition of both xanthans in gluten free cakes reduced the firmness during the storage. The panel did not note sensory difference between the cakes. Therefore, xanthan XA can be used in gluten free cakes without compromising its chemical and physical characteristics as well as the sensory quality.

Keywords: gluten free cake, rice flour, corn flour, xanthan gum, *Xanthomonas arboricola* pv pruni.

1 Introduction

The celiac disease is associated with poor digestion and poor absorption of nutrients, vitamins, and mineral salts in the gastrointestinal area due to the toxic effect of prolamins, a protein fraction from gluten that damages villus of the intestine (MAHAN & SCOTT-STUMP, 1998). Gluten is present in wheat, rye, barley and oat (HOSENEY, 1994).

Wheat flour is traditionally used in bakery products. Its wide application is due to its characteristics of extensibility and viscoelasticity attributed to the proteins of the gluten that help in the retention of CO₂, enabling the development of an adequate volume in the products. These are the properties that provide the characteristics to bread flours, texture adapted specifically for breads and cakes (FENEMA, 1996; HOSENEY, 1994). The industrialization of products without gluten from corn and rice flour is technologically difficult, because these flours do not have the viscoelasticity property characteristic of proteins of the gluten (SIVARAMKRISHNAN; SENGE; CHATTOPADHYAY, 2004). This decreases the quality, leading to products of smaller specific volume, harder and less durable. The application of hydrocolloids, like xanthan, can be a solution for these problems.

The xanthan is a microbial extracellular heteropolysaccharide of high molar mass used in several industrial sectors due to its excellent rheological properties. It is produced by fermentation of bacterium *Xanthomonas* (ROSS-MURPHY; MORRIS, V; MORRIS, E, 1983).

The main effect produced by xanthan is the retard of retrogradation of amylose. An increase of the starch solution viscosity was observed by the incorporation of this hydrocolloid that modifies the rheological properties of the solution (WEBER; QUEIROZ-COLLARES; CHANG, 2008; WEBER et al., 2009). Xanthan has been being used to improve the rheological characteristic of dough

products like breads and cakes, increasing the specific volume, postponing the hardening, prolonging shelf-life and increasing the global quality of these products. This gum is the object of several studies in bakery products (ASHWINI et al., 2009; GOMEZ et al., 2007; GUARDA et al., 2004; LAZARIDOU et al., 2007; ROSELL et al., 2001; TUBARI et al., 2008).

Generally, xanthan production and research that address this theme have been conducted with strains of *Xanthomonas campestris*, from culture collections, more specifically with *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459 (SLONEKER; JEANES, 1962; TORRESTIANA; FUCIKOVSKY; GALINDO, 1990; VUYST; VERMEIRE, 1994). However, other species of *Xanthomonas* are also able to produce xanthan, with efficiency and variable quality (MOREIRA et al., 2001; NITSCHKE; THOMAS, 1995; SUTHERLAND, 1982). It is the case of *Xanthomonas arboricola* pv *pruni*. Bacteria of the *patovar pruni* infect species of the genus *Prunus*, causing Prunus Bacterial Spot (PBS) in peach, plums and almonds (CIVEROLO; HATTINGH, 1993). Researchers from the Biotechnology Center of the Federal University of Pelotas (Pelotas/RS – Brazil) have been studying the xanthan production by *patovar pruni* for many years obtaining excellent results (ANTUNES et al., 2003; BORGES et al., 2008; BORGES et al., 2009; MOREIRA et al., 2001; SOUZA; VENDRUSCOLO, 1999; VENDRUSCOLO et al., 2000).

The aim of this study was to test a xanthan produced by *Xanthomonas arboricola* pv *pruni* strain 106 in gluten free cakes, in order to verify its efficiency. The formulations elaborated in this work were based on a previous study² developed from the application of commercial xanthan concentrations in gluten free cakes.

2 Materials and methods

2.1 Materials

Flours: rice flour (Maninho®) with 12.52% moisture, 0.59% ash, and 6.28% protein determined by the methods 012/IV, 018/IV and 036/IV, respectively (Instituto Adolfo Lutz, 2004), and 30.43% apparent amylose content (MARTINEZ; CUEVAS, 1989); corn flour ground fine (Beatriz®) with 12.45% moisture, 0.52% ash, 4.38%

² Article not yet published: "The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: better bakery products for celiac patients".

protein and 36.55% apparent amylose content; wheat flour (Viviana®) with 13.81% moisture, 0.53% ash, 9.59% protein and 30.02% apparent amylose content. Other ingredients: refined sugar (Da Barra®), baking powder (Monopol®), egg (Conjunto Agrotécnico Visconde da Graça – CAVG -UFPeI, Brazil), pasteurized milk (Corlac®), soya oil (Camera®), commercial xanthan XC (Farmaquímica Industrial Ltda) and xanthan XA synthesized in the biopolymers laboratory (UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Process for preparing a xanthan biopolymer. WO/2006/047845, 01 nov. 2005). The xanthan synthesized was selected for showing similar characteristics to the commercial xanthan. The ash and protein determined by the methods 018/IV and 036/IV, respectively (Instituto Adolfo Lutz, 2004), acetyl and pyruvate content were determined by McComb and McCready (1957) and Slonecker and Orentas (1962), in that order. Xanthan 1% aqueous solution viscosity was determined in viscometer, with spindle L3 at 10, 30, 60 and 100rpm and 25°C (Visco Tester 6L Thermo Haake Viscometer).

2.2 Preparation of cake batter³

A cake batter recipe containing 11% rice flour, 11% corn flour, 31% sugar, 18% pasteurized milk, 5% soya oil, 2% baking powder, and 22% egg was used. Xanthan (XC) was added in the formulation at 0.3% (formulation 1- F1), 0.4% (formulation 2- F2). Xanthan (XA) was added at 0.3% (formulation 3- F3) and 0.4% (formulation 4- F4). Xanthan gum was added as a plus, without the reduction of other ingredient. Two control cakes were used: one cake without xanthan (control 1- C1) and another cake with wheat flour instead of rice flour containing no xanthan gum (control 2- C2).

The cakes were baked in industrial electric furnace (Fitt 120 Tedesco®). Cakes batter (900 g) were placed in rectangular shape cake molds (30 cm length, 20 cm wide and 3.5 cm height) at 200°C for 35 min. When the cakes reach the room temperature they were packed in plastic bags treated with a solution of metylparaben 0.2% and stored at room temperature. Another cake batter samples (40 g) were placed in round shape cake molds (7.5 cm diameter and 6 cm height) at 200°C for 24

³ More details on the recipe and procedure for making the dough of the cake can be found in the electronic address: <http://www.ufpel.edu.br/cenbiot/receita%202.ppt>.

min. These smaller cakes were elaborated with the aim of measure the specific volume. After the analyses they were discarded.

2.3 Cake quality evaluation

The main chemical and physical parameters for fresh cake were determined as follows: specific volume was determined by the millet contents seed displacement method, calculating the specific volume from the ratio between the volume of the cakes and its weight, ash, protein, lipid, and fiber contents were determined by the methods 018/IV, 036/IV, 032/IV and 044/IV, respectively (Instituto Adolfo Lutz, 2004). The sum of the moisture, protein, lipid, fiber, ash and carbohydrate contents of the analyzed food was 100%. Carbohydrates were determined by the difference in the centesimal composition, in other words, the sum of the moisture, protein, lipid, fibers and ashes contents were subtracted from 100, resulting in the carbohydrates content of the sample. The cake color was measured with a Minolta colorimeter model CR 30. The color readings were expressed by Minolta values for *L*, *a* and *b*. The appearance of the internal structure of fresh cakes was obtained with an HP scanner (HP Officejet Pro L7590).

The moisture, firmness, and springiness of the cakes were determined at four different times: on the day of the baking (T0), three days later (T3), six days later (T6), and nine days later (T9). The moisture was obtained by the method 012/IV (Instituto Adolfo Lutz, 2004). In order to determine firmness and springiness, it was used a texture analyzer TAX plus (Stable Personal computer Systems), with probe P36R, test mode compression, pre-test speed 1 mm/sec, post-test speed 10 mm/sec; target mode strain 25%, hold time 60 s, trigger type auto (force), trigger force 0.04903N.

The determination of aerobic/mesophilic microorganisms, moulds and yeasts during the storage period (T0, T3, T6 and T9) was performed according to APHA (VANDERZANT, SPLITTSTCESSER, 1992).

2.4 Sensory analysis

The triangular test was applied according Profiqua (2000) to verify possible sensory differences between the cakes made with two different xanthan XA and xanthan XC concentration (F1- 0.3% XC; F2- 0.4% XC; F3- 0.3% XA and F4- 0.4% XA). Evaluations were performed in the Sensory Analysis Laboratory of Federal

University of Pelotas (UFPel, Pelotas, Brazil) by 30 panelists, male and female. Samples were served in containers coded with three random digits, at the room temperature. Three samples were compared each time, two of the same kind and one different. The panel was requested to select the different sample.

2.5 Statistical analysis

The results were submitted to a variance analysis, with comparison of means using the Tukey test at 5% significance level.

3 Results and discussion

3.1 Xanthan characterization

The contents of the ash, protein, pyruvate, and acetyl of xanthans are summarized in Tab. 1.

Table 1 – Contents of ash, protein, pyruvate, and acetyl of xanthans

Xanthan	Ash (%)	Protein (%)	Pyruvate (%)	Acetyl (%)
XC	8.88 ^b	6.17 ^a	6.27 ^a	1.53 ^b
XA	13.99 ^a	6.12 ^a	1.26 ^b	4.47 ^a

* Columns with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

The xanthans analyzed differed in the ashes content, however are according with the limit specified by Compendium of Food Additive Specification (1999) which establishes maximum value of 16%. There was significant difference also in the pyruvate and acetyl content. Pyruvate concentration of XC is according to the limit established by Burdock (1997) which determines at least 1,5% of pyruvic acid, however, the pyruvate content of XA was lower than the established minimum limit, similar result was found by Borges et al. (2009) when analyzing xanthan synthesized by same pathovar. XA introduced values of acetyl according with the indicated by García-Ochoa et al. (2000) which determine acetyl content from 1,9% to 6%, while in XC that value was inferior.

Besides the difference of the pyruvate and acetyl contents between xanthans XC and XA, the viscosity of xanthan aqueous solution was similar (Fig. 1). In general, studies performed with xanthan accept the hypothesis that the acetyl and pyruvate groups influence the viscosity of the xanthan (SLONECKER; JEANES, 1962). However, in other studies, xanthan samples of different strains of *Xanthomonas*

campestris, with varying degrees of acetylation, showed approximate viscosities (SHATWELL; SUTHERLAND; ROSS-MURPHY, 1990; SUTHERLAND; TAIT, 1992).

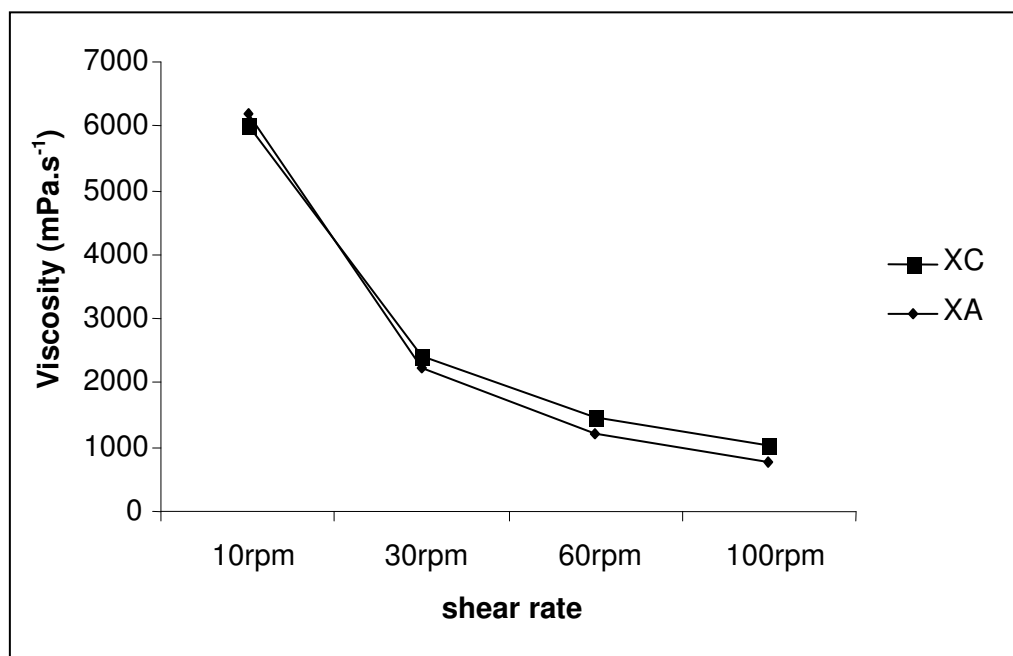


Figure 1 - Viscosity of the xanthan aqueous solution.

3.2 Cake quality

Effect comparison between xanthan XC and XA application in some chemical and physical parameters of fresh cakes is summarized in Tab. 2, whereas the appearance of cakes is illustrated in Fig 2.

Table 2 - Chemical and physical properties of cakes

Formulation	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	lipid (%)	fiber (%)	carbohydrate (%)	specific vol. (cm ³ .g ⁻¹)
C1	34,72 ^a (±0,08)	0,95 ^{ab} (±0,05)	4,74 ^b (±0,14)	4,96 ^a (±0,74)	1,91 ^a (±0,23)	50,72 ^a (±0,96)	2,79 ^c (±0,05)
F1	36,85 ^a (±0,22)	0,88 ^b (±0,04)	5,31 ^{ab} (±0,34)	5,42 ^a (±0,49)	1,77 ^a (±0,13)	49,76 ^a (±0,42)	2,99 ^b (±0,03)
F2	36,35 ^a (±0,64)	1,01 ^a (±0,04)	5,13 ^{ab} (±0,28)	4,89 ^a (±0,46)	1,59 ^a (±0,37)	51,02 ^a (±1,34)	3,02 ^{ab} (±0,1)
F3	36,98 ^a (±0,86)	0,96 ^{ab} (±0,04)	4,82 ^{ab} (±0,26)	5,72 ^a (±0,18)	1,85 ^a (±0,19)	49,67 ^a (±0,95)	2,78 ^c (±0,07)
F4	36,8 ^a (±0,56)	0,98 ^{ab} (±0,06)	4,87 ^{ab} (±0,55)	5,78 ^a (±0,11)	1,89 ^a (±0,22)	49,32 ^a (±0,80)	2,88 ^{bc} (±0,01)
C2	36,08 ^a (±0,73)	0,98 ^{ab} (±0,05)	5,69 ^a (±0,24)	5,82 ^a (±0,59)	1,99 ^a (±0,27)	49,44 ^a (±1,72)	3,16 ^a (±0,01)

* Columns with different letters are significantly different (p≤0.05).

The centesimal composition, as shown in table 1, remained almost the same in all formulations. A small difference regarding the proportion of ashes was observed between formulations F1 and F2. Although there were statistical differences, these differences were very small to influence the quality of the cakes. The protein content only differed statistically between formulations C1 and C2, made with rice flour and wheat flour, respectively. As expected, xanthan XA did not change the centesimal composition of the cakes, because the xanthan concentration used was very small. Therefore, there was no significant difference among cakes made with xanthan XC and xanthan XA. These results demonstrated that the cakes were adequately standardized.

Although the specific volume of cakes made with xanthan XA (F3 and F4) were smaller than the ones made with xanthan XC (F1 and F2), the formulation added of xanthan XA 0.4% (F4) presented statistically equal volume to F1 added of xanthan XC 0.3%. These demonstrate potential use of xanthan XA in providing an adequate volume to the cakes. According to Gomes et al. (2007), the largest volumes can be explained by the increase in dough viscosity that slows down the rate of CO₂ diffusion and allows its retention during the early stage of baking.

The appearance of the internal structure of xanthan added cakes was more uniform, with predominance of small alveolus and like C2, made with wheat flour and without xanthan. On the other hand, C1 formulation made with rice flour and without xanthan presented an undesirable open and random pore structure.

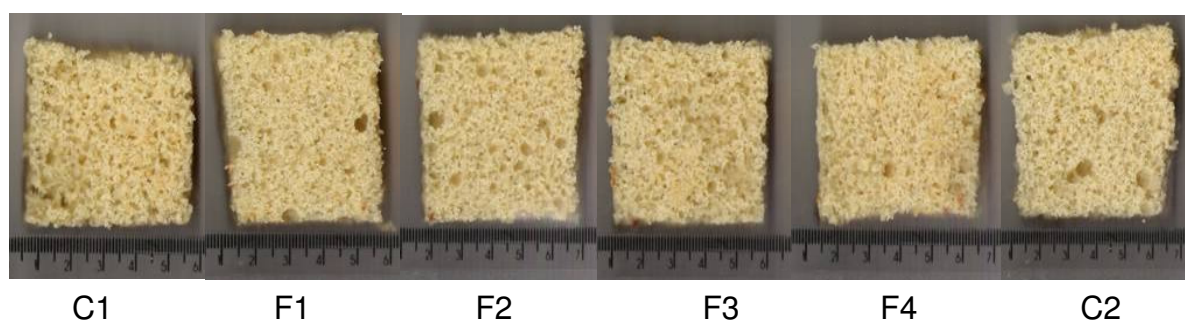


Figure 2 - Internal structure appearance of fresh cakes.

Table 3 - Color of the cakes.

Formulation	L*	a*	b*
C1	71.26 ^b	- 2.36 ^a	32.26 ^a
F1	71.91 ^b	- 3.13 ^a	30.65 ^{ab}
F2	72.1 ^{ab}	- 2.85 ^a	30.48 ^b
F3	71.23 ^b	- 3.03 ^a	34.5 ^a
F4	72.3 ^{ab}	- 3.01 ^a	29.69 ^c
C2	73.5 ^a	- 2.86 ^a	31.2 ^{ab}

* Columns with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Crumb color of the gluten free cakes was also evaluated using a Minolta colorimeter. The *L* scale ranges from 0 black to 100 white; the *a* scale extends from a negative value (green hue) to a positive value (red hue); and the *b* scale ranges from negative blue to positive yellow. The *L*, *a* and *b* values for crumb of all prepared cakes are shown in Tab. 3. Apparently the color of the cakes was influenced neither by the concentration or by the kind of xanthan. The *a* values for the crumbs of cakes were all negative, which means that there was no red hue for crumb, characteristic of burned cake. The *L*, *a* and *b* values obtained show the homogeneity of the color of cakes.

3.2 Stored cake quality

During storage important factors can be changed such as moisture, firmness and springiness. In Fig. 3, the moisture values for the cakes of all formulations at the same day of preparation (T0) and after 3 (T3), 6 (T6) and 9 (T9) days of storage are given.

Both xanthan XC and XA added did not interfere in the moisture of the cakes. However, the time of storage decreased the moisture of all formulations, from the third day of storage there was no significant difference among sample. Despite the capacity of the hydrocolloids, like xanthan, to increase moisture retention, this depends on the hydrocolloid chemical structure and its interactions with the other ingredients of the food (GOMEZ et al., 2007). Lazaridou et al. (2007), in his study, evaluated water activity (a_w) in gluten free breads added of different hydrocolloids and noticed that, in most cases, water activity was not affected.

The firmness and springiness were illustrated in Fig. 4 and Fig. 5 respectively.

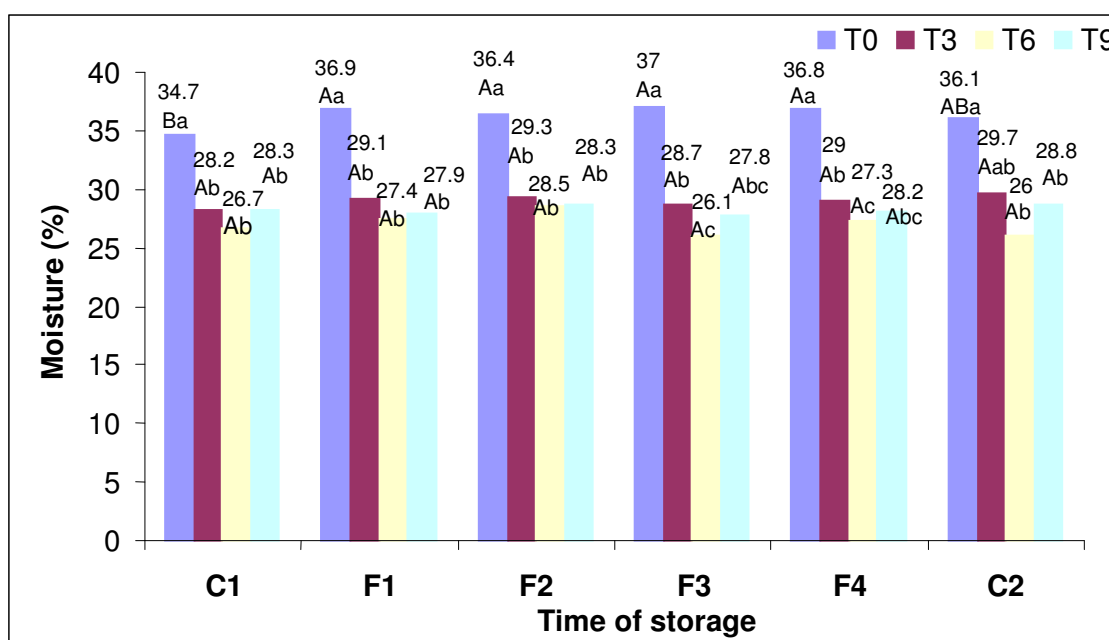


Figure 3 - Influence of the time of storage in the moisture of the cake. C1: rice flour+ corn flour without xanthan; F1: rice flour+ corn flour + 0.3% XC; F2: rice flour+ corn flour + 0.4% XC; F3: rice flour+ corn flour + 0.3% XA. F4: rice flour+ corn flour + 0.4% XA. C2: wheat flour+ corn flour without xanthan. T0: same day of prepare; T3: storage third day; T6: storage sixth day; T9: storage ninth day.

* Equal capital letters do not differ significantly regarding formulation ($p \leq 0.05$). Equal lower case letters do not differ significantly regarding time of storage ($p \leq 0.05$).

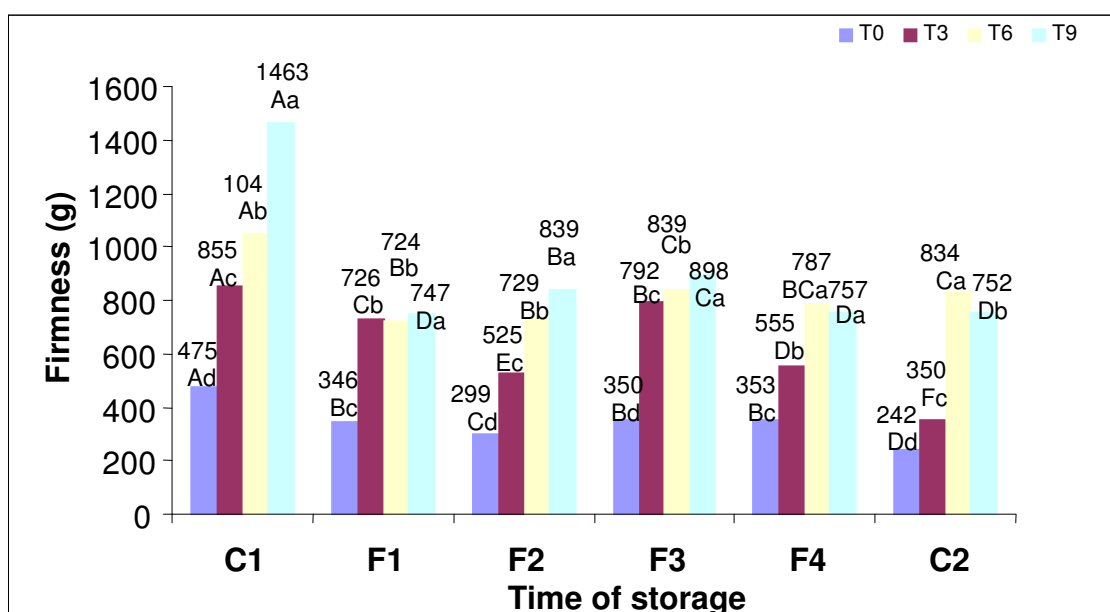


Figure 4 - Influence of the time of storage in the firmness of the cake. C1: rice flour + corn flour without xanthan; F1: rice flour + corn flour + 0.3% XC; F2: rice flour + corn flour + 0.4% XC; F3: rice flour + corn flour + 0.3% XA. F4: rice flour corn flour + 0.4% XA. C2: wheat flour + corn flour without xanthan. T0: same day of preparation; T3: storage third day; T6: storage sixth day; T9: storage ninth day.

* Different capital letters represent significant difference among formulations ($p \leq 0.05$). Different lower case letters represent significant difference among times of storage ($p \leq 0.05$).

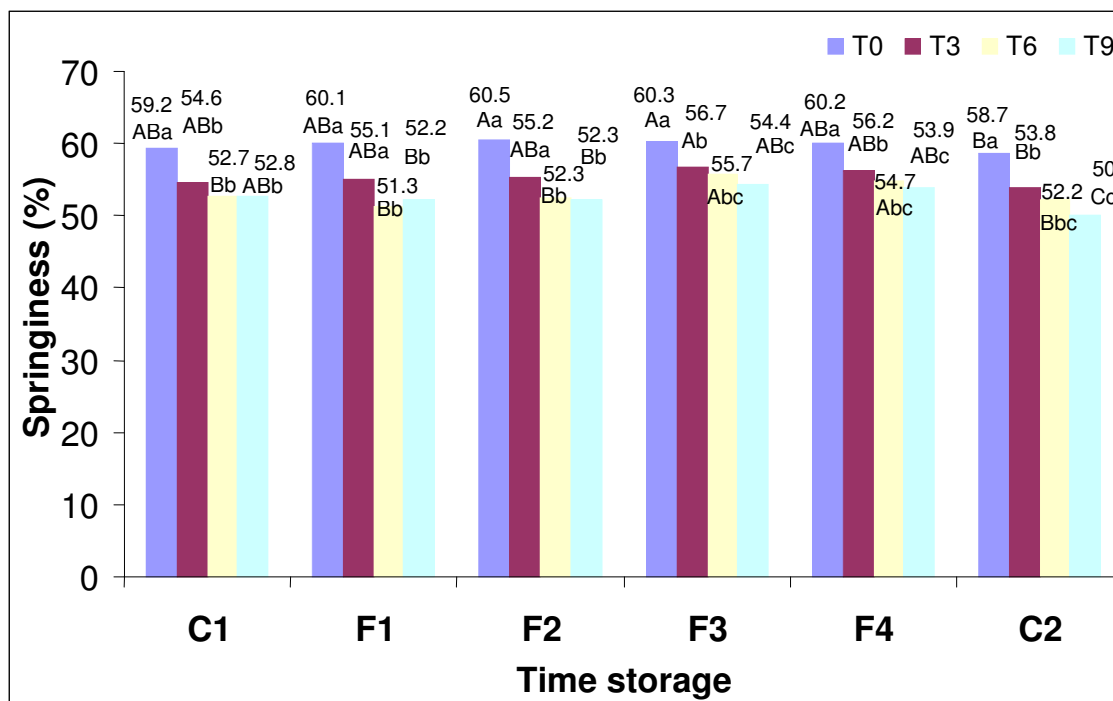


Figure 5 - Influence of the time of storage in the springiness of the cake. C1: rice flour + corn flour without xanthan; F1: rice flour + corn flour + 0.3% XC; F2: rice flour + corn flour + 0.4% XC; F3: rice flour + corn flour + 0.3% XA. F4: rice flour + corn flour + 0.4% XA. C2: wheat flour + corn flour without xanthan. T0: same day of preparation; T3: three days of storage; T6: six days of storage; T9: nine days of storage.

* Different capital letters represent significant difference among formulations ($p \leq 0.05$). Different lower case letters represent significant difference among times of storage ($p \leq 0.05$).

The addition of xanthan (XC and XA) in gluten free cakes reduced the firmness and influenced positively the cakes quality. Samples added of different kinds of xanthan, but with the same concentration had similar behavior during storage (Fig. 4). All formulations with xanthan XC and xanthan XA provided softer cakes than the control C1 (rice and corn flours without xanthan), in T0 as in other times of storage, similar to control C2 (made with wheat flour). Although the firmness of the cakes has increased with the storage time, both xanthans (XC and XA) delayed the hardening. The formulation without xanthan (C1) was too firm during all the storage period. Study developed by Gomes et al. (2007) demonstrated a reduction of 40% of the firmness of cakes added of xanthan after 2 days of storage when compared with the control without hydrocolloids.

The springiness of the cakes, in general, was not influenced by the addition or the kind of xanthan used. As expected, there was a reduction of the springiness with time of storage, mostly in the first three days. Gomez et al. (2007) also did not

observe change in the springiness of yellow layer cakes when they compared cakes made with xanthan and the control without hydrocolloids.

All cakes, during the nine days of storage, remained microbiologically apt for consumption. Both aerobic/mesophilic microorganisms and moulds and yeasts counting, for all the formulations and in all times, were $< 10^3$ CFU/mL. These results were many positive, since the limit established by the brazilian legislation (BRASIL, 2001). This result was positive since xanthan normally promotes undesirable microbial growth, mainly mould and yeast.

3.3 Sensory evaluation

Sixteen of the thirty panelists did not notice difference among samples in the triangular test, thus, according Profiqua (2000), they did not discern the difference between cakes made with 0.3% of XC and 0.3% of XA. The same result for the cakes made with 0.4% of XC and 0.4% of XA was obtained. These results demonstrate that the xanthan XA can be used in the gluten free cakes production without compromising its sensory quality.

4 Conclusions

Xanthan synthesized by *Xanthomonas arboricola* pv pruni (XA) can be used in gluten free cakes presenting technological and sensorial characteristics similar to the commercial xanthan. Therefore, it is possible to make gluten free cakes of excellent quality using commercial xanthan or xanthan synthesized by *Xanthomonas arboricola* pv pruni.

Acknowledgements

We are grateful to CNPq for financial support, to CAVG/UFPel for donation of eggs. We also thank the biopolymers laboratory working team - Amanda Á. Rodrigues, Elisabete R. B. Pereira, Fernanda G. Alves, Isabel Back, Lizandra F. da Silva, Mateus Gularte, Paula A. Klaic, Roger F. dos Santos and Virgínia S. de Jesus - who helped in the production of 100 cakes produced along all experiment.

References

- ANTUNES, A. E. C.; MOREIRA, A. S.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T. Screening of *Xanthomonas campestris* pv *pruni* strains according to their production of xanthan and its viscosity and chemical composition. **Brazilian Journal of Food Technology**, n. 2, v.6, p. 317-322, 2003.
- ASHWINI, A. JYOTSNA, R., & INDRANI, D. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 700-707, 2009.
- BORGES, C. D.; DE PAULA, R.; FEITOSA, J.; VENDRUSCOLO, C. The influence of thermal treatment and operational conditions on xanthan produced by *X. arboricola* pv *pruni* strain 106. **Carbohydrate Polymers**, v. 75, p. 262-268, 2009.
- BORGES, C. D.; MOREIRA, A. S.; VENDRUSCOLO, C. T.; AYUB, M. A. Z. Influence of agitation and aeration in xanthan production by *Xanthomonas campestris* pv *pruni* strain 101. **Revista Argentina de Microbiología**, v. 40, p. 81-85, 2008.
- BORN, K.; LANGENDORFF, V.; BOULENGUER, P. Xanthan. In: STEINBÜCHEL, A.; VANDAMME, E. J.; DE BAETS, S. **Biopolymers**. v. 5. Weinheim: Wiley-VCH, 2002. p. 259-291.
- BRASIL. Resolução RDC Nº 12, de 2 de janeiro de 2001. REGULAMENTO TÉCNICO SOBRE OS PADRÕES MICROBIOLÓGICOS PARA ALIMENTOS. **D.O.U**-Diário Oficial da União de 10 de janeiro de 2001.
- BURDOCK, G. A. **Encyclopedia of Food and Color Additives**. v. 3. New York: CRC Press, 1997. 3153p.
- CIVEROLO, E. L.; HATTINGH, M. J. *Xanthomonas campestris* pv *pruni*: cause of prunus bacterial spot. In: SWINGS, J. G.; CIVEROLO, E. L. **Xanthomonas**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 60-64.
- COMPENDIUM OF FOOD ADDITIVES SPECIFICATIONS, Addendum 7. Rome: Food and Agriculture Organization, 1999.
- FENNEMA, O.R. **Food Chemistry**. Peptides and Proteins. 3^a ed. – New York: Marcel Dekker, Inc, 1996. p. 1067.
- GÓMEZ, M., RONDA, F., CABALLERO, P. A., BLANCO, C. A., ROSELL, C. M. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. **Food Hydrocolloids**, v. 21, p. 167-173, 2007.
- GUARDA, A., ROSELL, C. M., BENEDITO, C., GALOTTO, M. J. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. **Food Hydrocolloids**, v. 18, p. 241-247, 2004.
- HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 2^a ed. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1994, p 378.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**, 4^a ed., v. 1, São Paulo: IMESP, 2004. p. 1032.

JANSSON, P. E.; KENNE, L.; LINDBERG, B. Structure of the exocellular polysaccharide from *Xanthomonas campestris*. **Carbohydrate Research**, n. 1, v. 45, p. 275-285, 1975.

LAZARIDOU, A. DUTA, D., PAPAGEORGIOU, M., BELC, N., BILIADERIS, C.G. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 1033-1047, 2007.

MAHAN, L.K.; ESCOTT – STUMP, S. **Krause: alimentos Nutrição e Dietoterapia**. 9^a ed. São Paulo: Roca, 1998, p. 1179.

MARTINEZ, C. Y.; CUEVAS, F. Evaluación de la calidad culinária y molinera del arroz. **Guía del estudio**. Cali: CIAT, 1989, 75p.

McCOMB, E. A.; McCREADY, R. M. Determination of acetyl in pectin and in acetylated carbohydrate polymers, **Analytical Chemistry**, n. 5, v. 29, p. 819-821, 1957.

MOREIRA, A. S.; VENDRUSCOLO, J. L. S.; GIL-TURNES, C.; VENDRUSCOLO, C. T. Screening among 18 novel strains of *Xanthomonas campestris* pv pruni. **Food Hydrocolloids**, v. 15, p. 469-474, 2001.

NITSCHKE, M.; THOMAS, R. W. S. P. Xanthan gum production by wild-type isolates of *Xanthomonas campestris*. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, n. 5, v. 11, p. 502-504, 1995.

PROFÍQUA – Associação Brasileira Dos Profissionais da Qualidade de Alimentos. (2000). **Análise Sensorial Testes Discriminativos e Afetivos Manual-Série Qualidade**. 1^a ed., São Paulo, SP, p.127.

ROSELL, C. M.; ROJAS, J. A.; BENEDITO DE BARBER, C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**, v. 15, p. 75-81, 2001.

ROSS-MURPHY, S. B.; MORRIS, V. J.; MORRIS, E. R. Molecular Viscoelasticity of Xanthan Polysaccharide. **Faraday Symposia of the Chemical Society** v. 18, p. 115-129, 1983.

SHATWELL, K. P.; SUTHERLAND, I. W.; ROSS-MURPHY, S. B. Influence of acetyl and pyruvate substituents on the solution properties of xanthan polysaccharide. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 12, n. 2, p. 71-78, 1990.

SIVARAMAKRISHNAN, H. P.; SENGE, B.; CHATTOPADHYAY, P. K. Rheological properties of rice dough for making rice bread. **Journal of Food Engineering**. v. 62. p. 37-45, 2004.

SLONEKER, J. H.; JEANES, A. Exocellular bacterial polysaccharide from *Xanthomonas campestris* NRRL B - 1459. **Canadian Journal of Chemistry**, n. 11, v. 40, p. 2066-2071, 1962.

SOUZA, A. da S.; VENDRUSCOLO, C. T. Produção e caracterização dos biopolímeros sintetizados por *Xanthomonas campestris* pv pruni cepas 24 e 58. **Ciência e Engenharia**, n. 2, v. 8, p. 115-123, 1999.

SUTHERLAND, I. W. Biosynthesis of microbial exopolysaccharides. In: **Advances Microbial Physiology**, v. 23, 1982 p. 80-142.

SUTHERLAND, I.W.; TAIT, M.I. Biopolymers. **Encyclopedia of Microbiology**, v. 1, p. 339-349, 1992.

TORRESTIANA, B.; FUCIKOVSKY, L.; GALINDO, E. Xanthan production by some *Xanthomonas* isolates. **Letters in Applied Microbiology**, n. 2, v. 10, p. 81-83, 1990.

TUBARI, E.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 305-312, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Claire Tondo Vendruscolo; João Luiz Silva Vendruscolo; Angelita da Silveira Moreira. **Process for preparing a xanthan biopolymer**. WO/2006/047845, 01 nov. 2005.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTCESSER, P. F. **Compendium of Methods for Microbiological Examination of Foods**. 13^a ed., Washington; American Public Health Association, 1992. 1219p.

VENDRUSCOLO, C. T.; MOREIRA, A. S.; SOUZA, A. S.; ZAMBIAZI, R.; SCAMPARINI, A. R. P. Heteropolysaccharide produced by *Xanthomonas campestris* pv pruni C24. In: NISHINARI, K. **Hydrocolloids**, v. 1, p. 187-191, 2000.

VUYST, L. De; VERMEIRE, A. Use of industrial medium components for xanthan production by *Xanthomonas campestris* NRRL-B-1459, **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 42, p. 187-191, 1994.

WEBER, F. H.; CLERICI, M. T. P. S.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Interaction of Guar and Xanthan Gums with Starch in the Gels Obtained from Normal, Waxy and High-amylose Corn Starches. **Stärke (Weinheim)**, v. 61, p. 28-34, 2009.

WEBER, F.H.; QUEIROZ-COLLARES, F.P.; CHANG, Y. K. Estabilidade de géis de amido de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose adicionados de gomas guar e xantana durante os processos de congelamento e descongelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 413-417, 2008.

CONCLUSÕES GERAIS

A adição da goma xantana melhorou as características físicas e sensoriais dos bolos, aumentando o volume específico, diminuindo a firmeza e retardando seu envelhecimento. As concentrações de 0,3% e 0,4% de goma xantana comercial produziram bolos com características sensoriais excelentes e com alto índice aceitação pelos consumidores. Estes bolos apresentaram requisitos satisfatórios assemelhando-se química e fisicamente a bolos formulados com farinha de trigo.

A goma xantana sintetizada por *Xanthomonas arboricola* pv pruni cepa 106 pode ser utilizada em bolos livres de glúten, apresentando características tecnológicas equivalentes a da xantana comercial. Bolos elaborados com xantana sintetizada por *Xanthomonas arboricola* pv pruni apresentaram maciez, elasticidade e umidade semelhantes aos bolos feitos com xantana comercial. Sensorialmente não há diferenças entre os bolos adicionados da xantana comercial e os bolos adicionados de xantana sintetizada por *Xanthomonas arboricola* pv pruni. Portanto, é possível elaborar bolos livres de glúten de excelente qualidade com a aplicação de xantana comercial e xantana sintetizada por *Xanthomonas arboricola* pv pruni cepa 106.

REFERÊNCIAS GERAIS

ABIMILHO. Associação Brasileira das Indústrias de Milho (2008). Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/processo3.htm>>. Acesso em: 04 de março de 2009.

ADITIVOS & INGREDIENTES. O arroz nosso de cada dia e seus derivados. **Aditivos & Ingredientes**. São Paulo, SP, n. 52, p. 30-43, Set/out. 2007.

ALVIM, I. D., SGARBIERI, V. C., CHANG, Y.K. Desenvolvimento de farinhas mistas extrusadas à base de farinha de milho, derivados de levedura e caseína. **Ciências e Tecnologia dos Alimentos**. Campinas, n. 22, p. 170-176, 2002.

ANGASIL. (2003). Moagem do trigo. Disponível em: <<http://www.angasil.com.br/produtos.htm>>. Acesso em: 28 de março de 2009.

ANTUNES, A. E. C. **Produção, viscosidade e composição de xantana por *Xanthomonas campestris* pv pruni em meios convencionais e alternativos**. 2000. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ANTUNES, A. E. C.; MOREIRA, A. S.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T. Screening of *Xanthomonas campestris* pv pruni strains according to their production of xanthan and its viscosity and chemical composition. **Brazilian Journal of Food Technology**, n. 2, v.6, p. 317-322, 2003.

APTA. Associação Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (2007). Workshop de melhoramento e biotecnologia da cana-de-açúcar. Disponível em: <http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/termo_referencia_melhoramento.pdf>. Acesso em: 01 de março de 2009.

ASHWINI, A., JYOTSNA, R., & INDRANI, D. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 700-707, 2009.

BAPTISTA, M.L.; KODA, Y.K., MITSUNORI, R.; IOSHII, S.O. Prevalence of celiac disease in Brazilian children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 41, p. 621-624, 2005.

BAZA POLSKICH CENTRÓW DOSKONAŁOŚCI (2003). Disponível em: <http://www.kpk.gov.pl/centra_doskonosci/coe/midi/data/505.html>. Acesso em: 09 de junho de 2008.

BENAHMED M.; MENTION J.; MATYSIAKBUDNIK T.; CERF-BENSUSSAN N. Celiac disease: a future without gluten-free diet? **Gastroenterology**, n. 4, v.125, p. 1264-1267, 2003.

BORGES, C. D. **Caracterização da goma xantana em função da cepa de *Xanthomonas campestris* pv pruni e das condições operacionais**. 2004. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BORGES, C. D. **Estudo das condições operacionais na produção de xantana por *X. arboricola* pv pruni para aplicação em fluido de perfuração de poços de petróleo**. 2007. 120f. Tese (Doutorado em Biotecnologia Agrícola)-Centro de Biotecnologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BORGES, C. D.; MOREIRA, A. DA S.; VENDRUSCOLO, C. T.; AYUB, M. The influence of thermal treatment and operational conditions on xanthan produced by *X. arboricola* pv pruni strain 106, **Carbohydrate Polymers**, v. 75, p. 262-268, 2009.

BORN, K.; LANGENDORFF, V.; BOULENGUER, P. Xanthan. In: STEINBÜCHEL, A.; VANDAMME, E. J.; DE BAETS, S. **Biopolymers**. v. 5. Weinheim: Wiley-VCH, 2002. p. 259-291.

BRASIL. Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. **D.O.U**-Diário Oficial da União de 09 de abril de 1965.

BRASIL. Lei Federal nº 8.543 de 23 de dezembro de 1992. Determina a impressão de advertência em rótulos e embalagens de alimentos industrializados que contenham glúten, a fim de evitar a doença celíaca. **D.O.U**-Diário Oficial da União de 24 de dezembro de 1992.

BRASIL. Resolução RDC nº 40, de 8 de fevereiro de 2002, que se aplica à Rotulagem de Alimentos e Bebidas. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **D.O.U**-Diário Oficial da União de 13 de fevereiro de 2002.

BRASIL. Lei Federal nº 10.674 de 16 de maio de 2003. Obriga que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e controle da doença celíaca. **D.O.U**-Diário Oficial da União de 19 de maio de 2003.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **D.O.U**-Diário Oficial da União de 18 de setembro de 2003.

BRASIL. RDC n. 263, de 22 de setembro de 2005. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária aprova regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 09 novembro de 2008.

BURDOCK, G. A. **Encyclopedia of Food and Color Additives**. v. 3. New York: CRC Press, 1997. 3153p.

CHALLEN, I. A. Xanthan gum: a multifunctional stabilizer for food products. In: NISHINARI, K.; DOI, E. **Food Hydrocolloids: Structure, Properties, and Functions**. New York: Plenum Press, 1994. p. 135-140.

CICLITIRA, P. J. Coelic disease. **Malabsorption and Diarrhoea**, p. 33-34, 2003.

CICLITIRA, P. J, MOODIE, S. J. Coelic disease. **Best Practice & Research Clinical Gastroenterology**, n. 2, v.17, p. 181-195, 2003.

CIMILHO. Centro de Inteligência do Milho. Principais Produtores de Milho no Mundo. (2002-2006). Disponível em: <<http://cimilho.cnpms.embrapa.br/estatisticas/estatisticas.php>>. Acesso em: 04 de março de 2009.

CIVEROLO, E. L.; HATTINGH, M. J. *Xanthomonas campestris* pv *pruni*: cause of prunus bacterial spot. In: SWINGS, J. G.; CIVEROLO, E. L. **Xanthomonas**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 60-64.

CLERICI, M. P. F., ARIOLDI, C., EL-DASH, A. A. Production of acidic extruded rice flour and its influence on the qualities of gluten-free bread. **LWT-Food Science of Technology**, v. 42, p. 618-623, 2009.

COMPENDIUM OF FOOD ADDITIVES SPECIFICATIONS, Addendum 7. Rome: Food and Agriculture Organization, 1999.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos: décimo levantamento. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, 2007, p. 27.

CONAB. **Trigo**. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, 2008, p.17.

COULTATE, T. P. **Alimentos**: a química e seus componentes./ Trad. Jeverson Frazzon... [et. al.]. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, p. 368.

DIAZ, P. S. **Influência de parâmetros físicos e químicos e da adição de íons no comportamento reológico de gomas xantana**. 2002. 65f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

FAOSTAT (2006). Projeto arroz brasileiro. Disponível em: <<http://www.arroz.agr.br/site/analisemercado/080531.php>>. Acesso em: 22 de junho de 2008.

FENNEMA, O.R. **Food Chemistry**. Peptides and Proteins. 3ª ed. – New York: Marcel Dekker, Inc, 1996. p. 1067.

FERREIRA, C. M., VILLAR, P. M. (2003). Cultivo do arroz em terras altas – Importância Econômica. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltas/importancia.htm>>. Acesso em: 23 de março de 2009.

GALERA, J. **Substituição parcial da farinha de trigo por farinha de arroz (*Oryza sativa* L.) na produção de “sonho” – estudo modelo**. 2006. 99p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GALINDO, E., SALCEDO, G., & RAMÍREZ, M.E. Improved shake-flask test for the screening of xanthan-producing microorganisms, **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 9, p. 122-124, 1993.

GALLAGHER, E., GORMLEY, T. R., ARENDT, E. K. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p.153-161, 2003.

GARCIA, F. A. Arroz em foco. Disponível em: <<http://www.arroz.agr.br/site/arrozemfoco/070129.php>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2008.

GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; CASAS, J. A.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: production, recovery and properties, **Biotechnology Advances**, n. 7, v. 18, p. 549-579, 2000.

GASTROINTESTINAL PATHOLOGY. Disponível em: <<http://medlib.med.utah.edu/WebPath/GIHTML/GI152.html>> Acesso em: 18 de junho de 2008.

GÓMEZ, M., RONDA, F., CABALLERO, P. A., BLANCO, C. A., & ROSELL, C. M. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. **Food Hydrocolloids**, v. 21, p. 167-173, 2007.

GUARDA, A., ROSELL, C. M., BENEDITO, C., & GALOTTO, M. J. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. **Food Hydrocolloids**, v. 18, p. 241-247, 2004.

HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 2 ed. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1994, p 378.

HUNG, P.V. & MORITA, N. Dough properties and bread quality of flours supplemented with cross-linked cornstarches. **Food Research International**. v.37, p.461-467, 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**, 4ª ed., v. 1, São Paulo: IMESP, 2004. p. 1032.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Contagem da População 2007 e Estimativas da População 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>> Acesso em: 09 de novembro de 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Municipal - Cereais, Leguminosas e Oleaginosas 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ap&tema=pamclo2007>> Acesso em: 09 de novembro de 2008.

INTERNATIONAL RICE INSTITUTE (IRRI). Rough rice consumption, by country and geographical region-USDA. Disponível em: <<http://www.irri.org/science/ricestat/data/may2008/WRS2008-Table17-USDA.pdf>> Acesso em: 09 de novembro de 2008.

JANSSON, P. E.; KENNE, L.; LINDBERG, B. Structure of the exocellular polysaccharide from *Xanthomonas campestris*. **Carbohydrate Research**, n. 1, v. 45, p. 275-285, 1975.

KATZBAUER, B. Properties and applications of xanthan gum. **Polymer Degradation and Stability**. n. 59, p.81-84, 1998.

LARAZIDOU, A.; DUTA, D.; PAPAGEORGIOU, M.; BELE, N.; BILIADERIS, G. G. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 1033-1047, 2007.

MAHAN, L.K.; ESCOTT – STUMP, S. **Krause: alimentos Nutrição e Dietoterapia**. 9 ed. São Paulo: Roca, 1998, p. 1179.

MARTINEZ, C. Y.; CUEVAS, F. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. **Guia del estudio**. Cali: CIAT, 1989, 75p.

MAUGERI FILHO, F. Produção de Polissacarídeos. In: LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., v. 3, p. 125-153, 2001.

McCOMB, E. A.; McCREADY, R. M. Determination of acetyl in pectin and in acetylated carbohydrate polymers, **Analytical Chemistry**, n. 5, v. 29, p. 819-821, 1957.

MOREIRA, A. S.; VENDRUSCOLO, J. L. S.; GIL-TURNES, C.; VENDRUSCOLO, C. T. Screening among 18 novel strains of *Xanthomonas campestris* pv *pruni*. **Food Hydrocolloids**, v. 15, p. 469-474, 2001.

MURRAY, R. K. **Harper: Bioquímica**. 9.ed. São Paulo, Atheneu, 2002, p 877.

NITSCHKE, M.; THOMAS, R. W. S. P. Xanthan gum production by wild-type isolates of *Xanthomonas campestris*. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, n. 5, v. 11, p. 502-504, 1995.

OTA, E. M. **Influência das variáveis de processo de congelamento na qualidade final de pão tipo francês pré-assado**. 2006. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PINTO, E. P. **Desacetilação de xantana: influência no comportamento reológico**. 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

PONTES, A. E. R. **Desenvolvimento de pão de forma sem adição de açúcares, gorduras e emulsificantes, com o uso de enzimas e amido de mandioca modificado**. 2006. 83f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

POSSIK, P.A.; FINARDI FILHO, F.; FRANCISCO, A.; LUIZ, M.T.B. Gluten free foods for control of celiac disease. **Journal of the Brazilian Society of Food and Nutrition**, São Paulo, v. 29, p. 61-74, jun. 2005.

PRADELLA, J. G. C. **Biopolímeros e Intermediários Químicos**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, São Paulo, 2006, p. 119.

PROFÍQUA – Associação Brasileira Dos Profissionais da Qualidade de Alimentos. (2000). **Análise Sensorial Testes Discriminativos e Afetivos Manual-Série Qualidade**. 1ª ed., São Paulo, SP, p.127.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnología de la panificación**. Editorial acribia, S.A., 1991, p. 485.

ROJAS, J. A., ROSELL, C. M., & BENEDITO DE BARBER, C. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. **Food Hydrocolloids**, v.13, p.27-33, 1999.

ROSELL, C. M., ROJAS, J. A., & BENEDITO DE BARBER, C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**, v. 15, p. 75-81, 2001.

ROSS-MURPHY, S. B.; MORRIS, V. J.; MORRIS, E. R. Molecular Viscoelasticity of Xanthan Polysaccharide. **Faraday Symposia of the Chemical Society**, v. 18, p. 115-129, 1983.

SEAPA/MG. Informativo Comtrigo nº 77. Programa de desenvolvimento da competitividade da cadeia produtiva do trigo em minas gerais – comtrigo. Disponível em: < http://www.cnpt.embrapa.br/obs_trigo/comtrigo/Informativo%20COMTRIGO%20N%2077%2002-03-2009.pdf >. Acesso em: 28 de março de 2009.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo: Editora Varela, 1996. p. 517.

SHATWELL, K. P.; SUTHERLAND, I. W.; ROSS-MURPHY, S. B. Influence of acetyl and pyruvate substituents on the solution properties of xanthan polysaccharide. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 12, n. 2, p. 71-78, 1990.

SINDIPAN. Análise Setorial. Disponível em: <<http://www.sindipan.org.br/analise/numeros.htm>> Acesso em: 15 de abril de 2008.

SIVARAMAKRISHNAN, H. P.; SENGE, B.; CHATTOPADHYAY, P. K. Rheological properties of rice dough for making rice bread. **Journal of Food Engineering**. v. 62. p. 37-45, 2004.

SLONEKER, J. H.; JEANES, A. Exocellular bacterial polysaccharide from *Xanthomonas campestris* NRRL B - 1459. **Canadian Journal of Chemistry**, n. 11, v. 40, p. 2066-2071, 1962.

SOUZA, A. da S.; VENDRUSCOLO, C. T. Produção e caracterização dos biopolímeros sintetizados por *Xanthomonas campestris* pv pruni cepas 24 e 58. **Ciência e Engenharia**, n. 2, v. 8, p. 115-123, 1999.

SUTHERLAND, I. W. Biosynthesis of microbial exopolysaccharides. In: **Advances Microbial Physiology**, v. 23, 1982 p. 80-142.

SUTHERLAND, I.W.; TAIT, M.I. Biopolymers. **Encyclopedia of Microbiology**, v. 1, p. 339-349, 1992.

TEDRUS, G. A. S.; ORMENESE, R. C. S.; SPERANZA, S. M.; CHANG, Y. K.; BUSTOS, F. M. Estudo da adição de vital glúten a farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade dos pães. **Ciências e Tecnologia dos Alimentos**, n. 1, v.21, 2001.

TEIXEIRA, A. M. **Tempo de fermentação na produção e qualidade de xantana e no perfil eletroforético de X. campestris pv pruni**. 2005. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

TORRESTIANA, B.; FUCIKOVSKY, L.; GALINDO, E. Xanthan production by some *Xanthomonas* isolates. **Letters in Applied Microbiology**, n. 2, v. 10, p. 81-83, 1990.

TUBARI, E.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. **Food Hydrocolloids**. v 22, p 305-312, 2008.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Tabela Brasileira de composição de alimentos: projeto integrado de composição de alimentos. (2008). Disponível em: < <http://www.fcf.usp.br/tabela/resultado.asp?IDLetter=A&IDNumber=206>>. Acesso em: 28 de março de 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Claire Tondo Vendruscolo; João Luiz Silva Vendruscolo; Angelita da Silveira Moreira. **Process for preparing a xanthan biopolymer**. WO/2006/047845, 01 nov. 2005.

VENDRUSCOLO, C. T.; MOREIRA, A. S.; SOUZA, A. S.; ZAMBIAZI, R.; SCAMPARINI, A. R. P. Heteropolysaccharide produced by *Xanthomonas campestris* pv pruni C24. In: NISHINARI, K. **Hydrocolloids**, v. 1, p. 187-191, 2000.

VUYST, L. De; LOO, J. V.; VERMEIRE, E. J. Two-Step fermentation process for improved xanthan production by *Xanthomonas campestris* NRRL-B-1459, **J. Chem. Tech. Biotechnol.** v. 39, p. 263-273, 1987.

VUYST, L. De, & VERMEIRE, A. Use of industrial médium components for xanthan production by *Xanthomonas campestris* NRRL-B-1459, **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 42, p. 187-191, 1994.

XUE, J. & NGADI, M. Rheological properties of batter systems formulated using different flour combinations. **Journal of Food Engineering**, v.77, p. 334-341, 2006.

XUE, J. & NGADI, M. Effects of methylcellulose, xanthan gum and carboxymethylcellulose on thermal properties of batter systems formulated with different four combinations. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 286-295, 2009.

WEBER, F. H.; CLERICI, M. T. P. S.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Interaction of Guar and Xanthan Gums with Starch in the Gels Obtained from Normal, Waxy and High-amylose Corn Starches. **Stärke (Weinheim)**, v. 61, p. 28-34, 2009.

WEBER, F.H.; QUEIROZ-COLLARES, F.P.; CHANG, Y. K. Estabilidade de géis de amido de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose adicionados de gomas guar e xantana durante os processos de congelamento e descongelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 413-417, 2008.

WOODWARD, J. Coeliac disease. **Malabsorption**. p. 226-230, 2007.