



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de São José do Rio Preto

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS, LETRAS E CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

TATIANA DIAS LEITE

**“ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE AMIDO DE MANDIOCA E
GOMAS E EFEITO DE SUA APLICAÇÃO EM BEBIDA LÁCTEA
FERMENTADA”**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto, para obtenção do Título de **Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos.**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Célia Maria Landi Franco

Co - orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Barretto Penna

São José do Rio Preto – SP

Fevereiro/2009

TATIANA DIAS LEITE

**“ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE AMIDO DE MANDIOCA E
GOMAS E EFEITO DE SUA APLICAÇÃO EM BEBIDA LÁCTEA
FERMENTADA”**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto, para obtenção do Título de **Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos.**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Célia Maria Landi Franco

Co -orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Lúcia Barretto Penna

São José do Rio Preto – SP

Fevereiro/2009

Leite, Tatiana Dias.

Estudo da interação entre amido de mandioca e gomas e efeito de sua aplicação em bebida láctea fermentada / Tatiana Dias Leite. - São José do Rio Preto : [s.n], 2009.

92 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Célia Maria Landi Franco

Co-orientador: Ana Lúcia Barretto Penna

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Amido de mandioca. 3. Gomas – Xantana, carboximetilcelulose sódica, carragena. 4. Amido de mandioca e gomas - Interação. 5. Amido de mandioca e gomas – Propriedades de pasta, térmicas e reológicas. 6. Bebida láctea fermentada – Aplicação de misturas amido de mandioca e gomas. 7. Bebida láctea fermentada – Características físico-químicas. 8. Bebida láctea fermentada – Comportamento reológico. 9. Bebida láctea fermentada – Capacidade de retenção de água e sinérese. I. Franco, Célia Maria Landi. II. Penna, Ana Lúcia Barreto. III. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. IV. Título.

CDU - 664

TATIANA DIAS LEITE

**“ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE AMIDO DE MANDIOCA E GOMAS E
EFEITO DE SUA APLICAÇÃO EM BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA”**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto, para obtenção do Título de **Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos.**

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Célia Maria Landi Franco - Universidade Estadual Paulista – Campus de São José do Rio Preto, SP (Orientadora)

Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate – Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR (Titular)

Prof. Dr. Roger Darros Barbosa - Universidade Estadual Paulista – Campus de São José do Rio Preto, SP (Titular)T

Prof^a. Dr^a. Silene Bruder S. Sarmiento – ESALQ – USP – Piracicaba – SP (Suplente)

Prof. Dr. Crispin Humberto Garcia Cruz - Universidade Estadual Paulista – Campus de São José do Rio Preto, SP (Suplente)

São José do Rio Preto, 18 de fevereiro de 2009.

Dedico este trabalho,

Aos meus pais Carlos Alberto e em especial minha mãe Martha por toda força, apoio, amor, confiança e compreensão nos momentos mais difíceis, de dúvidas e incertezas;

A minha avó Ides pelas palavras de conforto, carinho e presença constante em minha vida;

As minhas irmãs Letícia e Natália, que a todo o momento acreditaram e torceram por mim;

As minhas tias Cristina e Lucy, meus tios Alexandre e Kleber, meus primos Gustavo e Júnior e minhas primas Gabriela e Mariana, que vibraram com minhas conquistas e apoiaram-me nos momentos de tristeza.

Enfim, dedico este trabalho a todos os meus familiares que são meu alicerce, meu refúgio, minha razão de ser e de viver.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela presença constante em minha vida;

A Prof^a Dr^a Célia Maria Landi Franco pela amizade, paciência, orientação e apoio dado ao longo de todo o mestrado;

A Prof^a Dr^a Ana Lúcia Barretto Penna pela co-orientação, amizade e dicas valiosas;

Ao Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos pela contribuição na realização deste trabalho;

As empresas Corn Products do Brasil e CPKelco do Brasil pelo fornecimento das amostras necessárias para a realização deste trabalho;

Aos professores integrantes da banca de exame geral de qualificação, Prof. Dr. Crispin Humberto Garcia Cruz e Prof. Dr. Roger Darros Barbosa, pelas sugestões que enriqueceram o trabalho realizado;

Ao professor Dr. João Cláudio Thoméo pelas preciosas dicas e amizade;

A Prof^a Dr^a Vânia Regina Nicoletti Telis por permitir a realização das análises de comportamento reológico em seu reômetro;

Ao Dr Joel Fernando Nicoletti pelo auxílio nas análises realizadas no reômetro;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo auxílio financeiro concedido ao longo da realização deste trabalho;

As minhas amigas de laboratório Carolina Melki, Denise Fronteira, Patrícia Yonemoto e Thaís de Souza Rocha pelos ensinamentos valiosos e palavras de incentivo;

As minhas amigas Crislene Barbosa de Almeida, Gisele Bueno, Janaína Alves dos Reis e ao meu grande amigo Raphael Macedo, pela amizade, carinho e apoio ao longo desta nova etapa de minha vida;

A minha grande amiga Raquel, que sempre me apoiou desde os tempos de graduação e cuja ajuda foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho;

A minha grande amiga Fernanda Rosan Fortunato Seixas que em tão pouco tempo se tornou mais que uma amiga e sim uma irmã a qual tive o privilégio de conhecer durante esta etapa de minha vida e a qual foi fundamental em todos os momentos. A você meu muito obrigada e em minha nova fase mesmo distante você estará sempre por perto, em meu coração;

As minhas grandes amigas Aládia Lopes Guimarães Pereira, Ana Lúcia Eschiapati, Ana Vitória Galan, Andréia Fréu Bernardes, Andressa Fréu Bernardes, Andressa Barão, Elaine Ferreira Neves de Nadai, Isabela Duran Oliveira Souza, Juliana Lopes, Maria Cristina Lima e Tereza Cristina Castellane e ao meu amigo Alexandre Fernandes que mesmo estando alguns próximos e outros mais distantes sempre torceram, acreditaram em mim e deram forças para que eu seguisse em frente;

Ao meu namorado Gustavo Feijóo de Oliveira que em tão pouco tempo se tornou uma pessoa especial em minha vida e que me deu forças para a finalização deste trabalho bem como nesta minha nova etapa da vida. A você meus sinceros agradecimentos;

A todos os meus familiares, por todo apoio, força, dedicação, confiança e amor. Sem vocês eu nada seria.

Muito obrigada.

"O homem erudito é um descobridor de fatos que já existem. Mas o homem sábio é um criador de valores que não existem e que ele faz existir".

Albert Einstein

RESUMO

Amidos e gomas são hidrocolóides usados freqüentemente em alimentos para conferir textura apropriada, controlar a umidade e a mobilidade da água. Estudos têm relatado que a interação de gomas e amidos em sistemas alimentícios pode alterar o inchamento dos grânulos, as propriedades de gelatinização e reológicas dos amidos. Em bebidas lácteas fermentadas, a maioria dos polissacarídeos de interesse comercial é incompatível com as proteínas do leite em solução, e desta forma, os hidrocolóides tipicamente utilizados são amido e carragena. Neste trabalho foi avaliado o efeito da adição das gomas xantana, carboximetilcelulose sódica e carragena (nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% - p/v) nas propriedades de pasta, térmicas, de poder de inchamento (PI), reológicas e na microscopia do amido de mandioca, bem como o efeito de misturas de amido de mandioca e as referidas gomas nas propriedades reológicas de bebidas lácteas fermentadas. Os resultados obtidos sugerem que a goma carragena (CAR) praticamente não modifica as propriedades do amido em função da inexistência de interações entre a referida goma e o amido de mandioca; já a goma xantana (GX) envolve praticamente por completo os grânulos de amido, possivelmente através da formação de pontes de hidrogênio, promovendo desta forma aumentos nas viscosidades de pasta, poder de inchamento, nos módulos G' e G'' e diminuição na tendência a retrogradação; a carboximetilcelulose sódica (CMC), por sua vez, aumenta drasticamente as viscosidades e o poder de inchamento do amido devido a sua grande capacidade de retenção de água e não a sua interação com o amido de mandioca. Nas bebidas lácteas fermentadas, as misturas quando empregadas praticamente não modificaram seu comportamento reológico, exceto para as bebidas elaboradas a partir das misturas amido - goma xantana, onde observou-se uma redução inicial na tensão de cisalhamento à medida que foi aumentada a taxa de deformação seguida por um posterior aumento gradual, sugerindo uma possível incompatibilidade entre o amido de mandioca, goma xantana e proteínas do leite.

Palavras-chave: amido de mandioca, gomas, interação, propriedades físico-químicas, bebidas lácteas fermentadas.

ABSTRACT

Starches and gums are hydrocolloids frequently used in food systems to provide proper texture, moisture and water mobility. Studies have reported that the gum and starch interaction in food systems can modify the granule swelling, the gelatinization and rheological properties of starches. In fermented dairy beverages, the majority of commercial interest polysaccharides is not compatible with milk proteins in solution, consequently, starch and carrageenan are the hydrocolloids typically used. In this work, the effect of gum addition such as xanthan, sodium carboxymethyl cellulose and carrageenan was evaluated (in the concentrations of 0,15, 0,25, 0,35 and 0.45% - w/v) in paste, thermal, swelling power (SP), rheological and microscopy properties of cassava starch, as well as the effect of mixtures of cassava starch and the referred gums in rheological properties of fermented dairy beverages. The results suggest that carrageenan gum (CAR) practically does not modify the starch properties since there is no interaction between this gum and cassava starch. Xanthan gum (GX) seems to involve the starch granules completely, possibly through the formation of hydrogen bonds, which increases paste viscosities, swelling power, increased the modulus G' and G'' and decreased retrogradation behavior. Sodium carboxymethyl cellulose (CMC), in turn, drastically increases viscosities and the starch swelling power due to its great capacity of water retention and not to the interaction with the cassava starch. In fermented dairy beverages, the gum - starch mixtures practically didn't modify its rheological behavior, except for beverages with mixtures xanthan gum - starch, where an initial reduction in the shear stress as deformation rate was increased, followed by a gradual increase, suggesting a possible incompatibility between cassava starch, xanthan gum and milk proteins.

Keywords: Cassava starch, gums, interaction, physicochemical properties, fermented dairy beverages.

SUMÁRIO

	ÍNDICE DE TABELAS	13
	ÍNDICE DE FIGURAS	14
1.	INTRODUÇÃO	16
2.	OBJETIVOS	18
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1.	AMIDO.....	19
3.1.1.	Amido de Mandioca	21
3.2.	HIDROCOLÓIDES.....	22
3.2.1.	Goma Xantana	24
3.2.2.	Carboximetilcelulose Sódica	25
3.2.3.	Carragena	26
3.3.	INTERAÇÃO AMIDO E HIDROCOLÓIDES.....	28
3.4.	COMPORTAMENTO REOLÓGICO DINÂMICO.....	30
3.5	BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA ADICIONADA DE HIDROCOLÓIDES.....	31
4.	MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1.	MATERIAL.....	34
4.2.	MÉTODOS.....	34
4.2.1.	Amido de Mandioca	34
4.2.1.1.	Composição Centesimal.....	34
4.2.1.2.	Teor de Amilose.....	35
4.2.2.	Gomas Xantana, Carboximetilcelulose Sódica e Carragena	35
4.2.2.1.	pH.....	35
4.2.2.2.	Umidade.....	36
4.2.3.	Preparação das misturas amido – goma	36
4.2.4.	Determinação das Propriedades de Pasta	36
4.2.5.	Determinação das Propriedades Térmicas	38
4.2.6.	Determinação do Poder de Inchamento (PI)	38
4.2.7.	Comportamento Reológico Dinâmico	39
4.2.8.	Morfologia dos Grânulos	40
4.2.9.	Bebida Láctea Fermentada Adicionada de Hidrocolóides	41
4.2.9.1.	Técnica de elaboração da bebida láctea fermentada.....	41

4.2.9.2.	Análises físico – químicas da bebida láctea fermentada.....	43
4.2.9.2.1.	pH.....	43
4.2.9.2.2.	Acidez titulável.....	44
4.2.9.2.3.	Gordura.....	44
4.2.9.2.4.	Sólidos totais.....	44
4.2.9.2.5.	Cinzas.....	44
4.2.9.2.6.	Nitrogênio total.....	45
4.2.9.3.	Comportamento Reológico.....	45
4.2.9.4.	Capacidade de Retenção de Água.....	45
4.2.10.	Análise Estatística dos Resultados Experimentais.....	46
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1.	AMIDO DE MANDIOCA.....	47
5.1.1.	Composição Centesimal.....	47
5.1.2.	Teor de Amilose.....	48
5.2.	GOMAS XANTANA, CARBOXIMETILCELULOSE SÓDICA E CARRAGENA	49
5.2.1.	Teor de Umidade e pH.....	49
5.3.	INTERAÇÃO AMIDO E HIDROCOLÓIDES.....	49
5.3.1.	Propriedades de Pasta.....	49
5.3.2.	Propriedades Térmicas.....	55
5.3.3.	Poder de Inchamento (PI).....	58
5.3.4.	Comportamento Reológico Dinâmico.....	61
5.3.5.	Morfologia dos Grânulos.....	64
5.4.	BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA ADICIONADA DE HIDROCOLÓIDES.....	67
5.4.1.	Caracterização físico-química da bebida láctea fermentada.....	67
5.4.2.	Comportamento Reológico.....	71
5.4.3.	Capacidade de Retenção de Água.....	77
6.	CONCLUSÕES.....	79
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Variáveis e níveis utilizados na preparação das bebidas lácteas fermentadas.....	41
Tabela 2	Composição centesimal do amido de mandioca.....	48
Tabela 3	Teor de umidade e valor de pH das gomas xantana, carboximetilcelulose sódica e carragena.....	49
Tabela 4	Propriedades de pasta do amido de mandioca com e sem adição de gomas.....	50
Tabela 5	Propriedades térmicas do amido de mandioca com e sem adição de gomas.....	55
Tabela 6	Poder de Inchamento do amido de mandioca com e sem adição de gomas.....	59
Tabela 7	Caracterização físico-química das bebidas lácteas fermentadas elaboradas com adição de amido de mandioca, gomas xantana, CMC e CAR, e misturas amido gomas.....	67
Tabela 8	Parâmetros reológicos das bebidas lácteas fermentadas elaboradas com adição de amido de mandioca, goma xantana, CMC, carragena e misturas de amido e gomas xantana, CMC e carragena.....	75
Tabela 9	Parâmetros reológicos das bebidas lácteas fermentadas elaboradas com adição de misturas amido – goma xantana.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura química da amilose.....	20
Figura 2	Estrutura química da amilopectina.....	20
Figura 3	Estrutura química da goma xantana.....	25
Figura 4	Estrutura química da carboximetilcelulose sódica.....	26
Figura 5	Estrutura química da carragena.....	27
Figura 6	Perfil de viscosidade dos amidos.....	37
Figura 7	Fluxograma do processamento da bebida láctea fermentada.....	43
Figura 8	Perfil de viscosidade do amido de mandioca sem e com adição de goma xantana (GX) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).....	51
Figura 9	Perfil de viscosidade do amido de mandioca sem e com adição de carboximetilcelulose sódica (CMC) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).....	52
Figura 10	Perfil de viscosidade do amido de mandioca sem e com adição de goma carragena (CAR) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).....	52
Figura 11	Comportamento reológico dinâmico de géis de amido de mandioca sem e com adição de goma xantana (GX) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).....	61
Figura 12	Comportamento reológico dinâmico de géis de amido de mandioca sem e com adição de carboximetilcelulose sódica (CMC) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).....	62
Figura 13	Comportamento reológico dinâmico de géis de amido de mandioca sem e com adição de goma carragena (CAR) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).....	62
Figura 14	Eletromicrografias observados ao MEV (aumento de 1500 X) do amido de mandioca sem (a) e com adição de gomas: (b) goma xantana – GX; (c) carboximetilcelulose sódica – CMC; (d) carragena – CAR. AAA: Agregados de amilose e amilopectina. → : Entrelaces..	65
Figura 15	Valores médios de pH das bebidas lácteas fermentadas.....	70
Figura 16	Valores médios de acidez titulável (°D) das bebidas lácteas fermentadas.....	71

Figura 17	Reogramas das bebidas lácteas fermentadas elaboradas com: (a) amido de mandioca, (b) GX, (c) mistura de amido de mandioca e GX, (d) CMC, (e) mistura de amido de mandioca e CMC, (f) CAR, (g) mistura de amido de mandioca e CAR.....	73
Figura 18	Valores médios de capacidade de retenção de água (%) das bebidas lácteas fermentadas.....	78

1. INTRODUÇÃO

O amido é um dos mais importantes e abundantes hidrocolóides (STEPHEN, 1995; SHI; BEMILLER, 2002) que, além de agregar valor nutritivo, também pode ser usado para alterar as propriedades físicas de muitos alimentos. Os amidos comerciais são extraídos de cereais como o milho, trigo, arroz, e de tubérculos e raízes como a batata, batata doce e mandioca (THOMAS; ATWELL, 1999).

O amido extraído das raízes de mandioca é um espessante favorável em produtos alimentícios devido a sua viscosidade elevada, aparência clara e sabor neutro (TENSIRIPONG et al., 2005).

Hidrocolóides não amiláceos, denominados daqui por diante apenas como hidrocolóides, especialmente os polissacarídeos nativos e modificados, apresentam várias propriedades funcionais no controle das características reológicas e de textura dos alimentos, através da retenção de água e manutenção de suas características durante o armazenamento. Muitas investigações foram relatadas para explicar a utilidade e o papel destes hidrocolóides no controle reológico e modificação de textura em produtos alimentícios de base amilácea. Estas investigações relatam que a adição destes polissacarídeos realçam ou modificam o comportamento de gelatinização e retrogradação do amido (FUNAMI et al., 2005).

A incorporação de uma quantidade apropriada de hidrocolóides pode melhorar as propriedades e a estabilidade de textura do amido de mandioca em produtos alimentícios (TENSIRIPONG et al., 2005).

Preparações lácteas são alimentos largamente consumidos pela população não só pelas características sensoriais, mas também por suas propriedades nutricionais (GRANATO et al., 2006). Os hidrocolóides usados em sobremesas lácteas são tipicamente amido e carragena (VERBEKEN et al., 2006).

A maioria dos polissacarídeos de interesse comercial é incompatível com as proteínas do leite em solução, ocorrendo normalmente: separação de fase resultante de mudanças no comportamento funcional das proteínas e polissacarídeos; separação visual do soro e perdas de qualidade do produto. Apesar do intenso uso de carragena para controlar a separação de fases nesses sistemas, as complexas interações que ocorrem entre os diversos polímeros presentes em tais

misturas não são completamente compreendidas (THAIUDOM; GOFF, 2003).

Desta forma, torna-se importante, o estudo da interação de amidos e gomas para aplicação em produtos lácteos, uma vez que a adição dos mesmos isoladamente apresenta inconvenientes como retrogradação do amido e separação de fases no caso de gomas.

2. OBJETIVOS

- Avaliar as interações entre o amido de mandioca e as gomas xantana, caboximetilcelulose sódica e carragena (kappa carragena);
- Determinar as misturas mais promissoras, ou seja, as misturas em que empregando a menor concentração possível de gomas resultem em modificações nas características do amido de mandioca;
- Empregar as misturas promissoras na elaboração de uma bebida láctea fermentada para verificação do seu efeito nas propriedades reológicas do produto lácteo em questão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. AMIDO

O amido é a mais importante fonte de reserva de energia produzida pela fotossíntese. É armazenado nas folhas, frutos e sementes. Os exemplos de plantas que contêm elevado teor de amido são: batata, mandioca e biri (raízes e tubérculos); milho, trigo, arroz, centeio e cevada (cereais); ervilhas e feijões (leguminosas). Todos são usados extensivamente para a nutrição humana (GONERA; CORNILLON, 2002). Suas características físicas e químicas são diferenciadas dos demais carboidratos (THOMAS; ATWELL, 1999).

É usado não somente como um ingrediente básico em alimentos como pães e macarrões instantâneos, mas também como agente espessante, gelificante, estabilizante e substituto de gordura em alimentos processados (FUNAMI et al., 2005).

No alimento, é um componente importante que influencia significativamente na estrutura, textura e estabilidade de armazenamento (GONERA; CORNILLON, 2002).

Não obstante à fonte botânica, o amido é basicamente formado por polímeros de D - glicose. A estrutura deste monossacarídeo pode ser descrita na forma de cadeia aberta ou na forma cíclica (anel). A configuração cíclica recebe o nome de anel piranosídico (piranose), isto é, o monossacarídeo da cadeia cíclica recebe o nome de α - D - glicopiranose. O anel piranosídico é termodinamicamente mais estável e esta é a configuração do açúcar em solução. O amido consiste de cadeias de D - glicopiranose unidas por ligações glicosídicas do tipo α - 1,4 e α - 1,6. A polimerização da glicose em amidos resulta em dois tipos de polímeros, a amilose e a amilopectina. A amilose, representada na Figura 1, é essencialmente um polímero de cadeia linear de moléculas de D-glicopiranose unidas através de ligações do tipo α - 1,4, enquanto a amilopectina, representada na Figura 2, é um polímero de cadeia ramificada no qual nos pontos de ramificação, a ligação existente é do tipo α - 1,6. As diferenças estruturais entre esses dois polímeros contribuem

significativamente para as diferenças funcionais e de propriedades do amido (GÉRARD et al., 2002).

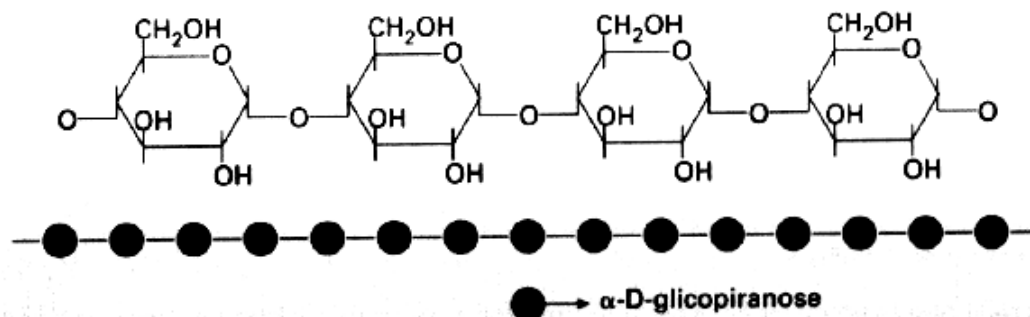


Figura 1: Estrutura química da amilose.

Fonte: APLEVICZ, 2006.

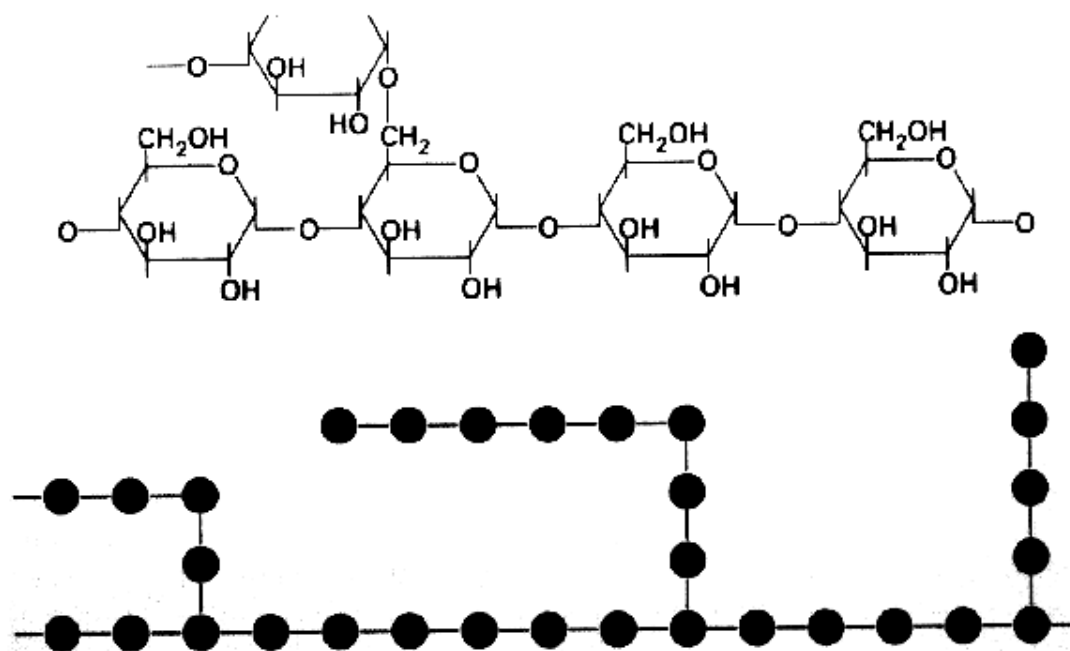


Figura 2: Estrutura química da amilopectina.

Fonte: APLEVICZ, 2006.

O processo mais importante que ocorre durante o aquecimento do amido em presença de água é a gelatinização onde os grânulos incham irreversivelmente (GONERA; CORNILLON, 2002). Durante esse fenômeno ocorre a ruptura das estruturas cristalinas do grânulo, o qual absorve água e intumescce irreversivelmente, adquirindo tamanho maior que o original (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004).

Após a gelatinização do amido, quando a temperatura é reduzida à temperatura ambiente, ocorre um rearranjo das moléculas por pontes de hidrogênio, fator que favorece a recristalização. Este fenômeno é denominado retrogradação. Em determinados produtos alimentícios, principalmente aqueles refrigerados, a retrogradação deve ser minimizada. Este fenômeno provoca a reconstrução de uma estrutura mais rígida devido às cadeias de amilose ficarem mais disponíveis para se rearranjarem durante o armazenamento do produto, resultando em maior perda de água (sinérese) do sistema e endurecimento do produto final (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004).

3.1.1. Amido de Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta de origem brasileira e sua importância econômica está na produção de raízes tuberosas e feculentas que representam valiosa fonte de alimento para o consumo humano e animal (FURLANETO, KANTHACK, ESPERANCINI, 2007). Este tubérculo contém de 25 a 30% de amido em sua constituição (LACERDA, 2006) e é cultivado em todas as regiões do Brasil.

Dentre os continentes, a África (53,32%) é o maior produtor mundial seguido pela Ásia (28,08%), pelas Américas (18,49%) e pela Oceania (11%). No Brasil, a mandioca sempre foi a matéria-prima alimentícia de maior volume de produção, perdendo apenas para a cana-de-açúcar, mas nos últimos anos a cultura perdeu essa posição para o milho e a soja. A produção nacional aumentou 35% no período de 1998 a 2005 e está assim distribuída por região do país: Nordeste (46%), Norte (25%), Sul (17%), Sudeste (7%) e Centro-Oeste (4%) (FURLANETO; KANTHACK; BONISSONI, 2006). A produção brasileira de mandioca, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na safra de 2006 foi de 26.662.188 toneladas (BRASIL, 2007). Na safra de 2007 a produção brasileira foi de 26.920.521 toneladas, e a produção esperada para a safra de 2008 é de 26.791.040 toneladas (BRASIL, 2008). Dentre os estados brasileiros, o estado de São Paulo ocupa a sexta posição na hierarquia nacional, com uma produção de 883 mil toneladas, em uma área estimada de 51 mil hectares em 2006. O valor da produção

da mandioca para a indústria no estado correspondeu a R\$74 milhões (TSUNECHIRO et al., 2007).

O amido extraído desta raiz possui algumas vantagens em comparação a outros tipos de amido como, por exemplo, a facilidade de hidrólise (LACERDA, 2006). Apresenta sabor neutro, fácil degradabilidade, baixo custo e fácil extração (SAJEEV et al., 2003). Além disso, possui viscosidade elevada e aparência clara (TENSIRIPONG et al., 2005). É utilizado em inúmeras indústrias de alimentos como espessante e agente gelificante. Seu preço no mercado é baixo quando comparado a outros amidos (CHASAWANG; SUPHANTHARIKA, 2006).

Entretanto, o referido amido apresenta certa instabilidade de textura durante o armazenamento sendo necessário, muitas vezes, sua modificação para melhorar a vida útil de produtos elaborados com este amido (TENSIRIPONG et al., 2005).

3.2. HIDROCOLÓIDES

Os hidrocolóides ou gomas, como são comumente conhecidos, são uma classe de polissacarídeos cuja característica mais importante, sob o ponto de vista tecnológico, é sua capacidade de determinar ou modificar a estrutura de um alimento (ERNANDES; GARCIA-CRUZ, 2005).

São polímeros de cadeia longa e de alto peso molecular, que possuem grande variedade de estrutura química, composição, solubilidade e outras características que lhes conferem uma ampla gama de funcionalidades. O uso dos mesmos nas indústrias de alimentos baseia-se principalmente no aproveitamento destas características funcionais (GLICKSMAN, 1982; WHISTLER; BEMILLER, 1993).

Em sua maioria, são de ocorrência natural, solúveis em água e têm propriedades espessantes e/ou gelificantes em condições específicas (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004).

Os hidrocolóides podem ser extraídos de algas marinhas, sementes, exsudados de árvore e de colágeno animal. Também podem ser sintetizados por microrganismos, ou obtidos pela modificação de polissacarídeos naturais

(GLICKSMAN, 1982). Em solução, apresentam a capacidade de incrementar a viscosidade e/ou formar géis (WHISTLER; DANIEL, 1985; WHISTLER, 1973).

O interesse por hidrocolóides está baseado no seu comportamento reológico, ou seja, em sua habilidade de formar gel bem como seus efeitos estabilizantes. Estas propriedades podem ser obtidas somente depois da solubilização completa da molécula. Quando solubilizada, as moléculas são capazes de reorganizar-se de duas maneiras diferentes: pela retenção de moléculas de água (efeito de espessamento) ou pela construção de redes, envolvendo zonas de ligação (efeito de geleificação) (GLICKSMAN, 1969).

Todos os hidrocolóides podem ter as duas propriedades desenvolvidas em maior ou menor extensão. Estas estão relacionadas com os parâmetros: peso molecular, espaço da molécula, presença ou não de grupos funcionais na molécula, a temperatura do meio, as interações com outros ingredientes do meio com outros hidrocolóides e cátions. Estes parâmetros têm um efeito diferente em cada tipo de hidrocolóide e podem afetar fortemente a textura do produto final (SANOFI, s.d.).

Alguns hidrocolóides são produzidos em escala industrial, como a dextrana, a xantana e o alginato, e são utilizados como estabilizantes em alimentos (KAWAI et al., 1992).

A função tecnológica dos polissacarídeos extracelulares como a xantana e a dextrana, produzidos por bactérias, tem aplicação específica em diversas áreas, tais como: alimentos, agroquímica, recuperação de petróleo bruto, medicina e farmácia, química fina, cosméticos, separações tecnológicas e química de polímeros (VANDAMME et al., 1996; GIAVASIS; HARVEY; MCNEIL, 2000).

Nas indústrias de alimentos, muitos polissacarídeos têm sido empregados para modificar as propriedades funcionais, melhorar a textura, aumentar a retenção de água e também para desenvolver novos produtos (FUNAMI et al., 2007; ROJAS; ROSELL; BARBER, 1999; SONG et al., 2006). Em produtos de base amilácea, as gomas são utilizadas para promover estabilidade, modificar a textura, reduzir custos, controlar a umidade e retardar a retrogradação do amido (CHAI SAWANG; SUPHANTHARIKA, 2005; ROJAS; ROSELL; BARBER, 1999; SONG et al., 2006).

Segundo Mali et al. (2003) dentre os hidrocolóides existentes, os mais freqüentemente empregados como estabilizantes são: as gomas guar e locusta

(galactomananas extraídas do endosperma da semente de certas leguminosas), os alginatos, as carragenas (polissacarídeos extraídos de algas marrons e vermelhas) e a goma xantana (polissacarídeos produzido por *Xanthomonas campestris*).

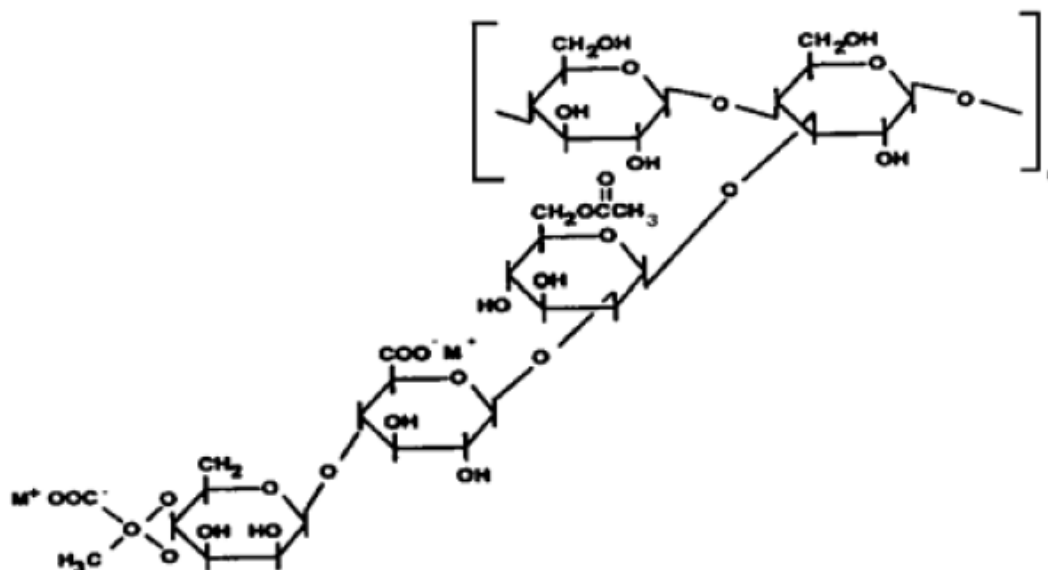
3.2.1. Goma Xantana

A goma xantana, cuja estrutura química encontra-se representada na Figura 3, é um polissacarídeo extracelular produzido por linhagens de *Xanthomonas campestris* utilizando xarope de glicose como fonte de carbono, derivados de amônia como fonte de nitrogênio e fatores de crescimento sob condições aeróbias a 28°C e agitação constante (COTTRELL; KANG; KOVACS, 1980).

É constituída por uma cadeia principal de unidades de D-glicose unidas entre si por ligações β – 1,4, com resíduos alternados de D – manose e ácido glicurônico, na proporção molar de 2:1, formando a cadeia lateral, possuindo ainda grupos acetil e pirúvico (JANSSON; KENNE; LINDBERG, 1975).

Devido a suas propriedades reológicas, este hidrocolóide tem sido muito explorado nas indústrias de alimentos, têxtil e na recuperação de óleos desde 1969 (TAKO; NAKAMURA, 1987). Nas indústrias alimentícias, a goma xantana tem sido amplamente utilizada pelo fato de possuir propriedades reológicas únicas atuando como agente suspensivo, espessante, emulsionante e estabilizante; além disso, esta goma também encontra aplicação em uma grande variedade de processos industriais, sendo aplicada em grande escala na recuperação secundária e terciária do petróleo (NITSCHKE; RODRIGUES; SCHINATTO, 2001).

Quando adicionada a alimentos fluidos, a goma xantana aumenta a viscosidade à baixa tensão de cisalhamento, tendo pouco efeito sobre a viscosidade dos alimentos em alta taxa de cisalhamento. Este comportamento da goma xantana confere aos fluidos alimentícios diferentes vantagens como: facilitar o escoamento, mistura e bombeamento de sistemas alimentícios uma vez que permite a diminuição da viscosidade conforme há o aumento da taxa de cisalhamento; além disso, a referida goma afeta favoravelmente as propriedades sensoriais dos produtos alimentícios (KIM; YOO, 2006).



M^+ : Na, K, $\frac{1}{2}$ Ca

Figura 3: Estrutura química da goma xantana.

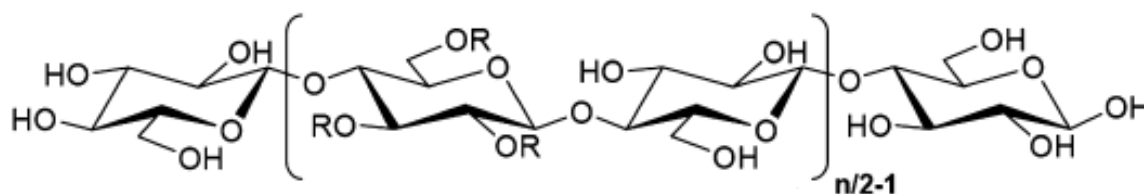
FONTES: ERNANDES; GARCIA-CRUZ, 2005.

3.2.2. Carboximetilcelulose Sódica

A carboximetilcelulose sódica é um dos derivados de celulose empregada em produtos alimentícios, farmacêuticos, de cosméticos, adesivos e têxteis. Os derivados de celulose para serem empregados nos produtos acima mencionados devem ser não tóxicos, não-carcinogênicos, biocompatíveis, e não podem, de forma alguma, proporcionar danos ao meio biológico (FRANCO; MERCÊ, 2006). É um polissacarídeo solúvel em água e tem larga aplicação em cosméticos e alimentos como agente de retenção de água e estabilizador de dispersão, respectivamente (UENO et al., 2007).

A carboximetilcelulose sódica é um éter de celulose de cadeia linear aniônica sendo preparada a partir do tratamento da celulose com solução aquosa de hidróxido de sódio seguido de uma reação com cloroacetato de sódio. Após a conclusão da reação, a carboximetilcelulose sódica de grau alimentício e farmacêutico é preparada por lavagem do material com uma mistura de água e

álcool para remover o excesso de sal. Na Figura 4 encontra-se representada a estrutura química da carboximetilcelulose sódica, onde tem - se uma estrutura polianiônica constituída de repetições de β - 1,4 anidro D - glicose com grupos hidroxilas substituídos por grupos carboximetil sódico (FRANCO; MERCÊ, 2006).



R: $\text{CH}_2\text{COO}^-\text{Na}^+$ ou H^+

Figura 4: Estrutura química da carboximetilcelulose sódica.

Fonte: UENO et al., 2007.

3.2.3. Carragena

A carragena é um polissacarídeo aniônico sulfatado de cadeia linear extraído de várias espécies de algas vermelhas *Rhodophyceae* (VERBEKEN et al., 2006; TORREZAN; CRISTIANINI, 2005; STEPHEN, 1995).

Sua estrutura molecular é constituída por D - galactanas sulfatadas, formadas por unidades alternadas de (1,3) - β - D - galactose e (1,4) - 3,6 anidro - α - D - galactose unidas entre si através de ligações glicosídicas (STEPHEN, 1995).

Em função do conteúdo e distribuição de grupos sulfato-éster presentes na carragena, três frações principais são diferenciadas. Estas frações são designadas como: iota (ι), kappa (κ) e lambda (λ) carragena (TORREZAN; CRISTIANINI, 2005; FERNÁNDEZ; GANZ, 2007). A Figura 5 apresenta a estrutura química da kappa carragena.

O peso molecular e a estrutura dessas frações determinam suas propriedades funcionais. A ι e a κ -carragena apresentam capacidade para a formação de gel, enquanto a λ -carragena atua apenas como espessante (TORREZAN; CRISTIANINI, 2005; FERNÁNDEZ; GANZ, 2007).

O uso prático da carragena iniciou-se na China, tendo sido empregada tradicionalmente para promover a gelificação do leite (STEPHEN, 1995), uma vez que, apresenta especial reatividade com as proteínas lácteas (FERNÁNDEZ; GANZ, 2007).

Este hidrocolóide é um dos polissacarídeos mais importantes, possuindo uma larga escala de aplicações em alimentos incluindo: sobremesas lácteas, onde é empregado como agente gelificante; produtos cárneos processados, sendo utilizado como agente que retém umidade; e em molhos, temperos, e bebidas como agente estabilizante e espessante. Os efeitos sinérgicos da carragena com outros polissacarídeos como goma locusta, glucomanana e xantana, proporcionam diminuição na sinérese e/ou aumento na elasticidade (FUNAMI et al., 2007).

Em sobremesas lácteas, a carragena é um dos agentes formadores de gel mais comumente empregado. É particularmente apropriada para aplicação em sobremesas lácteas pois apresenta inúmeras vantagens tais como: baixo nível de uso devido à sua alta reatividade com as proteínas do leite (especialmente com a κ – caseína); proporciona ampla variedade de texturas dependendo do tipo e frações de carragena empregada, sendo muitas vezes empregada em combinação com outros hidrocolóides tais como amido e goma locusta, dentre outros (NIKAEDO; AMARAL; PENNA, 2004).

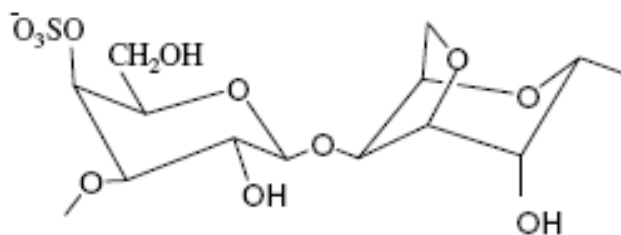


Figura 5: Estrutura química da kappa carragena.

Fonte: AHMED; FAWZY; HASSAN, 2007.

3.3. INTERAÇÃO AMIDO E HIDROCOLÓIDES

Estudos têm relatado que hidrocolóides (gomas) podem alterar as características de gelatinização e reológicas dos amidos (CHAI SAWANG; SUPHANTHARIKA, 2006; SONG et al., 2006).

As propriedades de pasta e o comportamento de gelatinização dos amidos, que são afetadas pela presença de gomas, são de extrema importância no desenvolvimento de produtos alimentícios e mais especificamente na modificação da textura e estabilidade dos mesmos. A adição de pequenas quantidades de gomas resulta em grande incremento da viscosidade de pasta do amido e em redução da sinérese (BILIADERIS et al., 1997).

Tradicionalmente, as gomas são largamente empregadas em alimentos que contenham amido, especialmente as gomas guar e xantana. Estas gomas apresentam muitas funções para o controle das propriedades reológicas e de textura dos alimentos, para melhorar a retenção de água e manter a qualidade do produto (CHAI SAWANG; SUPHANTHARIKA, 2006). Além das gomas guar e xantana, a carboximetilcelulose também apresenta grande influência na gelatinização e retrogradação do amido (SUDHAKAR; SINGHAL; KULKARNI, 1995).

A viscosidade de misturas amido - goma é influenciada pela concentração, estrutura molecular e peso molecular da goma e pela concentração e fonte botânica do amido (SONG et al., 2006). A magnitude das mudanças nas propriedades reológicas e de textura da pasta depende também da presença de outros solutos como, por exemplo, sais (BILIADERIS et al., 1997).

A origem do efeito sinérgico das pastas/géis com baixas concentrações de amido (menor que 10 – 15% de amido p/p) foi explicada baseando-se nas interações entre o hidrocolóide e as moléculas dos grânulos de amido lixiviadas durante o aquecimento, bem como na influência exercida pelo hidrocolóide na integridade dos grânulos inchados que é refletida pela firmeza dos grânulos gelatinizados (BILIADERIS et al., 1997). Muitos pesquisadores atribuem o efeito das gomas nas misturas amido - goma às interações entre os grupos hidroxilas presentes nas gomas e nos componentes do amido (SONG et al., 2006).

O efeito dos hidrocolóides sobre a diminuição na retrogradação da amilose deve-se a formação de complexos entre os hidrocolóides e as cadeias deste

polímero. A incorporação de hidrocolóides em soluções de amido modifica as propriedades reológicas e causa aumento da viscosidade. Por este motivo, as gomas são utilizadas para conferir estabilidade a produtos como pudins e sobremesas (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004).

Segundo Tensiripong et al. (2005) a retrogradação do amido pode ser modificada dependendo do tipo e da concentração de componentes adicionados aos sistemas alimentícios. Estes autores relataram que a estabilidade do amido de sagu (extraído da planta *Cycas revoluta*) contendo galactomanana foi melhorada uma vez que esta goma impediu a agregação de amilose e amilopectina.

Segundo Kim e Yoo (2006), a galactomanana (gomas guar ou locusta) afeta a gelatinização e a retrogradação do amido através de fortes associações entre a amilose e a goma, resultando numa diminuição da sua retrogradação. Esses autores relataram que o aumento da viscosidade da mistura amido-galactomanana foi atribuído ao aumento da concentração de goma devido ao inchamento dos grânulos de amido durante a gelatinização. Entretanto, de acordo com Abdulmola et al. (1996) o aumento da viscosidade na mistura amido-goma xantana foi atribuído a interações entre os grânulos gelatinizados e a goma.

Segundo Sudhakar, Singhal e Kulkarni (1996), que avaliaram o efeito da adição das gomas guar e goma locusta (LBG) nas concentrações de 0 - 0,2% ao amido de milho a 5%, na medida em que foi aumentada a concentração dos hidrocolóides, a viscosidade a frio da solução foi aumentada.

Estudos recentes de sistemas contendo hidrocolóides e amidos sugerem a ocorrência de um efeito sinérgico entre esses ingredientes, não sendo ainda totalmente esclarecidos os fatores que interferem nesta interação, bem como a forma como esta interação ocorre, mas há evidências de que os hidrocolóides promovem maior estabilidade de géis de amidos (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004).

Mesmo existindo informações sobre os sistemas amido-goma, ainda existem aspectos desconhecidos em função da complexidade destes sistemas. Além disso, de acordo com as informações relatadas na literatura, existem muitos aspectos contraditórios. Cada goma afeta de uma maneira diferente as propriedades de pasta do amido. Tal fato pode ser atribuído a muitos fatores principalmente a estrutura molecular das gomas, e/ou as cargas iônicas existentes entre ambos (amido e goma) (CHAI SAWANG; SUPHANTHARIKA, 2006).

A informação sobre a influência das cargas iônicas de amidos e gomas nas características reológicas e de pasta da mistura amido - goma são muito escassas na literatura (CHAI SAWANG; SUPHANTHARIKA, 2006). Esses autores, estudando a interação entre os amidos de mandioca nativo e aniônico com as gomas xantana e guar, concluíram que as características de gelatinização dos amidos na presença ou ausência de gomas foram influenciadas por três fatores: a estrutura morfológica da goma existente na matriz do gel (fase contínua) na qual os grânulos de amido foram englobados; o poder de intumescimento entre os grânulos; e as interações eletrostáticas entre os grânulos de amido e as moléculas da goma. Neste trabalho, foi observado que a goma xantana envolveu por completo os grânulos de amido nativo dificultando o intumescimento dos mesmos, enquanto a goma guar, durante a gelatinização dos amidos nativo e iônico, não envolveu os seus grânulos, permitindo que os mesmos gelatinizassem livremente. No estudo reológico, foi observado que as pastas das misturas amido - goma apresentaram-se mais sólidas que as pastas de amido, indicando desta forma, que as gomas podem reforçar a estrutura tridimensional da rede das pastas (CHAI SAWANG; SUPHANTHARIKA, 2006).

3.4. COMPORTAMENTO REOLÓGICO DINÂMICO

Os corpos reais não são sólidos e nem fluidos ideais. A grande maioria das soluções apresenta um comportamento reológico que os classifica entre sólido e líquido, ou seja, são elásticos e viscosos, e portanto, chamados de viscoelásticos (VALENGA, 2007). Em sistema oscilatório, as soluções de polissacarídeos possuem comportamento entre sólido ideal e líquido ideal e podem ser classificadas de acordo com valores obtidos para os módulos elástico ou de armazenamento (G') e viscoso ou de perda (G''). O módulo G' determina o caráter sólido da amostra, e portanto, quanto maior for o valor de G' , maior é o caráter sólido do gel; já o módulo G'' determina o caráter líquido do material (IKEDA; NISHINRI, 2001; VALENGA, 2007).

Foi sugerido por Hansen, Hosney e Faubion (1991) que as características reológicas de géis de amido dependem: da quantidade

(concentração) e forma dos grânulos; da quantidade de amilose e amilopectina lixiviadas durante o aquecimento, do poder de inchamento dos grânulos; do “entrelace/enredamento” entre amilose-amilopectina e das interações entre grânulo-grânulo, amilose-grânulo e amilopectina-grânulo. Guerreiro (2007) ressalta que, além da concentração de amido e sua fonte botânica, as condições de gelatinização (temperatura, taxa de aquecimento e agitação) também influenciam no comportamento reológico de géis e pastas de amidos.

3.5. BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA ADICIONADA DE HIDROCOLÓIDES

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebidas Lácteas especifica que Bebida Láctea Fermentada é o produto lácteo resultante da mistura do leite (*in natura*, pasteurizado, esterilizado, UHT, reconstituído, concentrado, em pó, integral, semidesnatado ou parcialmente desnatado e desnatado) e soro de leite (líquido, concentrado ou em pó), fermentado mediante a ação de cultivo de microrganismos específicos e/ou adicionado de leite(s) fermentado(s) e que não poderá ser submetido a tratamento térmico após a fermentação. A contagem total de bactérias lácticas viáveis deve ser no mínimo de 10^6 UFC/g, no produto final, para o(s) cultivo(s) láctico(s) específico(s) empregado(s), durante todo o prazo de validade. Este produto pode ser ou não adicionado de produto(s) ou substância(s) alimentícia(s) e gordura vegetal. A base láctea representa pelo menos 51% massa/massa do total de ingredientes do produto (BRASIL, 2005).

A finalidade do uso de culturas lácticas em derivados lácteos é aumentar a vida de prateleira do leite, devido à formação de componentes metabólicos como ácido láctico, ácido propiônico, diacetil e substâncias antagonísticas que exercem efeito inibitório sobre bactérias Gram – negativas responsáveis pela deterioração do produto (RODAS et al., 2001; SIMÃO REIS et al., 2002). Por meio dos metabólitos formados, estas culturas também atuam melhorando os aspectos sensoriais como cor, sabor, aroma, dentre outros. Em bebidas lácteas fermentadas são empregadas culturas termofílicas cuja faixa de temperatura ótima para crescimento de suas bactérias constituintes é de

aproximadamente 37 a 45°C (LAW, 1997). Muitas culturas lácticas termofílicas contêm misturas de bactérias em forma de cocos e bastonetes. O principal microrganismo em forma de cocos é indiscutivelmente o *Streptococcus termophilus*, enquanto os principais microrganismos em forma de bastonetes são os *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbruekii* ssp. *lactis*, e *Lactobacillus delbruekii* ssp. *bulgaricus*. Uma distinta cooperação ocorre entre as bactérias em forma de cocos e bastonetes, e estes geralmente se desenvolvem juntos na produção de iogurtes. O *Streptococcus termophilus* apresenta uma importante propriedade de fermentação de açúcares, pois somente fermenta a glicose constituinte da lactose, sendo a galactose liberada em proporção à quantidade de lactose fermentada. Dois lactobacilos (*Lactobacillus delbruekii* ssp. *bulgaricus* e *Lactobacillus delbruekii* ssp. *lactis*) também liberam galactose quando fermentam a lactose, e estas espécies são empregadas na fabricação de iogurtes (COGAN & ACCOLAS, 1996).

Os hidrocolóides são ingredientes adicionados em produtos lácteos e outros alimentos para promover o espessamento ou aumentar a viscosidade e modificar suas características de textura (THAIUDOM; GOFF, 2003). Além disso, evitam a separação do soro (sinérese) e melhoram a cremosidade, permitindo a obtenção de produtos com menor teor de gordura e, portanto, com menor número de calorias, mantendo sua qualidade sensorial (RINO, 2004). Os hidrocolóides também são utilizados para aumentar a vida de prateleira de produtos lácteos, prevenindo efeitos indesejáveis como a dessoração, sedimentação de partículas dispersas ou floculação (SYRBE; BAUER; KLOSTERMEYER, 1998).

Em produtos lácteos normalmente são utilizados gelatina, amido pré-gelatinizado, ágar, goma guar, pectina e carragena. A gelatina ou amido podem ser adicionados em concentrações de até 1%, mas outros hidrocolóides devem ser adicionados na faixa de 0,3 a 0,5%, para não influir negativamente no aroma e sabor (RINO, 2004).

As interações entre polímeros em produtos lácteos frequentemente levam a formação de complexos e/ou à separação de fases, sendo que a miscibilidade quase sempre é uma exceção (SYRBE; BAUER; KLOSTERMEYER, 1998). A contribuição entrópica nas misturas biopoliméricas geralmente é maior que a entálpica, tornando a separação de fases uma regra geral para essas misturas (DOUBLIER et al., 2000). Além disso, quando se adicionam polissacarídeos ao leite, estes não são os únicos polímeros presentes no meio. Juntamente com as proteínas

do leite dissolvidas na fase aquosa, forma-se uma solução pseudoternária composta por proteínas de leite – polissacarídeo - água (SYRBE; BAUER; KLOSTERMEYER, 1998).

A maioria dos polissacarídeos de interesse comercial é incompatível com as proteínas do leite em solução, ocorrendo normalmente: separação de fases resultante de mudanças no comportamento funcional das proteínas e polissacarídeos, e separação visual do soro e perdas de qualidade do produto. Apesar do intenso uso de carragena para controlar a separação de fases nesses sistemas, as complexas interações que ocorrem entre os diversos polímeros presentes em tais misturas não são completamente compreendidas (THAIUDOM; GOFF, 2003).

Um grande número de sobremesas lácteas prontas para consumo está disponível ao consumidor, oferecendo uma ampla variedade de texturas, sabores e aparências devido ao uso de diferentes agentes espessantes e gelificantes, equipamentos e condições de processo. Os hidrocolóides usados nestas sobremesas lácteas são, tipicamente amido e carragena. O uso de misturas de amido e carragena em comparação com o uso de amido isoladamente apresenta vantagens que incluem: redução do conteúdo de amido e conseqüentemente do valor calórico da sobremesa, e menor viscosidade durante o processamento (VERBEKEN et al., 2006).

Keogh e O`kennedy (1998) estudaram o efeito dos teores de gordura (0 e 5%), proteína (0 e 1,5%) e de hidrocolóides sobre a consistência e sinérese do iogurte batido. Os hidrocolóides estudados foram: gelatina (0 e 5%), amido (0 e 0,06%), goma xantana e goma locusta 50:50 (0 e 0,03%). Os produtos obtidos na presença de gordura e com adição de proteína apresentaram melhor consistência e menor sinérese. A gelatina e a mistura de goma xantana e locusta melhoraram a consistência do iogurte, entretanto a adição de 0,06% de amido não teve efeito na consistência.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATERIAL

Neste trabalho foram utilizados: amido de mandioca, fornecido pela Corn Products do Brasil, e as gomas: xantana (KELTROL[®] 521 Xanthan Gum), carboximetilcelulose sódica (CEKOL[®] Cellulose Gum) e carragena (GENULACTA[®] Carrageenan Type k – 100, kappa carragena), fornecidas pela CPKelco do Brasil.

Para a elaboração das bebidas lácteas fermentadas foram utilizados: cultura láctica mista YOG – 02, constituída por *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* produzida pela Biotec Ferment s.r. l. e distribuída pela Bela Vista Produtos Enzimáticos Indústria e Comércio Ltda., leite em pó integral instantâneo marca Nestlé, concentrado protéico de soro 35% (CPS 35%), fornecido pela Doremus e os estabilizantes: amido de mandioca, goma xantana, carboximetilcelulose sódica e carragena, fornecidas pelas empresas citadas acima.

4.2. MÉTODOS

4.2.1. Amido de Mandioca

4.2.1.1. Composição Centesimal

A composição centesimal (teor de umidade, proteínas, lipídios e cinzas) foi determinada de acordo com métodos da AACC (1995). Todas as análises foram realizadas em triplicata. O teor de carboidratos foi calculado por diferença.

4.2.1.2. Teor de Amilose

O teor de amilose total do amido de mandioca foi determinado, em triplicata, de acordo com a metodologia ISO 6647 (International Organization for Standardization, 1987). As amostras de amido foram previamente desengorduradas, de acordo com a metodologia de Kasemsuwan et al. (1995), como segue: 500 mg de amido (b.s) foram dispersos em 25 mL de solução de dimetilsulfóxido (DMSO) 90% e aquecidas sob agitação em banho de água fervente (~100°C), durante 1 hora, e resfriadas à temperatura ambiente, por outras 24 horas. O amido foi precipitado da solução de DMSO com 75 mL de etanol absoluto e separado através de centrifugação a 2200 g por 20 minutos. O amido precipitado foi lavado com etanol, recuperado por filtração e seco em estufa a 38°C por 24 horas.

Na determinação do teor de amilose, 100 mg de amido, previamente tratado com DMSO, foram aquecidos em banho maria fervente com 1 mL de etanol 95% e 9 mL de NaOH 1 M, por 10 minutos. Em seguida, a solução foi resfriada, transferida para balão volumétrico de 100 mL completando-se o volume com água destilada. Retirou-se uma alíquota de 18 mL, que foi transferida para tubo de ensaio de 50 mL que continha 2 mL de NaOH 0,09 N. Uma alíquota de 5 mL foi transferida para balão volumétrico de 100 mL contendo 50 mL de água destilada e 1 mL de ácido acético 1 M. Foram adicionados 2 mL de solução de iodo e o volume completado com água destilada. Após 20 minutos, realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 620 nm. Foram realizadas curvas padrão de amilose e amilopectina.

4.2.2. Gomas Xantana, Carboximetilcelulose Sódica e Carragena

4.2.2.1. pH

O valor de pH das gomas em solução aquosa de 1,0% foi determinado em triplicata em um potenciômetro digital (FUNAMI et al., 2005).

4.2.2.2. Umidade

O teor de umidade foi quantificado em triplicata baseando-se na perda de peso de amostras das gomas através do aquecimento das mesmas em estufa a uma temperatura de 105°C por 3,0 horas (FUNAMI et al., 2005). As análises foram realizadas em triplicata.

4.2.3. Preparação das misturas amido - goma

As misturas aquosas avaliadas neste trabalho foram preparadas de forma a se obter dispersões com 8,0% (p/v) de sólidos totais. Foram realizados treze experimentos, sendo um constituído de 8,0% (p/v) de amido de mandioca sem adição de gomas, e os demais constituídos de misturas amido e gomas (xantana, carboximetilcelulose sódica e carragena) nas quais foram empregadas gomas nas concentrações de 0,15%, 0,25%; 0,35% e 0,45% (p/v) sendo o percentual final de sólidos totais (8,0% p/v) alcançado pela adição de amido de mandioca.

Para a preparação das misturas aquosas amido - goma xantana, inicialmente fez-se a dispersão da goma xantana em água destilada sob agitação mecânica, aquecendo-a até a temperatura de 80°C e posteriormente resfriando-a à temperatura ambiente. Em seguida, adicionou-se o amido sob agitação mecânica.

Para a preparação das misturas aquosas amido - carboximetilcelulose sódica e amido - carragena, inicialmente fez-se a dispersão dos hidrocolóides em água destilada sob agitação mecânica. Após a completa dissolução dos hidrocolóides, adicionou-se o amido sob agitação mecânica.

4.2.4. Determinação das Propriedades de Pasta

As propriedades de pasta das misturas aquosas de amido com e sem a adição de gomas foram determinadas no Rápido Visco Analisador (Rapid

Visco Analyser) - RVA (Newport Scientific Instruments), Sidney, Austrália, segundo Chaisawang e Suphantharika (2006).

As amostras de amido e amido - goma com 8,0% de sólidos totais (p/v) foram preparadas em recipientes de alumínio específicos do RVA, equilibradas a 30°C por 1min, aquecidas a 95°C numa razão de 6°C/min, mantidas a 95°C por 5,5 min e resfriadas a 50°C numa razão de 6°C/min. As dispersões foram agitadas a 160 rpm durante todo o experimento.

Os resultados obtidos no RVA foram processados e analisados com auxílio do programa Software Thermocline for Windows, versão 2.2, de acordo com as informações contidas no manual de instruções do fabricante (NEWPORT SCIENTIFIC, 1998), e usando-se o perfil de temperatura STD 2 (Standard Analysis 2).

A partir dos amilogramas obtidos do RVA, foram determinados os parâmetros: temperatura de pasta (°C), viscosidade máxima, mínima, de quebra, final, tendência a retrogradação (RVU) e tempo (minutos) para se atingir o pico de viscosidade máxima, conforme esquema apresentado na Figura 6. As análises foram realizadas em duplicata.

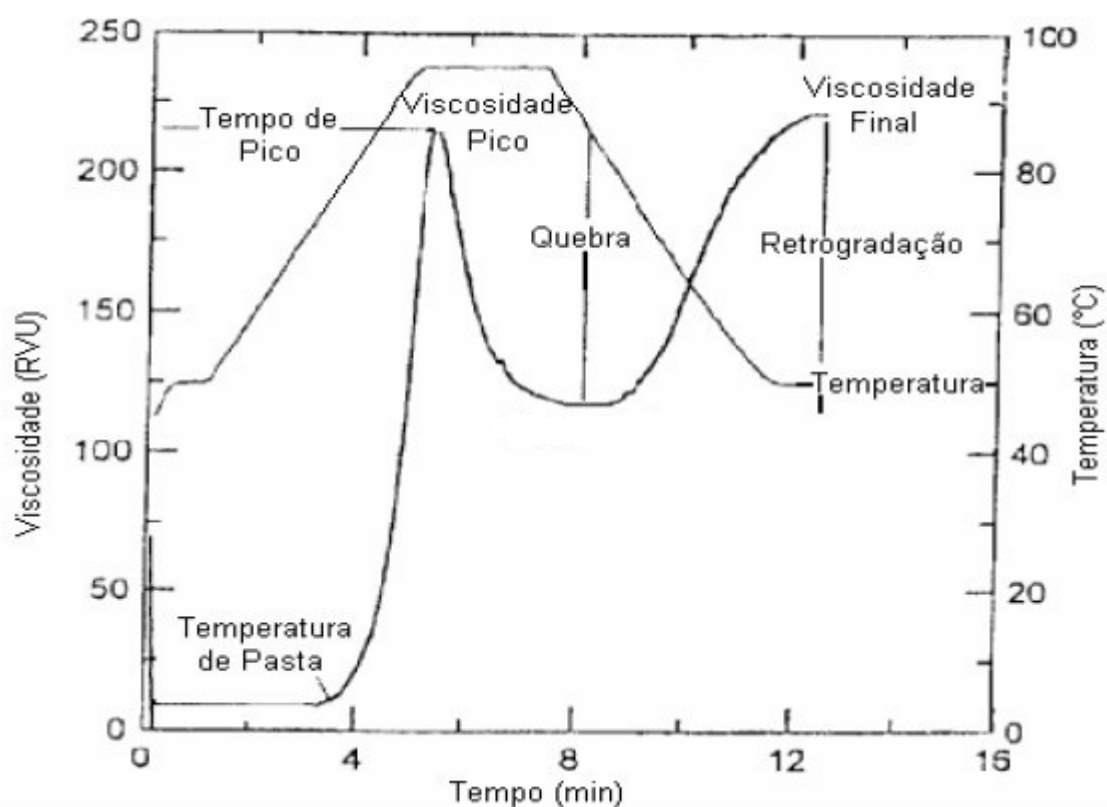


Figura 6: Perfil de viscosidade de amidos.

Fonte: NEWPORT SCIENTIFIC, 1998.

4.2.5. Determinação das Propriedades Térmicas

A determinação das propriedades térmicas das misturas aquosas de amido com e sem a adição de gomas foi realizada em um Calorímetro Diferencial de Varredura (Differential Scanning Calorimeter) - DSC - PYRIS 1, Perkin Elmer, Norwalk, CT, segundo proposto por Chaisawang e Supphantharika (2006).

As amostras de amido e amido - goma com 8,0% de sólidos totais (p/v) foram preparadas conforme descrito no item 4.2.3. Para esta análise foi utilizada água deionizada. Foram pesados $10 \pm 2,0$ mg das misturas em cápsulas de alumínio, e em seguida as mesmas foram seladas. As cápsulas foram aquecidas a $5^\circ\text{C}/\text{min}$ a uma faixa de temperatura de 20 a 90°C . Uma cápsula vazia foi usada como referência. As temperaturas de transição (inicial, pico, final) e a entalpia de gelatinização do amido de mandioca com e sem adição de gomas foram calculadas utilizando o software Pyris 1 da Perkin Elmer, EUA. As análises foram realizadas em triplicata.

4.2.6. Determinação do Poder de Inchamento (PI)

A determinação do poder de inchamento do amido com e sem a adição de gomas foi realizada, em triplicata, segundo métodos propostos por Chaisawang e Supphantharika (2005) e Mandala e Bayas (2004) com modificações.

Para esta análise foi necessário reduzir o teor de sólidos totais (concentrações amido e gomas), pois neste caso, é necessário que o amido esteja presente em excesso de água. As concentrações de amido e gomas foram reduzidas em 4,8 vezes em relação às concentrações empregadas nas demais análises.

Dispersões de amido (1,67% - p/v) e amido - gomas nas concentrações de (1,64% - p/v amido e 0,031% - p/v gomas), (1,61% - p/v amido e 0,052% - p/v gomas), (1,59% - p/v amido e 0,073% - p/v gomas) e (1,57% - p/v amido e 0,094% - p/v gomas) foram colocados em tubos de centrífuga com tampa rosqueável e aquecidos em banho com agitação a temperaturas entre $60 - 90^\circ\text{C} \pm$

2°C por 30 minutos. Após o aquecimento, os tubos foram imediatamente imersos em banho de água gelada ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) por 5 minutos e centrifugados a 11200 g em uma temperatura de 5°C por 15 minutos. O sobrenadante e o precipitado foram separados e este último foi pesado (peso do precipitado úmido). Posteriormente, o sobrenadante e o precipitado foram secos em estufa com circulação de ar a 105°C por 24 horas e pesados. O poder de inchamento foi calculado assumindo-se que toda a goma adicionada permaneceu no sobrenadante. O poder de inchamento foi determinado pela razão entre o peso úmido do precipitado e o seu peso seco.

4.2.7. Comportamento Reológico Dinâmico

O comportamento reológico dinâmico dos géis de amido com e sem adição de gomas foi determinado em triplicata segundo proposto por Chaisawang e Suphantharika (2006).

Os géis obtidos do RVA foram resfriados à temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) e posteriormente submetidos à análise reológica usando um reômetro marca TA Instruments, modelo AR 2000 ex, New Castle, USA. As amostras foram colocadas em um sistema de medida reológica com geometria do tipo cone-placa (60 mm de diâmetro, cone com ângulo de 2° e GAP de 0,62mm). Toda a análise foi realizada a uma temperatura constante de 25°C e com uma taxa de deformação constante de 0,5%. Este valor de taxa de deformação foi adotada com base em outros trabalhos realizados com amidos, incluindo amido de mandioca (CHAISAWANG; SUPHANTHARIKA, 2006).

A partir desta análise foi possível determinar os módulos de G' (módulo elástico ou de armazenamento) e G'' (módulo viscoso ou de perda) em função da frequência.

4.2.8. Morfologia dos Grânulos

A morfologia dos grânulos de amido e dos grânulos de amido interagidos com as gomas xantana, carboximetilcelulose sódica e carragena foi avaliada em um Microscópio Eletrônico de Varredura Modelo LEO 435 VP, Marca ZEISS, segundo metodologia proposta por Chaisawang e Suphantharika (2006) com modificações.

Neste experimento foram avaliadas a dispersão de amido (8,0% p/v) em água destilada e as misturas constituídas por amido (7,75% p/v) e gomas (0,25%p/v). A escolha desta concentração de goma (0,25%) foi baseada nos resultados obtidos nas análises de propriedades de pasta, térmica, poder de inchamento e comportamento viscoelástico em que, a partir desta concentração já foi possível obter diferenças significativas em comparação ao amido de mandioca nativo (controle).

Para o preparo das amostras o amido foi inicialmente disperso em 10mL de água destilada e/ou em 10 mL de solução de goma a 0,25% (p/v). Estas misturas foram aquecidas em banho com leve agitação a 63°C durante 5 minutos e em seguida adicionadas a uma solução 2% de agarose de igual volume (10mL). Posteriormente, as misturas amido - solução de agarose e amido – goma - solução de agarose foram imersas em água gelada. Para a análise no MEV foi empregada a Técnica do Ponto Crítico de Secagem em que as amostras preparadas como descrito acima foram fixadas com 6% de glutaraldeído em tampão fostato 0,1M (pH 7). Após fixação em glutaraldeído, as amostras foram fixadas com 2% de tetróxido de ósmio em imidazole 0,1M (por 12 horas). Após a fixação, as amostras foram desidratadas em uma série gradual de acetona antes da secagem ao ponto crítico. A secagem em ponto crítico foi feita com utilização de CO₂. Após a secagem ao ponto crítico, as amostras foram montadas em suportes metálicos cilíndricos (*stubs*) de alumínio e recobertas com ouro. As imagens obtidas no MEV foram capturadas numa magnificação de 1500X e numa voltagem de aceleração de 15kV.

4.2.9. Bebida Láctea Fermentada Adicionada de Hidrocolóides

4.2.9.1. Técnica de elaboração da bebida láctea fermentada

A elaboração da bebida láctea fermentada foi realizada conforme proposto por Rino (2004) com modificações.

Em testes preliminares determinou-se que a melhor concentração de estabilizantes a ser empregada, de forma a obter bebidas lácteas sem separação de fases, floculação ou sinérese era cerca de 0,3%.

Foram efetuados nove processamentos de bebidas lácteas fermentadas adicionadas de hidrocolóides, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Variáveis e níveis utilizados na preparação das bebidas lácteas fermentadas.

Experimento	Amido (%)	Xantana (%)	CMC (%)	Carragena (%)
1	0,3			
2		0,3		
3			0,3	
4				0,025
5	0,2906	0,0094		
6	0,2906		0,0094	
7	0,2906			0,0094
8	0,2869	0,0131		
9	0,2831	0,0169		

CMC: Carboximetilcelulose Sódica.

Para a produção da bebida láctea fermentada (Figura 7) foi empregada uma mistura de leite em pó integral e concentrado protéico de soro (CPS 35%) na proporção 3:2, em quantidade suficiente para obter 9% de sólidos totais após reconstituição, à qual foi adicionado amido de mandioca (experimento 1), gomas (experimentos 2, 3 e 4) e misturas amido e gomas (experimentos de 5 a 9). Após reconstituição em água destilada, este material foi aquecido a 85°C por 15

minutos e, em seguida, resfriado até 42°C para a adição de 0,5% da cultura láctica composta pelas bactérias *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Foi feita a incubação a 42°C em banho de água com circulação. A fermentação foi interrompida quando o pH atingiu um valor próximo a 4,8, sendo a bebida láctea resfriada até 20°C. O coágulo formado foi quebrado de maneira padronizada em todos os experimentos por leve agitação, e em seguida, a bebida foi resfriada a 5°C e envasada em frascos plásticos de polietileno.

A única bebida elaborada neste trabalho com adição inferior a 0,3% de estabilizantes foi a elaborada com carragena, devido à sua habilidade de formar gel em leite. A bebida láctea foi preparada com a adição de 0,025% de carragena, por recomendação do fornecedor da goma. Ao se adicionar 0,3% de carragena na bebida láctea, formou-se um coágulo muito rígido impossibilitando a obtenção de uma bebida com característica líquida, como a obtida com as demais formulações.

Para a elaboração das bebidas lácteas fermentadas empregando as misturas de amido e gomas (experimentos 5, 6 e 7) foi adicionado amido na concentração de 0,2906% e gomas na concentração de 0,0094%. Estas concentrações foram proporcionais (26,67 vezes menor) as concentrações de 7,75% amido e 0,25% gomas, estabelecidas anteriormente, a partir de uma concentração mínima de goma que proporcionou mudanças nas características do amido de mandioca (propriedades de pasta, térmicas e reológicas), conforme observado nas análises de RVA, DSC e Poder de Inchamento, que avaliaram o efeito da adição de gomas ao amido.

Os experimentos 8 e 9 foram propostos após a elaboração dos sete experimentos anteriores, pois apenas a bebida láctea fermentada elaborada com goma xantana proporcionou mudanças significativas na capacidade de retenção de água. Desta forma, duas novas bebidas lácteas foram elaboradas baseando-se na adição de 0,2869% de amido de mandioca e 0,0131% de goma xantana e 0,2831% de amido de mandioca e 0,0169% de goma xantana, respectivamente. Estas concentrações foram proporcionais (26,67 vezes menor) às concentrações de 7,65% amido e 0,35% goma xantana e 7,55% amido e 0,45% goma xantana, respectivamente.

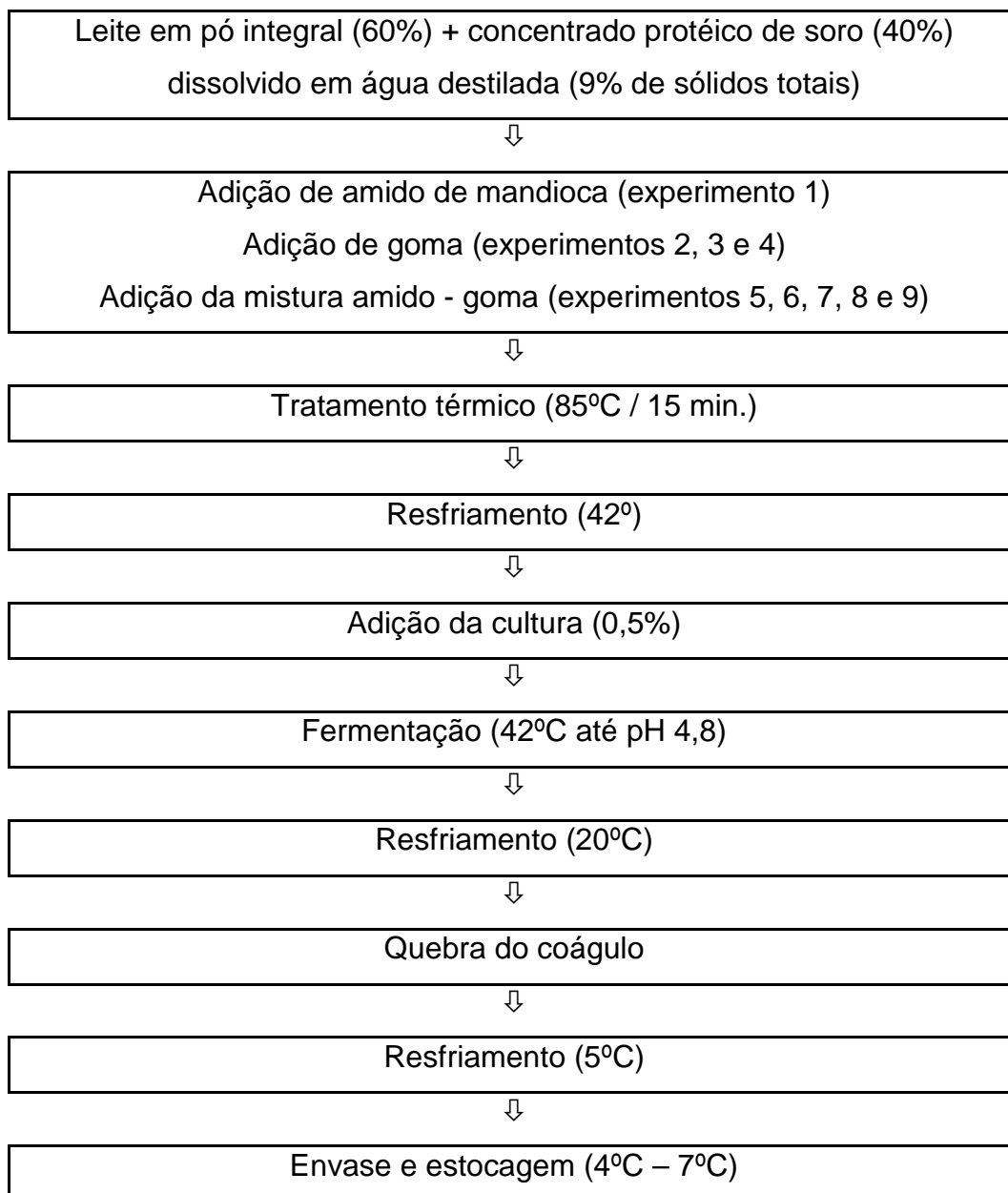


Figura 7: Fluxograma do processamento da bebida láctea fermentada.

4.2.9.2. Análises físico – químicas da bebida láctea fermentada

4.2.9.2.1. pH

O valor de pH foi determinado em triplicata em potenciômetro digital (SILVA et al., 1997).

4.2.9.2.2. *Acidez titulável*

A determinação da acidez foi realizada através da titulação da amostra com NaOH 0,11 molL⁻¹ em presença do indicador fenolftaleína. O resultado foi expresso em graus Dornic (AOAC, 1995). A análise foi realizada em triplicata.

4.2.9.2.3. *Gordura*

Para a determinação do teor de gordura foi empregado o método de Gerber, que consiste na extração da gordura utilizando-se como solvente uma solução de ácido sulfúrico 1,825 gL⁻¹ (SILVA et al., 1997) e separação por centrifugação. Esta análise foi realizada em triplicata.

4.2.9.2.4. *Sólidos totais*

O teor de sólidos totais foi determinado, em triplicata, por secagem em estufa a vácuo a 70° C durante 24 h, segundo método proposto por Casey, Bradkey Jr. e Willians (1985).

4.2.9.2.5. *Cinzas*

O teor de cinzas foi determinado em triplicata por incineração em mufla a 550°C (AOAC, 1995).

4.2.9.2.6. Nitrogênio total

O teor de nitrogênio foi determinado em triplicata pelo método micro-Kjeldahl. O teor de proteína total foi calculado multiplicando-se o valor do nitrogênio total por 6,38 (AOAC, 1997).

4.2.9.3. Comportamento Reológico

O comportamento reológico da bebida láctea fermentada foi determinado utilizando-se um Reômetro de cone e placa, Modelo RVDV III, Marca Brookfield, Stoughton, USA.

O aumento da tensão de cisalhamento foi obtido pelo aumento da rotação, a partir da variação contínua da velocidade angular do cone. Foram utilizadas rotações de 5 a 61 rpm, com acréscimos de 2 rpm a cada 10 segundos, 1 mL de amostra e cone CP 42.

A temperatura durante a análise foi de 10°C, mantida através de uma camisa termostalizada situada ao redor do arranjo cone e placa, em cujo interior circula água para aquecimento ou resfriamento.

Nesta avaliação foram determinados os parâmetros κ - índice de consistência (Pa s^n) e n - índice de comportamento do fluido (adimensional). A descrição do comportamento reológico foi feita utilizando-se o modelo reológico de Ostwald - de Waele (Lei de Potência), com auxílio do programa Origin versão 5.0.

4.2.9.4. Capacidade de retenção de água

Para determinação da capacidade de retenção de água das bebidas lácteas fermentadas, 10 g das amostras foram submetidas à centrifugação de 15000 g a temperatura ambiente, segundo método proposto por Harte et al. (2003).

A análise foi realizada após sete dias de estocagem das bebidas a

uma temperatura de 5°C.

Para o cálculo da capacidade de retenção de água foi utilizada a equação:

$$CRA(\%) = \left[1 - \frac{\text{Peso do soro após centrifugação}}{\text{Peso da amostra}} \right] \times 100$$

4.2.10. Análise Estatística dos Resultados Experimentais

A análise de variância (ANOVA) dos resultados experimentais foi realizada a partir de um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com a utilização do teste de Tukey, considerando-se um nível de significância $p < 0,05$, segundo Banzatto e Kronka (2006), utilizando o programa computacional ESTAT – Sistema para Análises Estatísticas, versão 2.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. AMIDO DE MANDIOCA

5.1.1. Composição Centesimal

Os teores de umidade, carboidrato, proteínas, lipídeos e cinzas do amido de mandioca empregado neste trabalho encontram-se apresentados na Tabela 2. Estes resultados condizem com os reportados na literatura e demonstram que o amido estava suficientemente puro para ser empregado.

O amido é composto essencialmente por polímeros de D - glicose, mas também podem estar presentes em seus grânulos componentes em quantidades menores como proteínas, lipídeos, umidade e cinzas (THOMAS; ATWELL, 1999). Estes componentes são provenientes de diversas fontes tais como: o material do interior dos amiloplastos (onde os grânulos são formados); a membrana limitante dos amiloplastos; o material depositado sobre a superfície dos grânulos durante a desintegração do tecido ou pelos procedimentos de extração do amido (FRANCO et al., 2001).

Amidos de raízes e tubérculos possuem baixas quantidades de lipídeos e proteínas não chegando a 0,1% (THOMAS; ATWELL, 1999). No que diz respeito aos teores de umidade e cinzas, Moorthy (2002) relatou que para o amido de mandioca estes teores variaram entre 10 a 14,8% e 0,02 a 0,49%, respectivamente.

Tabela 2: Composição centesimal do amido de mandioca.

Umidade	9,989 ± 0,221
Carboidratos	89,756
Proteínas	0,103 ± 0,001
Lipídeos	0,067 ± 0,003
Cinzas	0,085 ± 0,001

5.1.2. Teor de Amilose

Para a determinação do teor de amilose, a amostra foi previamente desengordurada. De acordo com Morrison e Laignelet (1983) a amilose determinada em amidos previamente desengordurados é denominada amilose total.

Segundo Parker e Ring (2001) a maioria dos amidos contém de 20 a 25% (p/p) de amilose. Jane et al. (1999) reportaram que o conteúdo de amilose total para o amido de mandioca foi de 17,8% enquanto Rickard, Asaoka e Blanshard (1991) observaram valores variando entre 13,6 a 23,8%.

O teor de amilose total determinado para o amido de mandioca empregado neste trabalho foi de 18,13% ± 0,18. Este valor condiz com os resultados relatados por Rickard, Asaoka e Blanshard (1991) e Jane et al. (1999).

5.2. GOMAS XANTANA, CARBOXIMETILCELULOSE SÓDICA (CMC) E CARRAGENA

5.2.1. Teor de Umidade e pH

Os resultados obtidos para os teores de umidade e valores de pH das gomas estão apresentados na Tabela 3. Os valores de pH foram determinados na solução a 1,0%. Estes resultados obtidos estão de acordo com a especificação do fornecedor das referidas gomas.

Tabela 3: Teor de umidade e valor de pH das gomas xantana, carboximetilcelulose sódica e carragena.

Goma	Umidade (%)	pH
Xantana	9,612 ± 0,189	6,88
Carboximetilcelulose Sódica	6,350 ± 0,153	7,78
Carragena	7,096 ± 0,022	8,88

5.3. INTERAÇÃO AMIDO E HIDROCOLÓIDES

5.3.1. Propriedades de Pasta

Os resultados obtidos para as propriedades de pasta do amido de mandioca com e sem adição das gomas xantana (GX), carboximetilcelulose sódica (CMC) e carragena (CAR) encontram-se apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Propriedades de pasta do amido de mandioca com e sem adição de gomas.

Amostras	Viscosidade (RVU)						Tendência a Retrogradação	Tempo de Pico (min.)	Temperatura de Pasta (°C)
	Pico	Mínima	Quebra	Final					
Controle	247,71±1,24 ^g	82,37±0,06 ^f	165,34±1,29 ^f	153,13±0,18 ^f	70,75±0,24 ^{ab}	5,80±0,10 ^d	64,98±0,25 ^h		
GX 0,15%	253,46±0,65 ^g	96,21±1,36 ^e	157,25±2,01 ^g	145,25±1,53 ^h	49,05±0,18 ^d	6,10±0,24 ^{cd}	66,38±0,11 ^{de}		
GX 0,25%	294,63±2,89 ^f	105,34±0,23 ^d	189,30±2,65 ^d	149,67±0,35 ^{gh}	44,34±0,12 ^e	6,14±0,09 ^{bcd}	68,78±0,04 ^b		
GX 0,35%	326,50±3,42 ^d	120,13±2,18 ^c	206,38±1,24 ^c	164,00±1,77 ^{de}	43,88±0,42 ^e	6,07±0,09 ^{cd}	70,58±0,25 ^a		
GX 0,45%	336,25±0,71 ^{cd}	126,21±0,18 ^b	210,05±0,88 ^c	168,30±0,18 ^d	42,08±0,00 ^e	6,14±0,09 ^{bcd}	71,10±0,00 ^a		
CMC 0,15%	310,88±3,12 ^e	98,13±0,77 ^e	212,75±2,36 ^c	161,38±0,88 ^e	63,25±0,1 ^c	5,84±0,05 ^d	65,58±0,04 ^{fgh}		
CMC 0,25%	339,50±3,42 ^c	110,75±1,65 ^d	228,75±1,77 ^b	179,29±0,06 ^c	68,54±1,71 ^b	5,90±0,14 ^d	66,10±0,28 ^{ef}		
CMC 0,35%	358,50±0,00 ^b	123,17±2,00 ^{bc}	235,34±2,00 ^{ab}	192,25±0,24 ^b	69,08±1,77 ^b	5,87±0,00 ^d	66,80±0,07 ^d		
CMC 0,45%	371,13±5,13 ^a	133,05±2,65 ^a	238,08±2,47 ^a	207,13±1,59 ^a	74,08±1,06 ^a	5,90±0,04 ^d	67,78±0,25 ^c		
CAR 0,15%	250,79±1,71 ^g	81,86±0,64 ^f	168,92±1,06 ^{ef}	149,75±0,47 ^{gh}	67,88±0,18 ^b	6,14±0,09 ^{bcd}	65,40±0,28 ^{gh}		
CAR 0,25%	256,67±2,35 ^g	83,46±1,36 ^f	173,21±1,00 ^e	146,67±3,06 ^{gh}	63,21±1,71 ^c	6,33±0,00 ^{abc}	65,53±0,11 ^{fgh}		
CAR 0,35%	255,67±1,18 ^g	87,54±1,82 ^f	168,13±0,64 ^{ef}	150,54±0,65 ^{fg}	63,00±1,17 ^c	6,50±0,04 ^{ab}	65,95±0,07 ^{efg}		
CAR 0,45%	258,09±4,12 ^g	87,50±0,59 ^f	170,58±3,54 ^{ef}	150,67±0,23 ^{fg}	63,17±0,35 ^c	6,64±0,05 ^a	66,38±0,04 ^{de}		

Cada valor representa a média de 2 replicatas.

a, b, c, d, e, f, g, h Valores seguidos de mesma letra, em cada coluna, não diferem significativamente entre si.

As Figuras 8, 9 e 10 apresentam os perfis de viscosidade do amido de mandioca com e sem adição de gomas xantana (GX), carboximetilcelulose sódica (CMC) e carragena (CAR), respectivamente, nas concentrações de 0,15%, 0,25%, 0,35% e 0,45% (p/v). Estas figuras mostram que a adição de gomas não modificou o perfil de viscosidade do amido de mandioca, porém houve modificações nos valores absolutos (viscosidade de pico, mínima, de quebra, final e tendência a retrogradação) conforme apresentado na Tabela 4.

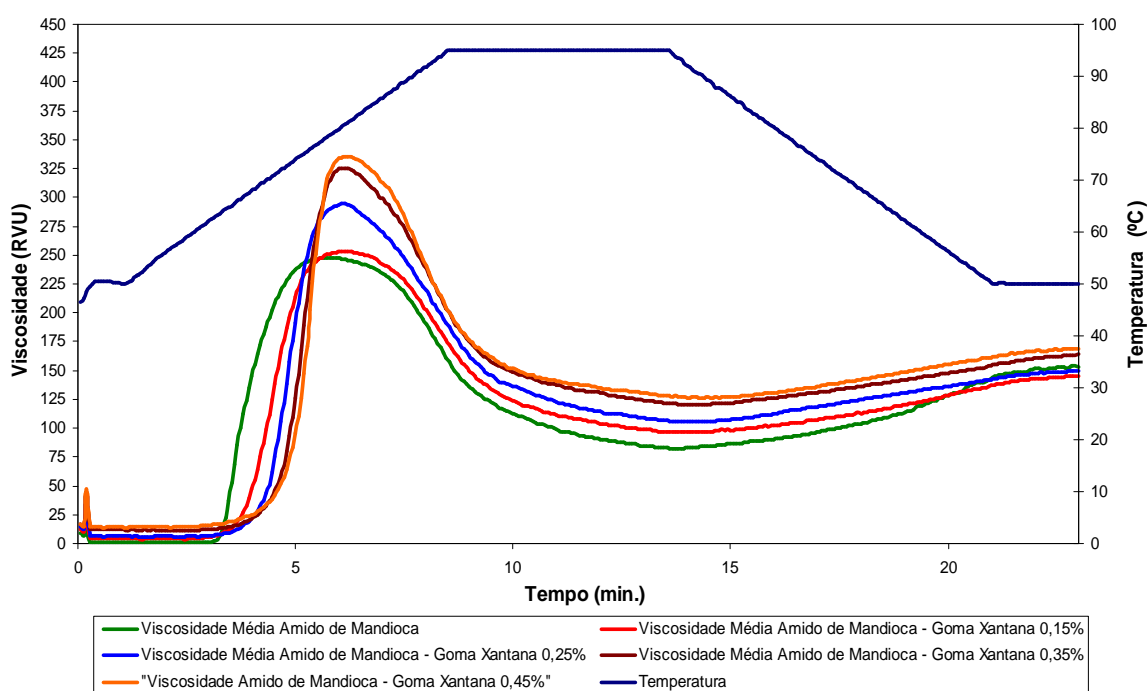


Figura 8: Perfil de viscosidade do amido de mandioca sem e com adição de goma xantana (GX) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).

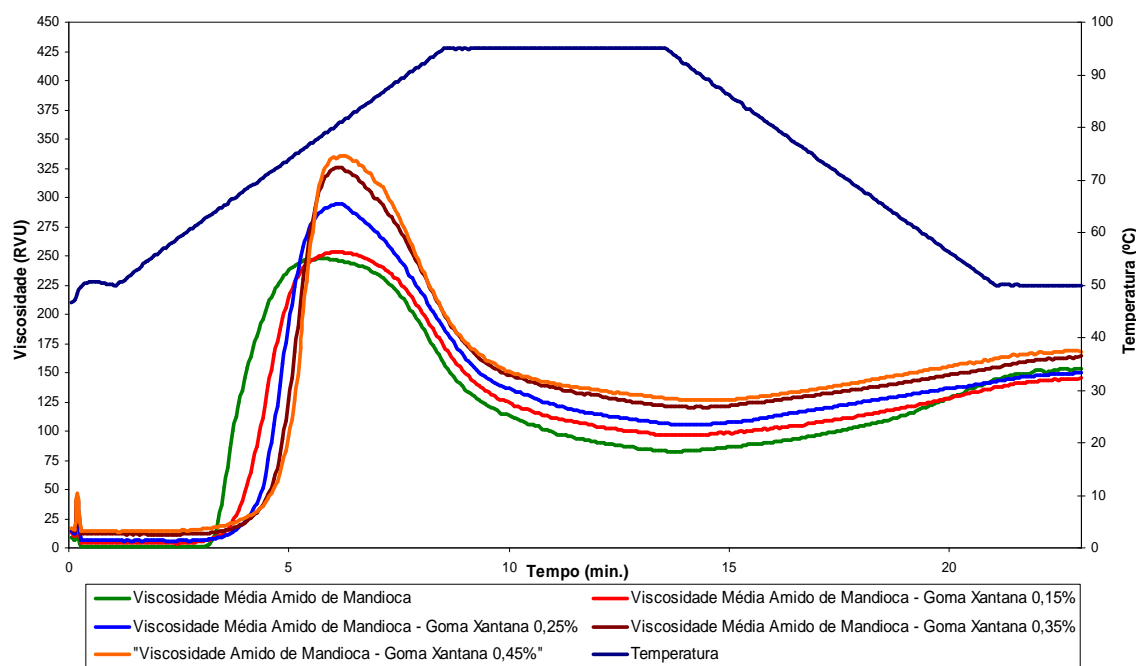


Figura 9: Perfil de viscosidade do amido de mandioca sem e com adição de carboximetilcelulose sódica (CMC) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).

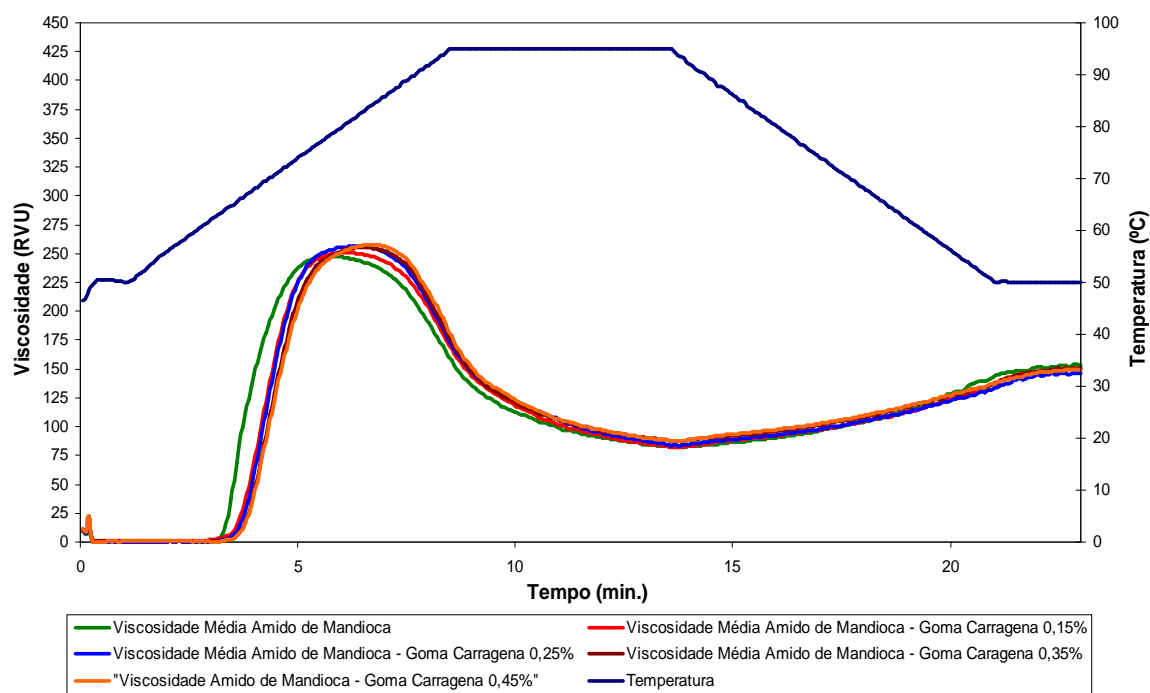


Figura 10: Perfil de viscosidade do amido de mandioca sem e com adição de goma carragena (CAR) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).

Os resultados obtidos e apresentados na Tabela 4 e nas Figuras 8, 9 e 10, mostram que, em geral, as viscosidades de pico, mínima, de quebra e final do amido de mandioca foram aumentadas significativamente ($p < 0,05$) com a adição das gomas xantana e CMC, sendo a CMC o hidrocolóide responsável pelos maiores aumentos seguida da goma GX. Além disso, observou-se que quanto maior a concentração de goma, maiores foram os aumentos das viscosidades.

A adição das gomas xantana e CMC proporcionou aumento significativo ($p < 0,05$) na viscosidade de pico do amido de mandioca enquanto que a carragena (Figura 10) nada modificou. Estes aumentos foram observados com a adição de goma xantana a partir da concentração de 0,25% e de CMC a partir da concentração de 0,15%. Resultados semelhantes aos relatados para a viscosidade de pico foram obtidos para a viscosidade mínima, porém os aumentos proporcionados pela adição das gomas xantana e CMC ocorreram com a adição das referidas gomas já na concentração de 0,15%. No que diz respeito às viscosidades de quebra e final do amido de mandioca, um comportamento semelhante ao reportado para as viscosidades de pico e mínima foi observado, ou seja, a adição de gomas xantana e CMC aumentaram as referidas viscosidades, exceto no caso da adição de 0,15% de goma xantana, e a carragena nada modificou. Para Shi e BeMiller (2002), os aumentos na viscosidade de pasta ocorrem em função das interações entre as moléculas de goma e as moléculas de amilose e de amilopectina de baixo peso molecular solubilizadas.

De acordo com a Tabela 4, tem-se que, de um modo geral, a adição das gomas proporcionou diminuição significativa ($p < 0,05$) na tendência a retrogradação, sendo os menores valores obtidos com a adição da GX. Supõe-se que esta redução na tendência a retrogradação ocorra devido à competição dos hidrocolóides com as moléculas de amilose para o estabelecimento de ligações intermoleculares, diminuindo assim a quantidade de ligações amilose - amilose que são essenciais para a ocorrência da retrogradação.

A temperatura de pasta do amido de mandioca aumentou significativamente ($p < 0,05$) com a adição das gomas GX a partir da concentração de 0,15%, CMC a partir de 0,25% e CAR nas concentrações de 0,35 e 0,45%, conforme apresentado na Tabela 4, sendo os maiores aumentos provocados pela adição de GX. Aumentos na temperatura de pasta também foram relatados por

Funami et al. (2005) que avaliaram o efeito da adição de 0,5% de goma guar com diferentes pesos moleculares ao amido de milho (15%) e por Weber (2005) que estudou o efeito das gomas xantana e guar nos amidos de milho normal e ceroso.

Os resultados obtidos para as propriedades de pasta do amido de mandioca adicionado de GX, CMC e CAR foram semelhantes aos encontrados em outros trabalhos. Segundo Christianson et al. (1981), Lee et al. (2002), Mali et al. (2003), Chaisawang e Supphantharika (2006) e Song et al. (2006), a adição de gomas modifica as propriedades de pasta dos amidos aumentando as viscosidades (pico, quebra e final) e diminuindo a tendência a retrogradação. Chaisawang e Supphantharika (2006) supõem que estas modificações ocorram em função do sistema amido - goma ser bifásico, com a goma localizada na fase contínua, sendo sua concentração aumentada quando o volume da fase acessível à goma é reduzido devido ao inchamento dos grânulos do amido durante a gelatinização, resultando em aumento pronunciado na viscosidade da mistura. Igoe (1982) sugere que o aumento da viscosidade, no caso da adição de CMC, ocorra pelo fato desta goma apresentar um efeito sinérgico quando misturada a polímeros não iônicos.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho é possível sugerir que não ocorram interações significativas entre o amido de mandioca e a goma carragena. Já a goma xantana, quando adicionada, proporciona aumentos nas viscosidades do amido de mandioca em função da formação de pontes de hidrogênio uma vez que as estruturas do amido de mandioca e da goma xantana possuem quantidades significativas de grupos hidroxilas (OH). A carboximetilcelulose quando adicionada também promove grandes aumentos nas viscosidades do amido de mandioca, porém estes aumentos estariam mais relacionados à sua estrutura e a sua alta capacidade de retenção de água do que propriamente às interações entre o amido e a referida goma, uma vez que, quando avaliado o efeito das gomas sobre a tendência a retrogradação foi observado que a adição de goma xantana diminuiu significativamente a tendência a retrogradação, possivelmente pelo fato da mesma interagir com o amido tornando a amilose indisponível para se rearranjar durante o resfriamento do gel, enquanto que a adição de carboximetilcelulose sódica não apresentou efeito sobre este fenômeno, exceto na concentração de 0,15%.

5.3.2. Propriedades Térmicas

Os resultados obtidos para as propriedades térmicas do amido de mandioca com e sem adição de gomas xantana (GX), carboximetilcelulose sódica (CMC) e carragena (CAR) encontram-se apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Propriedades térmicas do amido de mandioca com e sem adição de gomas.

Amostras	T _o (°C)	T _p (°C)	T _f (°C)	ΔH (J/g)
Controle	55,95 ± 0,50 ^b	63,11 ± 0,25 ^a	68,96 ± 0,08 ^{bc}	10,73 ± 0,20 ^{de}
GX 0,15%	56,45 ± 0,48 ^{ab}	63,22 ± 0,29 ^a	68,99 ± 0,26 ^{abc}	11,60 ± 0,70 ^{de}
GX 0,25%	55,91 ± 0,20 ^b	62,84 ± 0,17 ^a	68,60 ± 0,11 ^c	12,48 ± 0,50 ^{bc}
GX 0,35%	56,53 ± 0,26 ^{ab}	63,27 ± 0,35 ^a	69,00 ± 0,57 ^{abc}	13,49 ± 0,40 ^{ab}
GX 0,45%	56,36 ± 0,26 ^{ab}	63,37 ± 0,43 ^a	68,90 ± 0,28 ^{bc}	13,93 ± 0,50 ^a
CMC 0,15%	56,57 ± 0,62 ^{ab}	63,06 ± 1,00 ^a	69,39 ± 0,70 ^{abc}	9,13 ± 0,50 ^f
CMC 0,25%	56,41 ± 0,16 ^{ab}	62,88 ± 0,13 ^a	68,92 ± 0,23 ^{bc}	10,82 ± 0,10 ^{de}
CMC 0,35%	56,68 ± 0,23 ^{ab}	63,32 ± 0,09 ^a	68,79 ± 0,23 ^c	10,45 ± 0,20 ^e
CMC 0,45%	57,19 ± 0,23 ^a	63,60 ± 0,38 ^a	69,05 ± 0,35 ^{abc}	10,52 ± 0,30 ^{de}
CAR 0,15%	56,37 ± 0,12 ^{ab}	62,95 ± 0,38 ^a	69,01 ± 0,28 ^{abc}	10,71 ± 0,50 ^{de}
CAR 0,25%	56,74 ± 0,06 ^{ab}	63,02 ± 0,05 ^a	69,43 ± 0,14 ^{abc}	11,06 ± 0,50 ^{de}
CAR 0,35%	56,68 ± 0,03 ^{ab}	63,37 ± 0,26 ^a	69,72 ± 0,13 ^{ab}	10,85 ± 0,50 ^{de}
CAR 0,45%	57,11 ± 0,11 ^a	63,55 ± 0,31 ^a	69,85 ± 0,39 ^a	10,86 ± 0,20 ^{de}

Cada valor representa a média de 3 replicatas.

T_o: Temperatura inicial de gelatinização; T_p: Temperatura de pico de gelatinização; T_f: Temperatura final de gelatinização e ΔH: Entalpia de gelatinização

a, b, c, d, e Valores seguidos de mesma letra, em cada coluna, não diferem significativamente entre si.

No que diz respeito à temperatura inicial de gelatinização (T_o) é observado que há uma diferença significativa (p<0,05) entre o amido de mandioca nativo (controle) e o amido de mandioca adicionado das gomas CMC e CAR na concentração de 0,45%, porém, entre as diferentes gomas e concentrações empregadas não foram observadas diferenças significativas exceto para o amido de mandioca adicionado de GX na concentração de 0,25%.

O aumento da T_0 , observado no DSC, está de acordo com o aumento observado na temperatura de pasta obtido no RVA, entretanto, estes valores são numericamente diferentes uma vez que a temperatura de pasta indica a temperatura onde é percebido o aumento de viscosidade e não a temperatura em que há o inchamento dos primeiros grânulos. Além disso, na temperatura de pasta foi observado aumento quando adicionado gomas independente do tipo de goma e concentração empregada, já no DSC esse aumento só foi significativo quando empregado CAR e CMC na concentração de 0,45%.

Com relação à temperatura de pico (T_p), a adição de gomas não proporcionou mudanças significativas, conforme apresentado na Tabela 5, não sendo observado diferenças inclusive entre as diferentes gomas empregadas em diferentes concentrações.

A Tabela 5 mostra que, para a temperatura final (T_f), a adição de gomas, exceto a goma CAR na concentração de 0,45%, não proporcionou mudanças significativas quando comparado ao amido de mandioca nativo (controle). Entre as gomas GX e CMC na concentração de 0,25% e CMC na concentração de 0,35% não houve diferença significativa, mas estas diferiram significativamente das misturas amido – CAR nas concentrações de 0,35 e 0,45%, que apresentaram T_f superiores, estas misturas, por sua vez, não apresentaram diferença significativa entre si.

Resultados semelhantes aos obtidos para as temperaturas de gelatinização foram encontrados por Biliaderis et al. (1997) e Chaisawang e Supphantharika (2006). Biliaderis et al. (1997) observaram que a adição de diferentes gomas não proporcionou mudança significativa na temperatura de pico dos amidos de milho e trigo, enquanto Chaisawang e Supphantharika (2006) relataram que a adição das gomas (xantana e guar, na concentração de 0,35%) aumentou significativamente a temperatura inicial de gelatinização do amido de mandioca (6,0%). Já Mali et al. (2003) não obtiveram nenhuma modificação significativa nas temperaturas de gelatinização (T_0 , T_p e T_f) do amido de inhame (6,0%) quando foram adicionadas gomas guar e xantana (em concentrações de 0,1; 0,3 e 0,5%).

No que diz respeito à entalpia de gelatinização (ΔH), as gomas quando adicionadas, provocaram mudanças significativas. Em geral, a adição de GX proporcionou aumento da entalpia, a CMC redução e a CAR não modificou

este valor.

A adição de GX nas diferentes concentrações (0,25, 0,35 e 0,45%) proporcionou aumento da entalpia do amido de mandioca. Estes resultados foram semelhante aos obtidos por Weber (2005) e Lee et al. (2002), que sugerem que a entalpia está relacionada com o grau de associação entre a goma e o amido e que estas associações reduzem a mobilidade da cadeia de amido sendo necessária uma maior energia térmica para promover a gelatinização.

Já a CMC, quando adicionada na concentração de 0,15%, promoveu diminuição na entalpia do amido de mandioca, sugerindo que a referida goma promova redução da água disponível causando assim, uma gelatinização parcial das regiões cristalinas dos grânulos de amido conforme proposto por Biliaderis, Maurice e Vose (1980).

A CAR, assim como a CMC nas concentrações de 0,25, 0,35 e 0,45% não modificaram a entalpia do amido de mandioca. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Mali et al. (2003).

Desta forma, é possível supor que os resultados obtidos neste trabalho onde a adição de goma xantana aumentou a energia térmica necessária para promover a gelatinização (ΔH) ocorreram devido à interação entre as moléculas do amido de mandioca e da goma xantana através de pontes de hidrogênio o que dificultou a mobilidade dos polímeros constituintes do amido. Já a carboximetilcelulose sódica, na concentração de 0,15%, diminuiu a energia térmica necessária para promover a gelatinização (ΔH); este fato ocorreu possivelmente devido a diminuição da água disponível, em função da estrutura e alta capacidade de retenção de água da referida goma, e com esta diminuição parcial da água disponível houve uma gelatinização parcial da amilopectina (regiões cristalinas dos grânulos de amido). Novamente, assim como na análise de propriedades de pasta a carragena nada provocou, sugerindo a não ocorrência de qualquer interação entre esta goma e o amido de mandioca.

5.3.3. Poder de Inchamento (PI)

Quando dispersões de amido são aquecidas, os grânulos incham e ocorre a solubilização dos polímeros do amido, os quais influenciam nas propriedades das fases contínua (matriz amilose/amilopectina) e dispersa (grânulos de amido). Além disso, a adição de hidrocolóides pode afetar o inchamento dos grânulos (MANDALA; BAYAS, 2004).

O inchamento dos grânulos é influenciado pela temperatura, onde, na medida em que é aumentada a temperatura de aquecimento, o inchamento dos grânulos também é aumentado (MANDALA; BAYAS, 2004; SONG et al., 2006).

O PI do amido de mandioca com e sem adição de gomas xantana (GX), carboximetilcelulose sódica (CMC) e carragena (CAR) foi determinado nas temperaturas de 60, 70, 80 e 90°C e encontra-se apresentado na Tabela 6.

Nesta análise as concentrações de amido e gomas foram reduzidas, proporcionalmente, quando comparadas às concentrações empregadas nas demais análises. Esta redução foi necessária, pois para a análise de poder de inchamento é necessário que o amido esteja presente em excesso de água.

Os resultados apresentados na Tabela 6 mostraram que o PI do amido de mandioca com e sem adição de gomas foi aumentado na medida em que foi elevada a temperatura de aquecimento. Além disso, em geral, a adição de gomas GX e CMC proporcionou aumento no PI do amido de mandioca, sendo a CMC o hidrocolóide responsável pelos maiores aumentos particularmente quando empregado nas concentrações a partir de 0,052%. Já a CAR praticamente não modificou o PI do referido amido sendo que em alguns casos, em função da temperatura de aquecimento e da concentração empregada, promoveu a diminuição do PI. Os resultados obtidos para o poder de inchamento estão de acordo com os obtidos para as propriedades de pasta, apresentados na Tabela 3, onde, em termos de viscosidade, a CMC proporcionou maior aumento, seguida da GX, sendo que a CAR nada modificou quando comparado às propriedades do amido de mandioca nativo (controle).

Tabela 6: Poder de Inchamento do amido de mandioca com e sem adição de gomas.

Amostras	60°C	70°C	80°C	90°C
Controle	10,46 ± 0,06 ^{cD}	21,33 ± 0,42 ^{cdC}	27,75 ± 0,06 ^{fgB}	30,49 ± 0,24 ^{fgA}
GX 0,031%	13,78 ± 0,29 ^{bD}	21,58 ± 0,15 ^{cdC}	28,83 ± 0,47 ^{efB}	34,80 ± 0,12 ^{dA}
GX 0,052%	13,49 ± 0,06 ^{bD}	21,49 ± 0,25 ^{cdC}	28,10 ± 0,74 ^{efB}	36,53 ± 0,33 ^{cA}
GX 0,073%	13,09 ± 0,43 ^{bD}	20,84 ± 0,15 ^{dC}	30,90 ± 0,96 ^{bcB}	36,21 ± 0,83 ^{cA}
GX 0,094%	13,18 ± 0,26 ^{bD}	22,32 ± 0,13 ^{cC}	29,53 ± 0,54 ^{cdeB}	36,29 ± 0,35 ^{cA}
CMC 0,031%	10,18 ± 0,12 ^{cD}	20,95 ± 0,18 ^{dC}	29,18 ± 0,68 ^{defB}	33,02 ± 0,19 ^{eA}
CMC 0,052%	13,11 ± 0,05 ^{bD}	27,65 ± 1,15 ^{bC}	30,33 ± 0,15 ^{bcdB}	40,46 ± 0,26 ^{bA}
CMC 0,073%	13,32 ± 0,83 ^{bD}	29,53 ± 0,54 ^{aC}	31,54 ± 0,37 ^{abB}	41,12 ± 0,69 ^{bA}
CMC 0,094%	16,44 ± 0,31 ^{aD}	28,73 ± 0,68 ^{abC}	32,92 ± 0,35 ^{aB}	42,83 ± 0,52 ^{aA}
CAR 0,031%	13,81 ± 0,18 ^{bD}	18,73 ± 0,22 ^{eC}	26,51 ± 0,89 ^{ghB}	28,58 ± 0,80 ^{hA}
CAR 0,052%	13,45 ± 0,18 ^{bD}	18,98 ± 0,36 ^{eC}	25,55 ± 0,02 ^{hiB}	29,51 ± 0,49 ^{ghA}
CAR 0,073%	8,70 ± 0,28 ^{dD}	18,39 ± 0,18 ^{eC}	24,57 ± 0,80 ^{ijB}	32,92 ± 0,73 ^{eA}
CAR 0,094%	8,45 ± 0,12 ^{dD}	18,13 ± 0,57 ^{eC}	23,50 ± 0,21 ^{jB}	31,35 ± 0,09 ^{fA}

Cada valor representa a média de 3 replicatas.

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j Valores seguidos de mesma letra, em cada coluna, não diferem significativamente entre si.

A, B, C, D Valores seguidos de mesma letra minúscula em uma mesma linha não diferem significativamente entre si.

A 60°C observou-se, a partir da Tabela 6, que a GX aumentou significativamente ($p < 0,05$) o PI do amido de mandioca a partir da concentração de 0,031% não havendo diferença significativa entre as diferentes concentrações empregadas. Da mesma forma, a CMC também promoveu aumento significativo do PI, porém apenas a partir da concentração de 0,052% e diferentemente da GX o aumento da concentração de CMC aumentou o PI. Já a CAR promoveu aumento significativo do PI nas concentrações de 0,031 e 0,052%, não havendo diferença significativa entre estas concentrações, e diminuição significativa do PI nas concentrações de 0,073 e 0,094%, não havendo também diferença significativa entre estas concentrações.

Para a temperatura de 70°C conforme mostram os resultados apresentados na Tabela 6, apenas a CMC promoveu aumento significativo do PI a partir da concentração de 0,052% e a CAR proporcionou diminuição significativa independentemente da concentração empregada.

Quando o amido de mandioca com e sem adição de gomas foi aquecido por 30 minutos à temperatura de 80°C foi observado, conforme apresentado na Tabela 6, que a adição das gomas GX e CMC aumentou significativamente o PI do referido amido enquanto que a CAR proporcionou diminuição significativa. Da mesma forma como observado na temperatura de 80°C, a 90°C as gomas GX e CMC aumentaram o PI do amido de mandioca, enquanto a CAR não modificou o PI do referido amido quando empregada nas concentrações de 0,052 e 0,094% e proporcionou diminuição do PI quando adicionada na concentração de 0,031 e aumento significativo do PI na concentração de 0,073%.

Aumentos no PI do amido proporcionados pela adição de gomas como observados neste trabalho com a adição de GX e CMC ao amido de mandioca também foram relatados por Mandala e Bayas (2004) com adição de goma xantana ao amido de trigo e Chaisawang e Supphantharika (2006) que avaliaram o efeito das gomas xantana e guar ao amido de mandioca. Segundo Mandala e Bayas (2004), a goma xantana pode aprisionar os grânulos de amido gelatinizados mantendo-os bem próximos, e desta forma, é possível aumentar as forças aplicadas sobre estes grânulos, facilitando assim a entrada de água e aumentando conseqüentemente o inchamento destes grânulos. Por outro lado, Song et al. (2006) observaram redução no PI do amido de arroz quando adicionado das gomas gelana, guar, xantana, arábica e do exopolissacarídeo produzido por *Sphingomonas chungbukensis* – EPS-CB ao referido amido, efeito este também observado neste trabalho quando foi adicionada CAR ao amido de mandioca. Para estes autores, esta diminuição do poder de inchamento proporcionada pela adição de gomas ocorreu em função da pressão osmótica gerada dentro da fase contínua da goma pelo inchamento do amido.

Os resultados obtidos para o PI neste trabalho corroboram com os resultados anteriores, sugerindo uma possível interação das moléculas do amido de mandioca e da goma xantana por pontes de hidrogênio formando assim uma estrutura capaz de reter maior quantidade de água; já a carboximetilcelulose

sódica, em função da sua estrutura química, permitiu maior retenção de água, aumentando desta forma o poder de inchamento, enquanto que com a CAR não houve, nas condições deste experimento, qualquer interação.

5.3.4. Comportamento Reológico Dinâmico

O comportamento reológico apresentado na forma de reogramas do amido de mandioca com e sem adição de gomas xantana (GX), carboximetilcelulose sódica (CMC) e carragena (CAR) determinados em um reômetro oscilatório estão apresentados nas Figuras 11, 12 e 13, respectivamente.

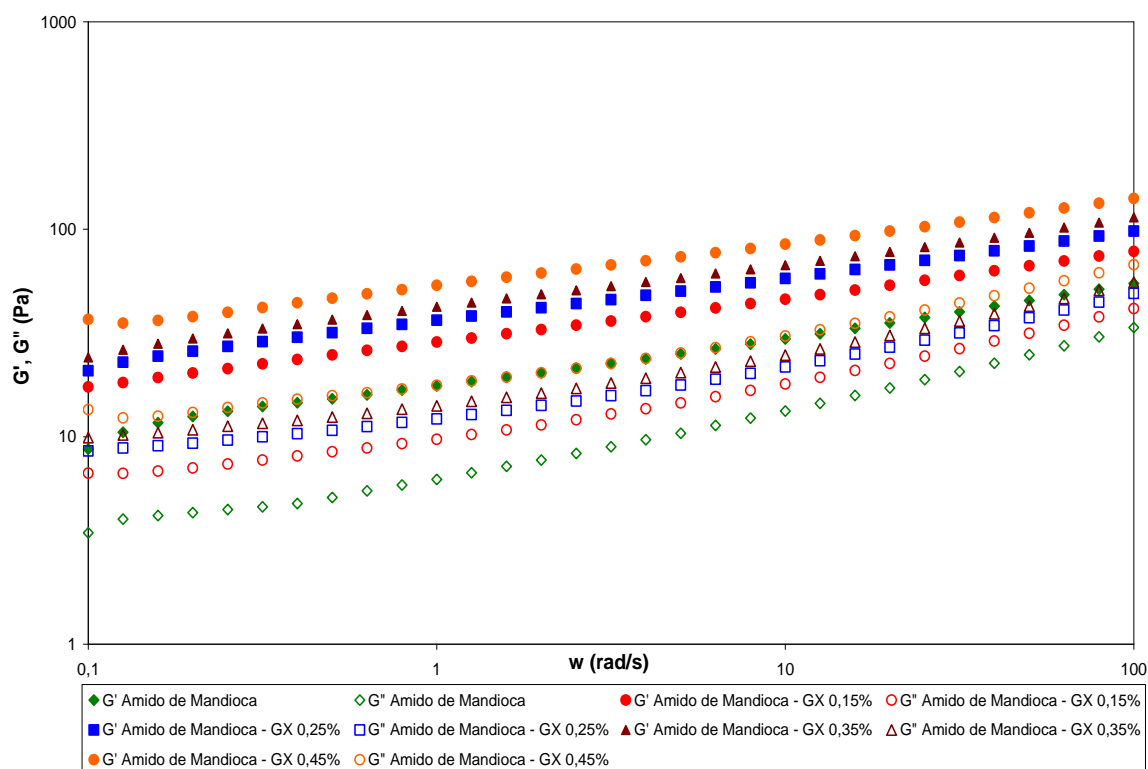


Figura 11: Comportamento reológico dinâmico de géis de amido de mandioca sem e com adição de sem e com adição de goma xantana (GX) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).

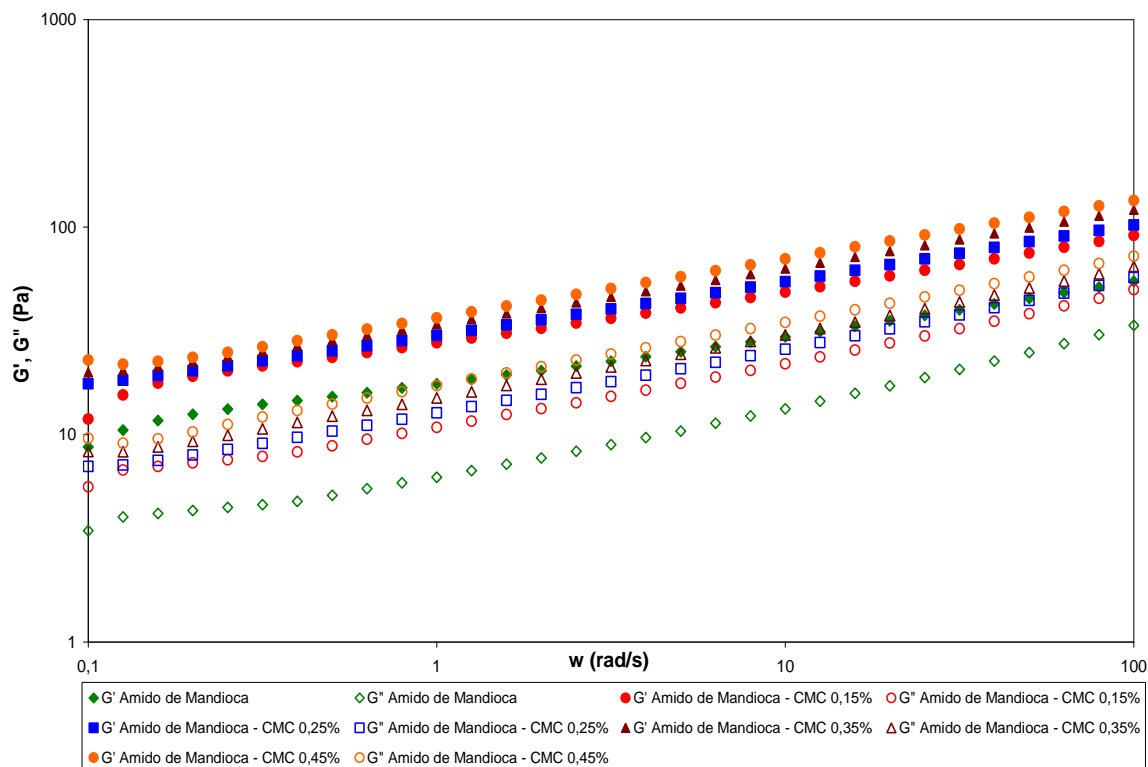


Figura 12: Comportamento reológico dinâmico de géis de amido de mandioca sem e com adição de sem e com adição de carboximetilcelulose sódica (CMC) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).

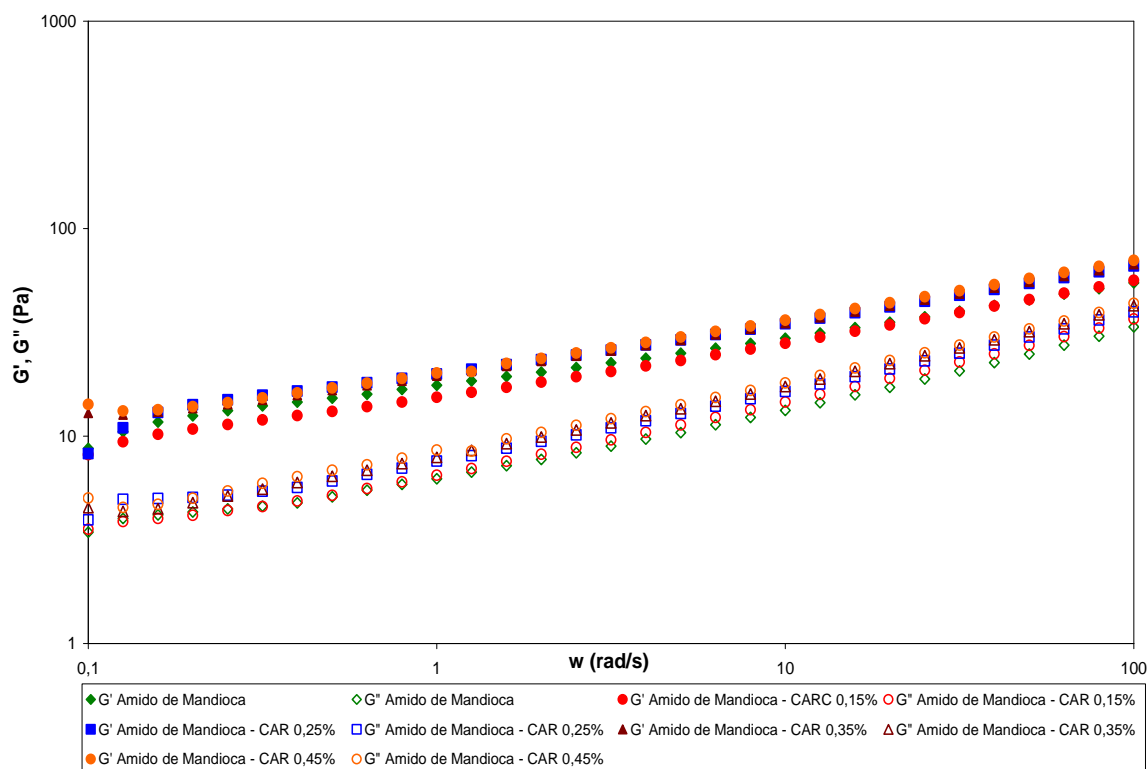


Figura 13: Comportamento reológico dinâmico de géis de amido de mandioca sem e com adição de sem e com adição de carragena (CAR) nas concentrações de 0,15, 0,25, 0,35 e 0,45% (p/v).

Os reogramas apresentados nas Figuras 11, 12 e 13 mostram que o módulo G' foi maior que o módulo G'' , que ambos foram dependentes da frequência e que os módulos G' e G'' (para um mesmo gel) não se interligaram ao longo do experimento onde a frequência variou de 0,1 a 100rad/s. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Chaisawang e Supphantharika (2006) e Kim e Yoo (2006). Segundo Clark e Ross Murphy (1987) e Chamberlain e Rao (2000) este comportamento permite classificar reologicamente os géis como géis fracos.

A adição das gomas GX e CMC aumentou os módulos G' e G'' dos géis de amido de mandioca, enquanto a CAR praticamente não os alterou, conforme mostra a Figuras 13. Os aumentos proporcionados pela adição das gomas GX e CMC variaram de 1,5 a 3,0 vezes em comparação ao gel de amido de mandioca nativo (controle) a medida em que a concentração das referidas gomas aumentou. Chaisawang e Supphantharika (2006), em seu trabalho, observaram que a adição de gomas guar e xantana (0,35%) ao amido de mandioca aumentou em cerca de 2 vezes os valores de G' dos géis do referido amido. Diferentemente das gomas GX e CMC, a CAR proporcionou pequeno aumento, de cerca de 1,3 vezes, nos valores de G' e G'' a partir da concentração de 0,25%.

Resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho também foram reportados por Ahmad e Willians (2001), Liu, Eskin e Cui (2006) e Kim e Yoo (2006), onde os valores de G' e G'' dos amidos aumentaram a medida em que foi aumentada a concentração de gomas.

O caráter sólido (G') dos géis de amido de mandioca e amido de mandioca interagidos com CAR nas concentrações de 0,35 e 0,45% foram semelhantes ao caráter líquido (G'') dos géis de amido de mandioca adicionados de GX e CMC nas mesmas concentrações, conforme ilustrado nas Figuras 11, 12 e 13. Este fato também foi observado por Chaisawang e Supphantharika (2006) quando avaliaram o efeito da adição de gomas xantana e guar na concentração de 0,35% ao amido de mandioca.

5.3.5. Morfologia dos Grânulos

O objetivo desta análise foi examinar a microestrutura dos grânulos de amido de mandioca embebidos em uma matriz de gomas (GX, CMC e CAR) usando a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). A temperatura de 63°C foi escolhida por ser a menor temperatura de pico de gelatinização obtida com as análises térmicas (DSC) e ser inferior à temperatura de pasta obtida com as análises de propriedades de pasta (RVA). Nesta temperatura existem grânulos íntegros, inchados e fragmentados com lixiviação de amilose.

Durante o inchamento do grânulo iniciam-se as mudanças em sua estrutura e estas mudanças estão relacionadas com a região da curva do DSC quando é formado o pico endotérmico. Esta fase é considerada como sendo o estágio onde as regiões amorfas incham pela absorção de água e começa a ocorrer o derretimento dos cristais, ou seja, dá-se início ao processo irreversível de inchamento (GALLANT; BOUCHET; BALDWIN, 1997).

A Figura 14 mostra as eletromicrografias obtidas em MEV dos grânulos de amido de mandioca com e sem adição de gomas. A partir desta figura observa-se a existência de grânulos íntegros, inchados e com lixiviação de amilose nas amostras de amido de mandioca com e sem adição de gomas.

Os grânulos de amido de mandioca (sem adição de gomas) foram visualizados de forma clara, sem nenhuma interferência provocada pela adição da solução de 2% de agarose, que foi utilizada nesta análise com o intuito de permitir a fixação das pastas, conforme apresentado na Figura 14(a). Nesta figura observa-se a existência de grânulos de amido de mandioca em que foram preservados sua forma íntegra e também agregados de amilose e amilopectina (AAA) lixiviados durante o processo inicial de gelatinização.

Na mistura amido de mandioca e GX, conforme apresentado na Figura 14(b), foi possível observar um entrelace/envolvimento (→) entre a goma e os grânulos de amido de mandioca íntegros e seus agregados de amilose e amilopectina (AAA). Este entrelace/envolvimento pode ser mantido devido a interações, possivelmente pontes de hidrogênio, entre os grupos hidroxila existentes nas estruturas químicas do amido e da goma xantana.

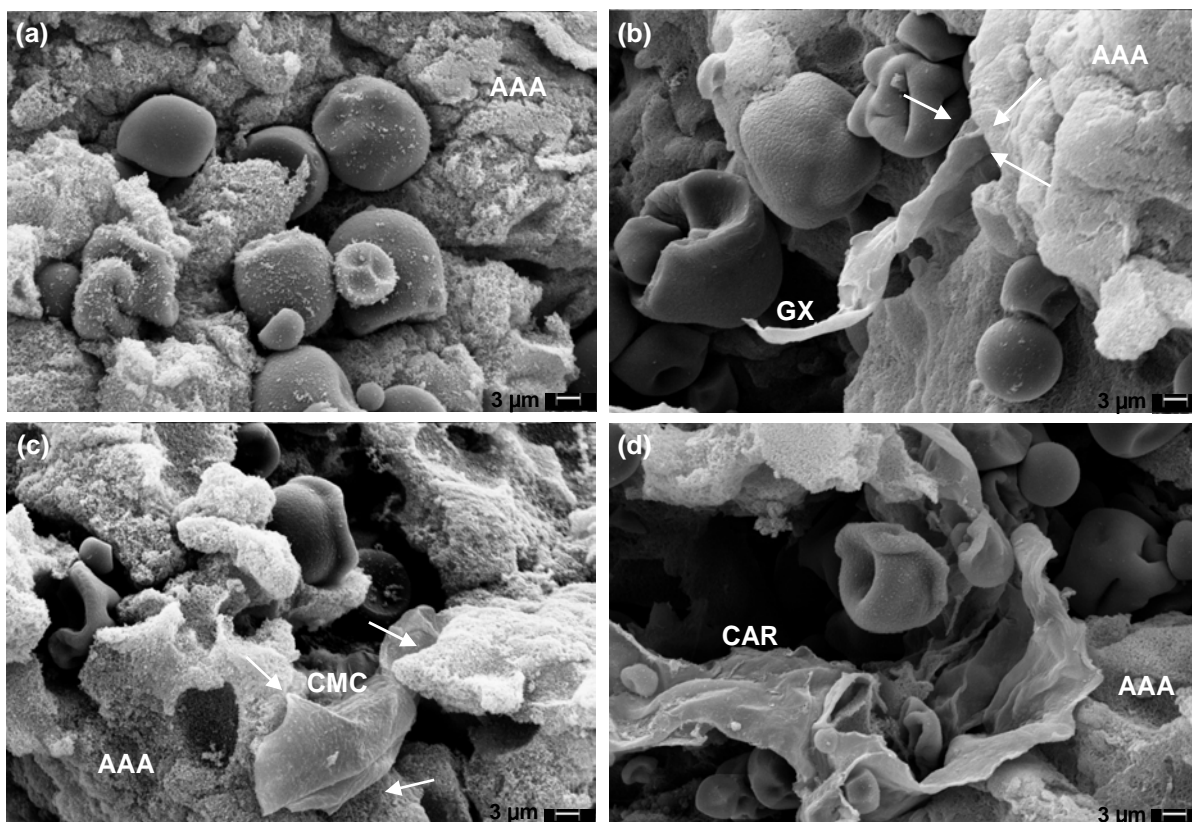


Figura 14: Eletromicrografias observados ao MEV (aumento de 1500 X) do amido de mandioca sem (a) e com adição de gomas: (b) goma xantana – GX; (c) carboximetilcelulose sódica – CMC; (d) carragena – CAR. AAA: Agregados de amilose e amilopectina. \longrightarrow : Entrelaces.

Já a Figura 14(c) mostra a mistura amido de mandioca e CMC. É possível observar a partir desta figura que também existe um certo entrelace/envolvimento (\longrightarrow) entre a goma e o amido, porém menor quando comparado a GX como apresentado na Figura 14(b). Neste caso, observa-se que a CMC apresenta-se de forma mais espessa e é possível visualizar também a existência de regiões onde a referida goma está parcialmente em contato com os grânulos de amido bem como com seus agregados de amilose e amilopectina (AAA).

A partir da Figura 14(d), é possível observar que a carragena não interage de forma alguma com os grânulos de amido de mandioca íntegros, bem como com seus agregados de amilose e amilopectina, apresentando-se apenas dispersa em um meio aquoso contendo amido de mandioca.

Em seu trabalho, Gallant, Bouchet e Baldwin (1997) reportaram que em estágios mais avançados do inchamento do amido de mandioca foi

observada a solubilização e lixiviação da amilose, que é parcialmente responsável pelo aumento da viscosidade na dispersão de amido.

Mandala, Palogou e Kostaropoulos (2002) avaliando a influência da preparação e condições de estocagem sobre a textura de misturas de amido de batata e goma xantana relataram que a goma xantana pode empacotar os grânulos de amido e formar uma rede ao redor desses grânulos, atuando como um agente de proteção física contra perda da integridade do grânulo na medida em que é aplicada uma força.

Chaisawang e Suphantharika (2006) relataram em seu trabalho que a maioria dos grânulos de amido de mandioca nativo foi envolvido por uma camada de goma xantana fortemente aderida a eles quando a referida goma foi adicionada na concentração de 0,35% a uma suspensão de amido de mandioca nativo (6,0%).

As eletromicrografias apresentadas na Figura 14 sustentam os resultados encontrados para as propriedades de pasta, térmica e poder de inchamento do amido de mandioca quando as gomas são adicionadas, em que a goma carragena (CAR) praticamente nada modifica em função da inexistência de interações entre a referida goma e o amido de mandioca. Já a goma xantana (GX) envolve praticamente por completo os grânulos de amido, possivelmente através da formação de pontes de hidrogênio, e este entrelace/envolvimento promove as modificações nas propriedades deste amido. A carboximetilcelulose sódica (CMC), por sua vez, aumenta drasticamente as viscosidades e o poder de inchamento do amido devido a sua grande capacidade de retenção de água, capacidade esta maior do que a das demais gomas, sendo esta maior retenção visualizada na Figura 14c onde a CMC apresenta-se de forma mais espessa quando comparada a CAR e GX.

5.4. BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA ADICIONADA DE HIDROCOLÓIDES

5.4.1. Caracterização físico-química da bebida láctea fermentada

Os resultados do tempo de fermentação, teores de sólidos totais (%), cinzas (%), gordura (%) e proteína (%) estão apresentados na Tabela 7. Os valores de pH e acidez (°Dornic) das bebidas lácteas fermentadas estão apresentados nas Figuras 15 e 16.

O tempo de fermentação variou de 215 a 270 minutos, considerado normal para este tipo de produto. Dave e Shah (1997) obtiveram de 230 a 600 minutos de fermentação utilizando culturas mistas compostas de *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* e *Bifidobacterium* na fabricação de iogurtes.

Tabela 7: Caracterização físico-química das bebidas lácteas fermentadas elaboradas com adição de amido de mandioca, gomas xantana, CMC e carragena e misturas de amido e gomas.

Experimentos	Tempo de Fermentação (min.)	Sólidos Totais (%)	Cinzas (%)	Gordura (%)	Proteína (%)
1 Amido	215	9,483±0,097 ^{ab}	0,607±0,009 ^{cd}	1,80±0,1 ^a	2,58±0,01 ^c
2 GX	247	9,257±0,130 ^{bc}	0,693±0,016 ^a	1,90±0,1 ^a	2,66±0,01 ^{bc}
3 CMC	250	8,972±0,124 ^c	0,623±0,001 ^c	1,80±0,1 ^a	2,62±0,03 ^c
4 CAR	210	9,140±0,138 ^{bc}	0,608±0,005 ^{cd}	1,90±0,0 ^a	2,63±0,06 ^c
5 AGX1	225	9,684±0,007 ^a	0,661±0,012 ^b	1,80±0,1 ^a	2,93±0,02 ^a
6 ACMC	270	9,498±0,007 ^{ab}	0,593±0,012 ^{de}	1,80±0,1 ^a	2,82±0,03 ^{ab}
7 ACAR	250	9,114±0,069 ^{bc}	0,627±0,004 ^c	1,80±0,1 ^a	2,94±0,05 ^a
8 AGX2	215	9,213±0,295 ^{bc}	0,587±0,001 ^e	1,90±0,1 ^a	2,41±0,03 ^d
9 AGX3	205	9,489±0,173 ^{ab}	0,601±0,014 ^{de}	1,80±0,0 ^a	2,39±0,01 ^d

Cada valor representa a média de 3 replicatas. GX – goma xantana; CMC – carboximetilcelulose; CAR – carragena; AGX – mistura de amido e goma xantana; ACMC – mistura de amido e CMC; ACAR – mistura de amido e carragena.

^{a, b, c, d, e} Valores seguidos de mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem significativamente entre si.

Apesar da diferença estatisticamente significativa nos teores de sólidos totais, cinzas e proteínas foram observadas apenas discretas variações nos resultados de cada componente.

As bebidas lácteas foram elaboradas utilizando leite em pó (60%) e concentrado protéico de soro – CPS 35% (40%), com ajuste do teor de sólidos para 9,0% e utilizando leite e soro de um mesmo lote. Após a elaboração das bebidas, os teores de sólidos totais variaram entre 8,972 a 9,498% (Tabela 7). Embora as bebidas tenham sido preparadas de forma a apresentar 9,0% de sólidos totais, preparadas sob o mesmo processamento, apresentaram variação entre si, provavelmente pelo aquecimento (85°C por 15 minutos) que resultou em maior ou menor concentração dos sólidos totais das bebidas lácteas. As variações observadas nos teores de cinzas e proteínas podem ser justificadas pelas diferenças observadas nos teores de sólidos totais.

O teor de sólidos totais de uma formulação de leites fermentados influencia na consistência do produto e na aceitabilidade do consumidor (TAMIME; ROBINSON, 1991).

Os teores de cinzas das bebidas lácteas fermentadas variaram entre 0,587 e 0,693% (Tabela 7). As cinzas de um alimento são os resíduos inorgânicos que permanecem após a queima da matéria orgânica, que são transformadas em CO₂, H₂O, NO₂. É constituída principalmente de grandes quantidades de K, Na, Ca e Mg, pequenas quantidades de Al, Fe, Cu, Mn e Zn e traços de I, F e outros elementos (CECCHI, 1999). As variações observadas entre algumas bebidas ocorreram em função das variações encontradas para os teores de sólidos totais, uma vez que as cinzas são juntamente com as gorduras e proteínas, os componentes sólidos de um alimento. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Thamer e Penna (2006) que avaliaram as características de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebióticos e obtiveram teores de cinzas variando de 0,53 a 0,61%, e por Cunha et al. (2008), que avaliaram as características físico-químicas, microbiológicas e reológicas de bebida láctea e leite fermentado adicionados de probióticos e encontraram teores de cinzas de 0,60 e 0,65%.

O teor de gordura das bebidas lácteas fermentadas variou de 1,80 a 1,90% (Tabela 7), sem diferença significativa entre os experimentos ($p > 0,05$). Rino (2004) obteve em bebidas lácteas fermentadas 1,50% de gordura

empregando volumes iguais de leite integral e soro, enquanto neste trabalho as bebidas foram elaboradas empregando-se leite em pó integral e concentrado protéico de soro (CPS 35%) na proporção de 60:40, respectivamente. Almeida, Bonassi e Roça (2001) elaborando uma bebida láctea fermentada com 40% de soro de queijo Minas frescal e empregando uma cultura tradicional obtiveram bebidas com teores médios de gordura de 1,83%, semelhantes aos obtidos nas bebidas lácteas experimentais.

As bebidas lácteas fermentadas apresentaram teores médios de proteína total entre 2,39 e 2,94% (Tabela 7), superiores ao mínimo estabelecido pela legislação brasileira vigente, que é de 1,2% (BRASIL, 2005).

Os valores de pH das bebidas lácteas fermentadas variaram de 4,42 a 4,66 (Figura 15). Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Almeida, Bonassi e Roça (2001) em bebidas lácteas elaboradas com a cultura YC-180, constituída de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. Os valores de pH mantiveram-se em torno de 4,6 (4,63, 4,56 e 4,61 para as bebidas lácteas elaboradas com soro de queijo Minas Frescal nas proporções de 30, 40 e 50%, respectivamente).

Na elaboração de derivados lácteos são empregadas culturas lácticas com a finalidade de, primeiramente, converter a lactose em ácido láctico promovendo uma redução do pH do meio, proporcionando desta forma as condições necessárias para a ocorrência de inúmeras reações bioquímicas. A produção de ácido láctico durante a elaboração de leites fermentados é muito importante, pois contribui para a desestabilização das micelas de caseína e conseqüentemente para a formação do gel, além de proporcionar o seu sabor ácido característico, podendo também acentuar o aroma do produto (MADUREIRA, 2004).

Os teores de acidez titulável variaram de 45,40 a 54,67° Dornic, conforme apresentado a Figura 16. De maneira geral, quanto maior a quantidade de ácidos produzidos na bebida durante o processo de fermentação, menor o valor de pH do produto. É importante ressaltar que o abaixamento de pH entre diferentes bebidas lácteas pode não ser acompanhado de aumentos significativos na acidez, uma vez que, o abaixamento do pH abaixo do ponto isoelétrico da caseína (pH 4,6) pode promover a formação de componentes nitrogenados

(básicos) os quais neutralizam o ácido láctico. Além disso, o teor de sólidos também afeta a acidez titulável, devido à ação tamponante dos outros constituintes, como proteínas, citratos, fosfatos e lactatos (TAMIME; DEETH, 1980; BRANDÃO, 1987; SOUZA, 1990). Este comportamento foi observado nas bebidas lácteas dos experimentos 5 e 6, que apresentaram os maiores teores de sólidos totais e os maiores teores de acidez. Resultados semelhantes foram obtidos por Wolfschoon-Pombo, Granzinoli e Fernandes (1983) em iogurtes elaborados com diferentes teores de sólidos totais, no quais o aumento de sólidos totais acompanhou o aumento da acidez titulável.

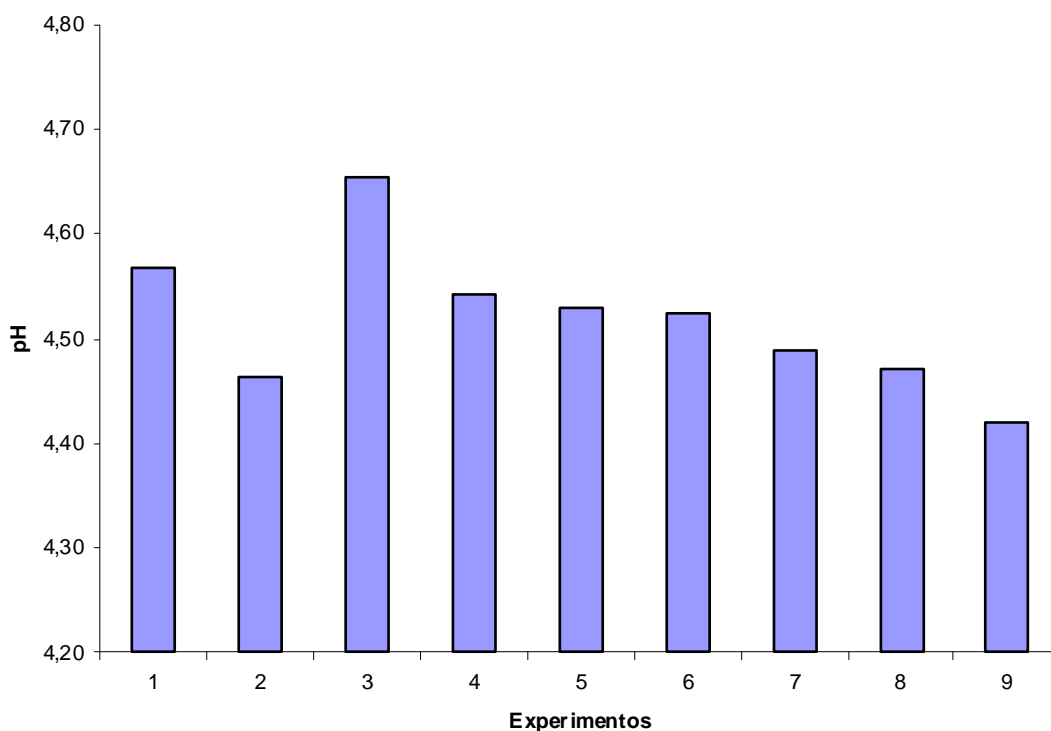


Figura 15: Valores médios de pH das bebidas lácteas fermentadas.

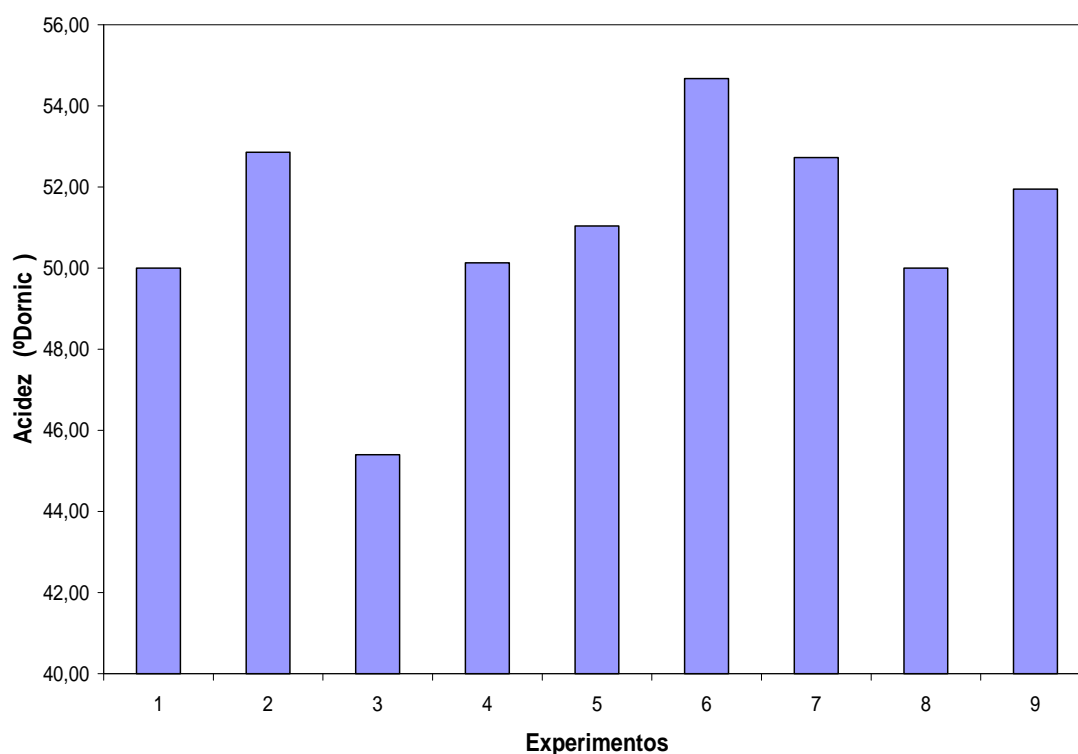


Figura 16: Valores médios de acidez titulável (°D) das bebidas lácteas fermentadas.

5.4.2. Comportamento Reológico

A Figura 17 mostra os reogramas das bebidas lácteas fermentadas com a relação entre a taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) e tensão de cisalhamento (τ). Observa-se que as bebidas elaboradas misturando-se amido e goma xantana (experimentos 5, 8 e 9) apresentaram comportamentos semelhantes entre si, porém diferente dos demais obtidos para as bebidas lácteas elaboradas com amido ou gomas isoladamente, ou misturas de amido - CMC e amido - carragena.

Nos experimentos 5, 8 e 9, na curva ascendente, observou-se uma redução inicial na tensão de cisalhamento à medida que foi aumentada a taxa de deformação, seguida por um posterior aumento gradual. Esta redução pode ser uma possível incompatibilidade entre o amido de mandioca e a goma xantana em leite, sugerindo a formação de uma solução pseudoternária composta por proteínas de leite - polissacarídeo - água (SYRBE; BAUER;

KLOSTERMEYER, 1998), uma vez que esta incompatibilidade não foi observada quando avaliada a mistura de amido de mandioca e goma xantana em solução aquosa. Nas demais bebidas lácteas, houve aumento gradual da tensão de cisalhamento à medida que foi aumentada a taxa de deformação.

Os parâmetros reológicos das bebidas lácteas fermentadas apresentados na Tabela 8 foram obtidos utilizando-se o modelo da Lei da Potência a partir de uma regressão não linear dos dados de taxa de deformação e tensão de cisalhamento. O modelo da Lei da Potência é o modelo que permite os ajustes mais simples, facilitando os cálculos de dimensionamento de tubulações e equipamentos, bem como para estimar os valores de viscosidade do produto.

Em função da mudança de comportamento das bebidas lácteas fermentadas elaboradas a partir de misturas de amido e goma xantana (experimentos 5, 8 e 9) quando submetidas ao cisalhamento contínuo, observou-se valores para o índice de comportamento do fluido (n) negativos, conforme apresentado na Tabela 9. Estes valores não apresentam significado físico, pois este índice pode variar de 0 a 1, porém nunca menor que zero. Desta forma, o modelo da Lei da Potência não permitiu avaliar a curva completa da relação entre o aumento da taxa de deformação e tensão de cisalhamento.

Em função dos valores negativos de n , não foi possível avaliar estatisticamente os parâmetros reológicos das bebidas lácteas adicionadas de amido e goma xantana juntamente com as demais, os quais estão apresentados na Tabela 8.

As moléculas de goma xantana adotam uma conformação helicoidal (simples ou dupla - hélice) e podem ser descritas como hastes rígidas, sem tendência para associar-se, comportando-se como um espessante. Elas conduzem para o comportamento pseudoplástico ou afinamento com o cisalhamento. Em baixas taxas de deformação, as hastes rígidas não podem girar livremente, as moléculas adaptam uma posição de equilíbrio, estabilizadas pelas baixas interações. Este modelo é relativamente estável até que a tensão de cisalhamento excede um certo valor, chamado tensão inicial de escoamento, depois da qual a solução escoar. Uma vez alcançada a tensão inicial, o aumento do cisalhamento irá produzir uma orientação das hastes induzindo a um decréscimo muito rápido da viscosidade, como o clássico comportamento pseudoplástico (SANOFI, s.d.).

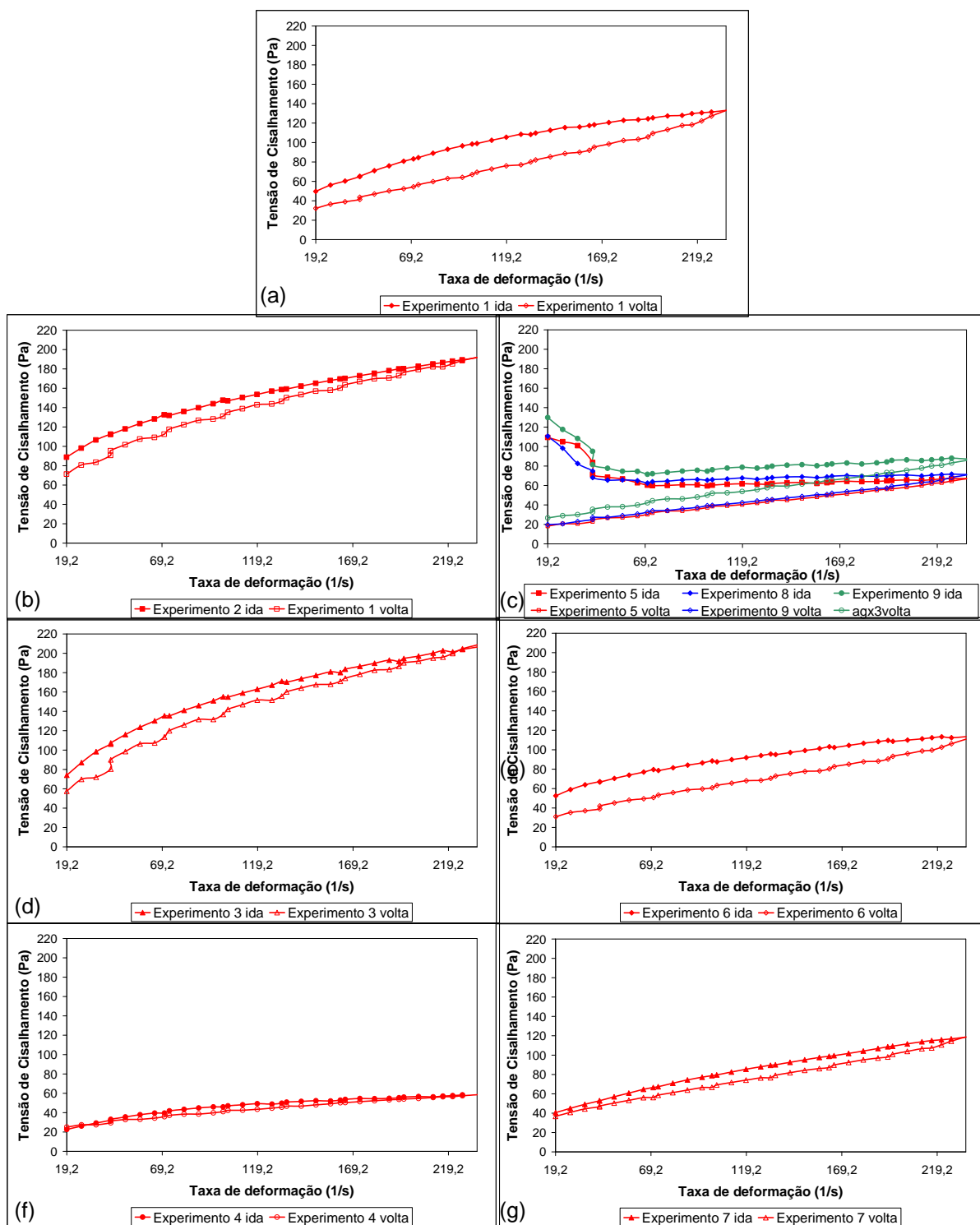


Figura 17: Reogramas das bebidas lácteas fermentadas elaboradas com: (a) amido de mandioca, (b) GX, (c) mistura de amido de mandioca e GX, (d) CMC, (e) mistura de amido de mandioca e CMC, (f) CAR, (g) mistura de amido de mandioca e CAR.

As soluções de goma xantana apresentam comportamento pseudoplástico, importante para liberação de odores voláteis, maciez e estética visual do produto (GLICKSMAN, 1982). Operações de bombeamento e enchimento são grandemente facilitadas pela pseudoplasticidade da goma xantana. Em alguns produtos enlatados, a goma é usada não somente com este propósito, mas também como substituto parcial do amido para dar mais rápida penetração de calor resultando em menor perda da qualidade do produto (SANDERSON, 1981).

A interação da carragena com o leite é devida à formação de um complexo eletrostático por meio da adsorção da κ e ι -carragenas na superfície da micela de caseína. A formação da rede é devida aos íons de cálcio presentes. Este envolvimento dos íons cálcio não pode ser ignorado uma vez que ao adicionar o cálcio complexante à carragena, esta reatividade com leite é reduzida e a força do gel é menor (SANOFI, s.d.).

A carragena tem sido usada pela sua geleificação, espessamento, estabilização, emulsificação e propriedades de suspensão. Devido à sua reatividade com certas proteínas, usam-se baixas concentrações (tipicamente 0,01 a 0,03%) em um grande número de produtos lácteos, como leite achocolatado, sorvetes, pudins e sucedâneos de queijo (DZIEZAK, 1991).

A propriedade que caracteriza fundamentalmente um fluido é que ele apresenta uma capacidade de deformação contínua quando submetido à ação de uma força tangencial (tensão de cisalhamento). Fluidos não Newtonianos são aqueles que não apresentam uma relação constante entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento. As bebidas lácteas fermentadas comportam-se como fluido não Newtoniano, do tipo pseudoplástico ($n < 1$) (Tabela 8 e Figura 17) em que a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de deformação. Além disso, os índices de consistência (K) foram maiores nas curvas ascendentes em comparação com as descendentes.

Tabela 8: Parâmetros reológicos das bebidas lácteas fermentadas elaboradas com adição de amido de mandioca, goma xantana, CMC, carragena e misturas de amido e gomas xantana, CMC e carragena.

Experimentos	Curva ascendente			Curva descendente		
	K (Pa.s ⁿ)	n	R ²	K (Pa.s ⁿ)	n	R ²
1 Amido	15,4811 ^{bc}	0,4059 ^{ab}	0,95 ^a	3,2461 ^d	0,6673 ^a	0,95 ^a
2 GX	35,2874 ^a	0,3088 ^b	0,95 ^a	19,9135 ^a	0,4125 ^d	0,95 ^a
3 CMC	26,0989 ^{ab}	0,3814 ^{ab}	0,95 ^a	13,8240 ^b	0,4963 ^c	0,95 ^a
4 CAR	9,7570 ^c	0,3433 ^{ab}	0,95 ^a	7,3927 ^c	0,3812 ^d	0,95 ^a
6 APMC	21,4298 ^b	0,3157 ^b	0,95 ^a	4,6094 ^{cd}	0,5661 ^b	0,95 ^a
7 ACAR	9,1138 ^c	0,4699 ^a	0,95 ^a	6,0139 ^{cd}	0,5331 ^{bc}	0,95 ^a

Cada valor representa a média de 3 replicatas. GX – goma xantana; CMC – carboximetilcelulose; CAR – carragena; AGX – mistura de amido e goma xantana; APMC – mistura de amido e CMC; ACAR – mistura de amido e carragena. K - índice de consistência; n - índice de comportamento do fluido.

a, b, c, d. Valores seguidos de mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem significativamente entre si.

Tabela 9: Parâmetros reológicos das bebidas lácteas fermentadas elaboradas com adição de misturas amido – goma xantana.

Experimentos	Curva ascendente			Curva descendente		
	K (Pa.s ⁿ)	n	R ²	K (Pa.s ⁿ)	n	R ²
5 AGX1	173,0157	-0,2031	0,95	2,3788	0,6011	0,95
8 AGX2	118,6463	-0,1117	0,95	2,6407	0,5890	0,95
9 AGX3	140,6759	-0,1114	0,95	4,3856	0,5341	0,95

Cada valor representa a média de 3 replicatas. AGX - mistura de amido e goma xantana, K - índice de consistência; n - índice de comportamento do fluido.

A diferença entre as curvas, com a formação de uma curva de histerese, é a medida da extensão de quebra estrutural causada pelo cisalhamento contínuo (Figura 17), quanto maior a área sob a curva, maior o efeito tixotrópico Holdsworth (1993). Observa-se que a maior histerese foi observada para a bebida láctea elaborada apenas com a adição de amido, e à medida em que foram adicionadas gomas xantana, CMC e carragena ao amido, a histerese foi reduzida.

A presença de tixotropia em iogurtes foi observada por Basak e Ramaswamy (1994) quando avaliaram simultaneamente a taxa de deformação e a dependência do tempo de iogurtes batidos e a influência da adição de pectina e polpa de morango, utilizando um viscosímetro rotacional.

Penna e Oliveira (1998b) avaliaram a reologia de quatro bebidas lácteas comerciais das marcas Danone, Yoplait, Nestlé e Paulista, usando-se um reômetro de cilindros concêntricos. Os parâmetros reológicos foram descritos pelos modelos de Ostwald - de Waele e de Herschel - Bulkley, nas temperaturas 5 e 25°C. As amostras apresentaram comportamento de fluido não Newtoniano, do tipo pseudoplástico, com presença de tensão inicial de escoamento e tixotropia, como resultado da quebra estrutural. As curvas ascendentes das amostras das bebidas lácteas das marcas Danone, Yoplait e Paulista foram melhor descritas pelo modelo de Herschel - Bulkley, enquanto a da marca Nestlé obedeceu o modelo de Ostwald - de Waele.

A reatividade das gomas com o leite é um importante critério na escolha de estabilizantes em sobremesas lácteas congeladas, emulsões de gorduras lácteas, sorvetes, leites achocolatados, leites fermentados, bebidas lácteas ou bases para novos produtos. A reatividade está presente quando a viscosidade é estatisticamente mais alta em leite do que em água, a iguais concentrações da goma. Penna e Oliveira (1997a), Penna e Oliveira (1997b) e Penna e Oliveira (1998a) avaliaram os parâmetros reológicos do leite adicionado de gomas carragena, guar e xantana. As soluções de carragena em leite apresentaram os mais elevados índices de consistência, seguidas pelas soluções de goma guar e xantana, caracterizadas por comportamento não Newtoniano, do tipo pseudoplástico. As soluções de carragena em soro apresentaram os maiores índices de consistência, seguidas pelas soluções de goma xantana e guar, e ainda, menos consistentes do que as soluções de goma em leite (PENNA, OLIVEIRA, 1997a).

5.4.3. Capacidade de Retenção de Água

A capacidade de retenção de água (CRA) das bebidas lácteas fermentadas variou de 19,54 a 33,70% (Figura 18). Estes valores são semelhantes aos observados para iogurtes adicionados de edulcorantes avaliados por Casarotti (2008), que obteve valores de CRA variando de 26,54 a 35,03%, de 28,27 a 34,90% e de 29,0 a 31,86%, após 1, 14 e 28 dias de fabricação, respectivamente. Entretanto, Moretti (2008) obteve maiores valores de capacidade de retenção de água em iogurtes adicionados de 0,5 a 2% concentrado protéico de soro, com variação de 34,55 a 43,77%.

Penna, Gurran e Barbosa - Canóvas (2007) obtiveram em iogurtes, cujo leite havia sido submetido a tratamento de alta pressão hidrostática, valores de capacidade de retenção de água variando de 25,59 a 32,87%, embora a estabilidade mecânica da rede protéica tenha sido testada sob forças da gravidade (15000 g) muito superiores às aquelas observadas em condições normais de estocagem.

Comparando-se os dados obtidos para a capacidade de retenção de água das bebidas lácteas adicionadas de hidrocolóides com os obtidos para iogurtes, observa-se que os hidrocolóides foram capazes de formar uma rede proteína – hidrocolóide - água nas bebidas lácteas semelhantes às aquelas observadas em iogurtes, que possuem teores de sólidos totais geralmente superiores a 14%.

A bebida láctea com menor capacidade de retenção de água foi a elaborada com adição de carragena. Este resultado pode estar relacionado com a concentração de estabilizante, uma vez que esta bebida foi a única a ser preparada com menor concentração de estabilizante (0,025%), quando comparada as demais, que utilizaram 0,3%. Esta baixa concentração empregada não foi suficiente para reter o soro adicionado para a fabricação da bebida.

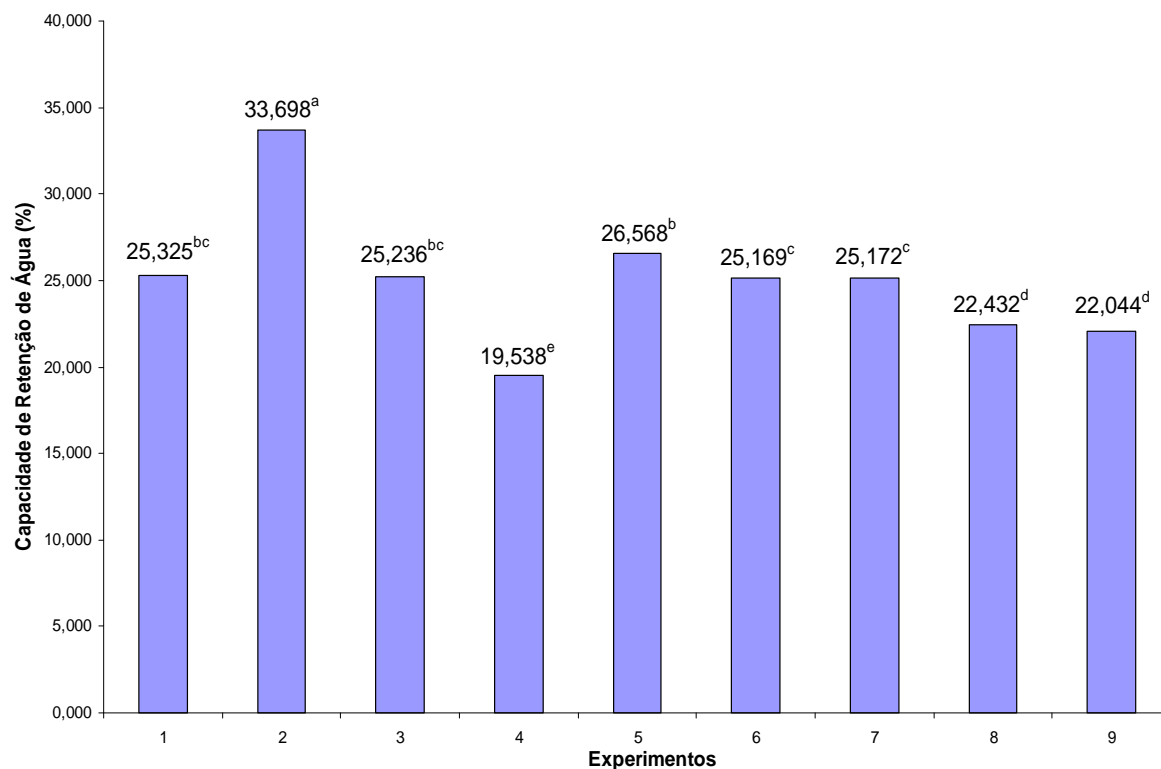


Figura 18: Valores médios de capacidade de retenção de água (%) das bebidas lácteas fermentadas.

Quando as gomas foram utilizadas isoladamente, a goma xantana resultou em maior capacidade de retenção de água, e dentre as misturas amido e gomas, a mistura com goma xantana também apresentou a maior capacidade de retenção de água quando comparada às misturas amido – CMC ou amido – carragena. Esta maior capacidade de retenção pode estar relacionada com uma possível interação das moléculas do amido de mandioca e da goma xantana por pontes de hidrogênio formando assim uma estrutura capaz de reter maior quantidade de água, conforme sugerido nas análises que avaliaram o efeito da adição das gomas ao amido de mandioca em solução aquosa.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

A adição de carragena praticamente não modifica as propriedades de pasta, térmica, de poder de inchamento e comportamento viscoelástico do amido de mandioca devido a inexistência de interações entre suas moléculas.

A goma xantana promove modificações nas propriedades de pasta (aumento da viscosidade de pico e diminuição na tendência a retrogradação), térmica (aumento da entalpia), poder de inchamento e comportamento viscoelástico (aumento dos módulos G' e G'') devido a formação de pontes de hidrogênio entre suas moléculas e os grânulos de amido.

A carboximetilcelulose sódica promove aumentos nas viscosidades de pico, poder de inchamento e nos módulos G' e G'' e não modifica a tendência a retrogradação do amido de mandioca, sugerindo que os aumentos relatados ocorram devido a sua grande capacidade de retenção de água e não a sua interação com o referido amido.

Os comportamentos reológicos das bebidas lácteas fermentadas elaboradas com amido, gomas isoladamente e misturas de amido – goma CMC ou carragena foram semelhantes entre si, porém distintos dos comportamentos reológicos das bebidas elaboradas a partir da mistura de amido e goma xantana.

A mistura amido - goma xantana, nas bebidas lácteas fermentadas, promoveu redução inicial na tensão de cisalhamento à medida que foi aumentada a taxa de deformação seguida por um posterior aumento gradual, sugerindo uma possível incompatibilidade entre o amido de mandioca, goma xantana e proteínas do leite.

Dentre as bebidas elaboradas com amido e gomas isoladamente, a que apresentou maior capacidade de retenção de água foi a elaborada com

goma xantana e dentre as misturas amido e gomas, a mistura com goma xantana também apresentou a maior capacidade de retenção de água devido a possíveis interações entre as moléculas do amido de mandioca e da goma xantana por pontes de hidrogênio formando assim uma estrutura capaz de reter maior quantidade de água.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC – AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9th ed. Saint Paul, 1995. v. 1 e 2.

ABDULMOLA, N. A.; HEMBER, M. W. N.; RICHARDSON, R. K.; MORRIS, E. R. Effect of xanthan on the small-deformation rheology of crosslinked and uncrosslinked waxy maize starch. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 31, n. 1/2, p. 65 – 78, 1996.

AHMAD, F. B.; WILLIAMS, P. A. Effect of galactomannans on the thermal and rheological properties of sago starch. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v. 49, n. 3, p. 1578 – 1586, 2001.

AHMED, G. A.; FAWZY, A.; HASSAN, R. M. Spectrophotometric evidence for the formation of short-lived hypomanganate (V) and manganate (VI) transient species during the oxidation of *K* – carrageenan by alkaline permanganate. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 342, n. 10, p. 1382 – 1386, 2007.

ALMEIDA, K. E.; BONASSI, I. A.; ROÇA, R. O. Características físicas e químicas de bebidas lácteas fermentadas e preparadas com soro de queijo minas frescal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 187 - 192, 2001.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Dairy Products. In: **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Arlington, 1997.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Dairy Products. In: **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Washington, 1995.

APLEVICZ, K. S. **Caracterização de produtos panificados à base de féculas de mandioca nativas e modificadas**. 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2006.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006.

BASAK, S., RAMASWAMY, H. S. Simultaneous evaluation of shear rate and time dependency of stirred yogurt rheology as influenced by added pectin and

strawberry concentrate. **Journal of Food Engineering**, New York, v. 21, n. 4, p. 385 - 393, 1994.

BILIADERIS, C. G.; ARVANITTOYANNIS, I.; IZYDORCZYK, M. S.; PROKOPOWICH, D. J. Effect of hydrocolloids on gelatinization and structure formation in concentrated waxy maize and wheat starch gels. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 49, n 7/8, p. 278 – 283, 1997.

BILIADERIS, C. G.; MAURICE, T. J.; VOSE, J. R. Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, n. 6, p. 1669 - 1674, 1980.

BRANDÃO, S. C. C. Tecnologia da Fabricação de logurte. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 42, n. 250, p. 3 - 8, 1987.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Agropecuária – Produção Agrícola**. Apresenta os dados estatísticos da produção agrícola no Brasil. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_2008_04_5.shtm>. Acesso em: 10 maio 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Regulamento da Agricultura e do Abastecimento, **Regulamento técnico de identidade e qualidade de bebidas lácteas**. DAS/SIPOA. Diário Oficial da União, Brasília nº16, p.7, 23 de agosto de 2005. Seção I. Disponível em: < <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=12792>>. Acesso em: 07 julho 2007.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Agropecuária – Produção Agrícola**. Apresenta os dados estatísticos da produção agrícola no Brasil. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa0220070_5.shtm>. Acesso em: 07 maio 2007.

CASAROTTI, S. N. **Efeito de edulcorantes sobre a viabilidade de bactérias ácido-láticas em leites fermentados probióticos**. 2008, 77f. (Exame Geral de Qualificação de Mestrado em Microbiologia. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. São José do Rio Preto.

CASE, R. A.; BRADLEY, JR.; WILLIAMS, R. R. Chemical and physical methods. In: American Public Health Association. **Standard Methods for the examination of dairy products**. 15 ed. p. 327-404, 1985.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**. Campinas: UNICAMP, 1999. 211p.

CHAISAWANG, M.; SUPHANTHARIKA, M. Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, n. 5, p. 641 – 649, 2006.

CHAISAWANG, M.; SUPHANTHARIKA, M. Effects of guar gum and xanthan gum additions on physical and rheological properties of cationic tapioca starch. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 61, n. 3, p. 288 - 295, 2005.

CHAMBERLAIN, E .K.; RAO, M. A. Effect of concentration on rheological properties of acid-hydrolyzed amylopectin solutions. **Food Hidrocolloids**, Oxford, v. 14, n. 2, p. 163 – 171, 2000.

CHRISTIANSON, D. D.; HODGE, J. E.; OSBORNE, D.; DETROY, R. W. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum and cellulose gum. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 58, p. 513 – 517, 1981.

CLARK, A. H.; ROSS - MURPHY, S. B. Structural and mechanical properties of biopolymer gels. **Advances in Polymer Science**, v. 83, p. 57 – 192, 1987. Apud: CHAISAWANG, M.; SUPHANTHARIKA, M. Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, n. 5, p. 641 – 649, 2006.

COGAN, T. M.; ACCOLAS, J. P. **Dairy starter cultures**. New York: Wiley – VCH Publishers, 1996. 277 p.

COTTRELL, I. W.; KANG, K. S.; KOVACS, P. Xanthan gum. In: DAVIDSON, R. (Ed.) **Handbook of water-soluble gums and resins**. New York: Mc Graw Hill, 1980, 24 p.

CUNHA, T. M.; CASTRO, F. P.; BARRETO, P. L. M.; BENEDET, H. D.; PRUDÊNCIO, E. S. Avaliação físico-química, microbiológica e reológica de bebida láctea e leite fermentado adicionados de probióticos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 103 - 116, 2008.

DAVE, R. I.; SHAH, N. P. Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made from commercial starter cultures. **International Dairy Journal**, Barking, v. 7, n. 1, p. 31 - 41, 1997b.

DOUBLIER, J. L.; GARNIER, C.; RENARD, D.; SANCHEZ, C. Protein-polysaccharide interactions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, v. 5, p. 202 - 214, 2000.

DZIEZAK, J.D. A focus on gums. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 3, p. 117 - 132, 1991.

ERNANDES, F. M. P. G.; GARCIA-CRUZ, C. H. Levana bacteriana: aspectos tecnológicos, características e produção. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 71 – 82, 2005.

FERNÁNDEZ, D.; GANZ, R. Carragena Kappa II: maior reatividade com as proteínas. **Leite & Derivados**, São Paulo, v. 16, n. 97, p. 64 – 66, 2007.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. Série: Culturas de tuberosas amiláceas latinoamericanas. São Paulo: Fundação Cargill, v. 1, 2001. 221 p.

FRANCO, A. P.; MERCÊ, A. L. R. Complexes of carboxymethylcellulose in water. 1: Cu^{2+} , VO^{2+} and Mo^{6+} . **Reactive & Functional Polymers**, New York, v. 66, n. 6, p. 667 – 681, 2006.

FUNAMI, T., HIROE, M.; NODA, S.; ASAI, I.; IKEDA, S.; NISHINARI, K. Influence of molecular structure imaged with atomic force microscopy on the rheological behavior of carrageenan aqueous systems in the presence or absence of cations. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 21, n. 4, p. 617 - 629, 2007.

FUNAMI, T.; KATAOKA, Y.; OMOTO, T.; GOTO, Y. ASAI, I.; NISHINARI, K. Food hydrocolloids control the gelatinization and retrogradation behavior of starch. 2a. Functions of guar gums with different molecular weights on the gelatinization behavior of corn starch. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 19, n. 1, p. 15 – 24, 2005.

FURLANETO, F. P. B.; KANTHACK, R. A. D.; BONISSONI, K. C. **O Agronegócio da Mandioca na Região Paulista do Médio Paranapanema**. 2006. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo, 2006. Disponível em: < <http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em: 07 maio 2007.

FURLANETO, F. P. B.; KANTHACK, R. A. D.; ESPERANCINI M. S. T. Análise econômica da cultura de mandioca no Médio Paranapanema, estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.37, n.10, p. 20 - 26, 2007.

GÉRARD, C.; COLONNA, P.; BULEON, A.; PLANCHOT, V. Order in maize mutant starches revealed by mild acid hydrolysis. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 48, n. 2, p.131 - 141, 2002.

GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; BALDWIN, P. M. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 32, n. 3/4, p.177 - 191, 1997.

GIAVASIS, I.; HARVEY, L. M.; MCNEIL, B. Gellan gum. **Critical Reviews in Biotechnology**, Boca Raton, v. 20, n. 3, p. 177 - 211, 2000.

GLIKSMAN, M. **Food hydrocolloids**. CRC Press, v. 1 e 2, 1982.

GLICKSMAN, M. **Gum technology in the food industry**. San Diego: Academic Press, 1969. 590p.

GONERA, A.; CORNILLON, P. Gelatinization of Starch/Gum/Sugar Systems Studied by using DSC, NMR, and CSLM. **Starch/Särke**, Weinheim, v. 54, n. 11, p. 508 – 516, 2002.

GRANATO, D.; TIMPONE, L. T.; BARCARO, P.; LIMA, R. A. Elaboração e aceitação sensorial de bebida láctea sabor abacate. **Leite & Derivados**, São Paulo, v. 15, n. 92, p. 88 – 93, 2006.

GUERREIRO, L. M. R. **Estudo reológico dos amidos de amaranto, de mandioca e mistura de ambos sob condições de acidez e tratamento térmico**. 2007. 252 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

HARTE, F.; LUEDECKE, L.; SWANSON, B.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Low – fat set Yogurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatic pressure and thermal processing. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 4, p. 1074 – 1082, 2003.

HANSEN, L. M.; HOSENEY, R. C.; FAUBION, J. M. Oscillatory rheometry of starch–water system: effect of starch concentration and temperature. **Cereal**

Chemistry, Saint Paul, v. 68, n., p. 347 – 351, 1991.

HOLDSWORTH, S.D. Rheological models used for the prediction of the flow properties of food products: a literature review. **Transactions of the Institute of Chemical Engineering**, London, v.71, part C, p.139 - 179, 1993.

IGOE, R. S. Hydrocolloid interactions useful in food systems. **Food Technology**, v. 36, n. 4 p. 72 – 74, 1982. Apud: LEE, M. H. et al. Freeze – thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 16, n. 4, p. 345 – 352, 2002.

IKEDA, S.; NISHINARI, K. “Weak gel” – type rheological properties of aqueous dispersions of nonaggregated K -carragenan helices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v. 49, n. 9, p. 4436 – 4441, 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Norme Internazionale: Riz – determination de la teneur en amylose**. S. I., 1987. 5 p. (ISO 6647).

JANE, J.; CHEN, Y. Y.; LEE, L. F.; MCPHERSON, A. E.; WONG, K. S.; RADOSAVLJEVIC, M.; KASEMSUWAN, T. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 5, p. 629 – 637, 1999.

JANSSON, E.; KENNE, L.; LINDBERG, B. Structure of the extracellular polysaccharide from *Xanthomonas campestris*. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 45, p. 275 – 282, 1975.

KASEMSUWAN, T.; JANE, J.; SCHNABLE, P.; ROBERTSON, D. Characterization of the dominant mutant amylose – extender (Ae1 5180) maize starch. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 72, n. 5, p. 457 – 464, 1995.

KAWAI, H.; ISOBE, Y.; KORIBE, M.; TOKUDA, J.; TOKUNO, I.; ENDO, K.; KAWAI, F. Production of a novel extracellular polysaccharide by a *Bacillus* strain isolated from soil. **Bioscience Biotechnology Biochemistry**, Tokyo, v. 56, n. 6, p. 853 – 857, 1992.

KEOGH, M.K., O’KENNEDY, B.T. Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids. **Journal of Food Science**, Chicago, v.63, n.1, p.108 - 112, 1998.

KIM, C.; YOO, B. Rheological properties of rice starch-xanthan gum mixtures. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 75, n. 1, p. 120 – 128, 2006.

LACERDA, L. G. **Uso de técnicas termoanalíticas na caracterização da hidrólise enzimática parcial de amidos de matérias-primas tropicais**. 2006. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

LAW, B. A. **Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk**. 2nd ed. London: Blackie Academic & Professional, p. 57 – 133, 1997.

LEE, M. H.; BAEK, M. H.; CHA, D. S.; PARK, H. J.; LIM, S. T. Freeze – thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 16, n. 4, p. 345 – 352, 2002.

LIU, H.; ESKIN, N. A. M.; CUI, S. W. Effects of yellow mustard mucilage on functional and rheological properties of buckwheat and pea starches. **Food Chemistry**, London, v. 95, n.1, p. 83 – 93, 2006.

MADUREIRA, F. C. P. **Desenvolvimento de uma bebida láctea funcional**. 2004. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2004.

MALI, S.; FERRERO, C.; REDIGONDA V.; BELEIA A.P.; GROSSMANN M.V.E.; ZARITZKY N.E. Influence of pH and hydrocolloids on yam (*Dioscorea alata*) starch pastes stability. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, Switzerland, v. 36, n. 5, p. 475 – 481, 2003.

MANDALA, I. G.; BAYAS, E. Xanthan effect on swelling, solubility and viscosity of wheat starch dispersions. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 18, n. 2, p. 191 – 201, 2004.

MANDALA, I. G.; PALOGO, E. D.; KOSTAROPOULOS, A. E. Influence of preparation and storage conditions on texture of xanthan – starch mixtures. **Journal of Food Engineering**, London, v. 53, n. 1, p. 27 – 38, 2002.

MOORTHY, S. N. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: A review. **Starch/Särke**, Weinheim, v. 54, n. 12, p. 559 – 592, 2002.

MORRISON, W. R.; LAIGNELET, B. An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and others starches. **Journal of Cereal Science**, London, v.1, n.1, p.9 - 20, 1983.

MORETTI, B. R. **Efeito da suplementação do leite com proteínas de diferentes fontes (soro de leite, soja e colágeno) e da composição da cultura láctica em iogurtes**. 2008, 52f. (Exame Geral de Qualificação de Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. São José do Rio Preto.

MUNHOZ, M. P.; WEBER, F. H.; CHANG, Y., K. Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 403 – 406, 2004.

NEWPORT SCIENTIFIC. **Applications Manual for the Rapid Visco Analyser**. Austrália: Instrument Support Group, 1998. 92 p.

NIKAEDO, P. H. L.; AMARAL, F. F.; PENNA, A. L. B. Caracterização tecnológica de sobremesas lácteas achocolatadas cremosas elaboradas com concentrado protéico de soro e misturas de gomas carragena e guar. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 397 – 404, 2004.

NITSCHKE, M; RODRIGUES, V.; SCHINATTO, L. F. Formulação de meios de cultivo à base de soro de leite para a produção de goma xantana por *X. campestris* C₇L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 82 – 85, 2001.

PARKER, R.; RING, S.G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, London, v. 34, n. 1, p. 1 - 17, 2001.

PENNA, A. L. B.; OLIVEIRA, M. N. Caracterização reológica de leite adicionado de carragena. **Revista Brasileira de Farmácia e Bioquímica**, São Paulo, v.33, supl.2, p.35, resumo P137, 1997a.

PENNA, A. L. B.; OLIVEIRA, M. N. Determinação dos parâmetros reológicos do leite adicionado de goma guar. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2. Campinas, 1997. **Anais**, Campinas: FEA/UNICAMP, 1997b. p.138 [Resumo 406].

PENNA, A .L .B.; OLIVEIRA, M. N. Avaliação reológica de solução de goma xantana em leite. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INGENIERIA DE ALIMENTOS, 2., Bahia Blanca, 1998a. [CD ROM].

PENNA, A. L. B.; OLIVEIRA, M. N. Reologia de bebidas lácteas comerciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., Rio de Janeiro, 1998. **Anais**, Rio de Janeiro, SBCTA, 1998b. v.3, p.1600-1603.

PENNA, A. L. B.; GURRAM, S.; BARBOSA - CÁNOVAS, G. V. Effect of milk treatment on acidification, physicochemical characteristics, and probiotic cell counts in low fat yogurt. **Milchwissenschaft**, Munique, v. 62, n. 1, p. 48-52, 2007.

RICKARD, J. E.; ASAOKA, M.; BLANSHARD, J. M. V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical Science**, London, v. 31, p. 189 – 207, 1991.

RINO, T. M. H. **Avaliação da vida de prateleira de uma bebida láctea fermentada**. 2004. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2004.

RODAS, M. A. B.; RODRIGUES, R. M. M. S.; SAKUMA, H.; TAVARES, L. Z.; SGARBI, C. S.; LOPES, W. C. C. Caracterização físico-química, histológica e viabilidade de bactérias lácticas em iogurtes com frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 304 – 309, 2001.

ROJAS, J. A.; ROSELL, C. M.; BARBER, B. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 13, n. 1, p. 27 – 33, 1999.

SAJEEV, M. S.; MOORTHY, S. N.; KAILAPPAN, R.; RANI, V. S. Gelatinisation characteristics of cassava starch settled in the presence of different chemicals. **Starch/Stärke**, Weinheim, n. 55, n. 5, p. 213 – 221, 2003.

SANDERSON, G.R. Polysaccharides in foods. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 7, p. 50 - 57, 83, 1981.

SANOFI Bio-Industries. **Hydrocolloids**. Paris, s.d., 73 p.

SHI, X.; BEMILLER, J. N. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 50, n. 1, p. 7 –

18, 2002.

SILVA, P. H. F.; PEREIRA, D. B. C.; OLIVEIRA, L. L.; COSTA JÚNIOR, L. C. G. **Físico – Química de Leite e Derivados: métodos analíticos**. Juiz de Fora: Templo Gráfica Ltda, p. 186 – 194, 1997.

SIMÃO REIS, J.; MIYAGI, E. S.; CHANDELIER, R. A.; BERGAMASCO, A. F.; LOBATO, V.; MOURA, C. J. Fabricação de derivados do leite como uma alternativa de renda ao produtor rural. **Boletim Agropecuário da Universidade Federal de Lavras**, Lavras, v. 49, p. 1 – 38, 2002.

SONG, J.Y.; KWON, J. Y.; CHOI, J.; KIM, Y. C.; SHIN, M. Pasting properties of non-waxy rice starch-hydrocolloid mixtures. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 58, n. 5, p. 223 – 230, 2006.

SOUZA, G. Fatores que controlam o corpo e textura de iogurtes comerciais. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 105 - 110, 1990.

STEPHEN, A. M. **Food polysaccharides and their applications**. New york: Marcel Dekker, p. 205 – 244, 1995.

SUDHAKAR, V.; SINGHAL, R.S.; KULKARNI, P.R. Starch - Galactomannan interactions: functionality and rheological aspects. **Food Chemistry**, London, v. 55, n. 3, p.259 - 264, 1996.

SUDHAKAR, V.; SINGHAL, R.S.; KULKARNI, P.R. Studies on starch-hydrocolloid interactions: effect of salts. **Food Chemistry**, London, v. 53, n. 4, p. 405 – 408, 1995.

SYRBE, A.; BAUER, W. J.; KLOSTERMEYER, H. Polymer science concepts in dairy systems – an overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. **International Dairy Journal**, Barking, v. 8, p. 179-193, 1998.

TAKO, M.; NAKAMURA, S. Rheological properties of Ca salt of xanthan in aqueous media. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v. 51, n. 11, p. 2919 – 2923, 1987.

TAMIME, A. Y.; DEETH, H. C. Yogurt: technology and biochemistry. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 43, n. 12, p. 939 - 971, 1980.

TAMIME, A. Y., ROBINSON, R. K. **Yogurt: Ciencia y Tecnologia**. Zaragoza: Acribia, 1991. 368 p.

TENSIRIPONG, T.; PONGSAWATMANIT, R.; IKEDA, S.; NISHINARI, K. Influence of xyloglucan on gelatinization and retrogradation of tapioca starch. **Food hydrocolloids**, Oxford, v. 19, n. 6, p. 1054 – 1063, 2005.

THAIUDOM, S.; GOFF, H.D. Effect of k-carragenan on milk protein polysaccharide mixtures. **International Dairy Journal**, Barking, v. 13, n. 9, p. 763 – 771, 2003.

THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebióticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 589 – 595, 2006.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. **Starches**. Saint Paul: Eagan Press, 1999. 94 p.

TORREZAN, R.; CRISTIANINI, M. Revisão: efeito do tratamento sob alta pressão sobre as propriedades funcionais da proteína de soja e interação proteína – polissacarídeos. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 23, n. 2, p. 201 - 220, 2005.

TSUNECHIRO, A.; COELHO, P. J.; CAER, D. V.; AMARAL, A. M. P.; MARTINS, V. A.; BUENO, C. R. F.; GHOBRI, C. N. Valor da produção agropecuária do estado de São Paulo em 2006. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 52 - 63, 2007.

UENO, T.; YOKOTA, S.; KITAOKA, T.; WARIISHI, H. Conformational changes in single carboxymethylcellulose chains on a highly oriented pyrolytic graphite surface under different salt conditions. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 342, n.7, p. 954 – 960, 2007.

VALENGA, F. **Estudos de interação entre galactomanana e alginato e possíveis aplicações**. 2007. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Bioquímica) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

VANDAMME, E. J.; BRUGGEMAN, G.; BAETS, S.; VANHOOREN, P. T. Useful Polymers of Microbial Origin. **Agro Food Industry Hi-Tech**, Paris, v. 7, n. 5, p. 21 - 25, 1996.

VERBEKEN, D.; BAEL, K.; THAS, O.; DEWETTINCK, K. Interactions between k – carrageenan, milk proteins and modified starch in sterilized dairy dessert.

International Dairy Journal, Barking, v. 16, n. 5, p. 482 – 488, 2006.

WEBER, F.H. **Interações físico-químicas entre amidos de milho e hidrocolóides (gomas guar e xantana) e seus efeitos nas propriedades funcionais**. 2005. 135f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

WHISTLER, R. L. Factors influencing gum costs and applications. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. (Eds.). **Industrial Gums**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, p. 5 – 18, 1973.

WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. **Industrial gums: polysaccharides and their derivatives**. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 1993. 642 p.

WHISTLER, R. L.; DANIEL, J. R. Carbohydrates In: FENEMA, O. R. (Ed.). **Food Chemistry**. 2nd. ed. New York: Marcel Dekker, p. 69 – 137, 1985.

WOLFSCHOON-POMBO, A. F., GRANZINOLLI, G. G. M., FERNANDES, R. M. Sólidos totais do leite, acidez, pH e viscosidade do iogurte. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 227, n. 37, p. 19 - 24, 1983.