



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E NUTRIÇÃO
ÁREA: BIOQUÍMICA E FISIOPATOLOGIA DA NUTRIÇÃO



ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE GELEIAS DE LARANJA DE BAIXO VALOR CALÓRICO

MICHELLE BARBOSA LIMA

OURO PRETO
2017

MICHELLE BARBOSA LIMA

ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE GELEIAS DE LARANJA DE BAIXO VALOR CALÓRICO

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Nutrição, como requisito para obtenção do título de Mestre em Saúde e Nutrição.

Área de Concentração: Bioquímica e
Fisiopatologia da Nutrição

Orientador: Prof. Dra. Patrícia Aparecida
Pimenta Pereira

OURO PRETO

2017

L732e

Lima, Michelle Barbosa .

Elaboração e avaliação de geléias de laranja de baixo valor calórico
[manuscrito] / Michelle Barbosa Lima. - 2017.

164f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientadora: Prof^a. MSc^a. Patrícia Aparecida Pimenta Pereira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Nutrição. Departamento de Nutrição . Programa de Pós-Graduação em Saúde e
Nutrição .

Área de Concentração: Saúde e Nutrição.

1. Geléia - Teses. 2. Pectina - Teses. 3. Goma guar - Teses. I. Pereira,
Patrícia Aparecida Pimenta. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 613.2



UFOP
Universidade Federal
de Ouro Preto



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Escola de Nutrição – ENUT
Programa de Pós-Graduação em Saúde e Nutrição



ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos quatro dias do mês de agosto de dois mil e dezessete, às nove horas, no Auditório da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, realizou-se a Defesa da Dissertação de Mestrado da aluna **Michelle Barbosa Lima**. A Banca Examinadora, definida anteriormente, foi composta pelos professores Sônia Maria de Figueiredo (UFOP), Sidney Augusto Vieira Filho (UFOP) e Patrícia Aparecida Pimenta Pereira (UFOP). Dando início ao exame, a aluna apresentou sua Dissertação de Mestrado intitulada: “**Elaboração e avaliação de geleias de laranja de baixo valor calórico**”. Após a apresentação, a candidata foi arguida pela Banca que avaliou o domínio do conteúdo metodológico e teórico relacionado à dissertação. Após julgamento, os membros da Banca decidiram por:



APROVAR



REPROVAR

Prof. Sidney Augusto Vieira Filho (UFOP),
Examinador Externo.

Profa. Sônia Maria de Figueiredo (UFOP),
Examinadora Interna.

Profa. Patrícia Aparecida Pimenta Pereira (UFOP),
Orientador.

Michelle Barbosa Lima,
Mestranda.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me iluminado nesta caminhada.

À minha família, meus filhos João Gabriel Lima Braga e Maria Isabel Lima de Oliveira! Que são um presente da vida! Meus amores!!!

Agradeço à minha mãe Maria da Guia Lima e meu pai José Maria Lima pelo apoio e por me possibilitar traçar este caminho. Serei eternamente grata.

Ao Deivison Otávio de Oliveira pelo apoio nas horas fáceis e difíceis em todos os momentos. Gostaria, como forma de agradecimento, de compartilhar esta conquista com você!

Aos meus irmãos Rafael Barbosa Lima e Gabriel Barbosa Lima pelo apoio nesta conquista!

À Judith Gomes de Oliveira aproveito para agradecer todo o incentivo e apoio.

Aos familiares que de uma forma ou de outra me incentivaram e que torceram por mim.

Ao professor Orlando David e aos integrantes do laboratório Multiusuário da Escola de Farmácia UFOP pelo auxílio prestado na parte experimental.

Agradeço à professora Patrícia Aparecida Pimenta Pereira pelos ensinamentos!!!

Ao meu amigo Reginaldo Monteiro que participou desta caminhada comigo.

À professora Kelly e as plantas piloto de Produtos Amiláceos e de Produtos Carneos e de Base Lipídica por todo auxílio prestado.

À minhas amigas Camila Ramos e Miliane Fagundes por todos os momentos que passamos, especialmente pela amizade!

À amiga Michele Vieira no laboratório de Microbiologia de Alimentos UFOP meu agradecimento pela ajuda e apoio.

Agradeço à Fapemig pelo apoio financeiro (EDITAL 01/2014 - DEMANDA UNIVERSAL, PROCESSO N.: CAG - APQ-02047-14) e a Nutramax pela doação dos edulcorantes.

À minha querida República Quarto Crescente!!!!!!

À UFOP, ENUT, PPGSN e aos professores do programa pela oportunidade e por todo aprendizado.

MUITO OBRIGADA!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura química da sacarose e da sucralose.....	22
Figura 2 – Estrutura química do acessulfame-k	23
Figura 3 – Estruturas químicas das pectinas de alto e baixo teor de metoxilação.....	26
Figura 4 – Mecanismo da formação de gel com pectina BTM.....	27
Figura 5 – Estrutura química da goma guar.....	29
Figura 6 – Estrutura química da kappa, iota e lambda carragena.....	32
Figura 7 – Estrutura química da polidextrose.....	36
Figura 8 – Estrutura química do sorbato de potássio.....	39
Figura 9 – Estrutura da Vitamina C.....	41
Figura 10 – Estrutura básica dos flavonóides.....	43
Figura 11 – Classificação do comportamento reológico de fluídos	46
Figura 12 – Representação gráfica de fluidos newtonianos	47
Figura 13 – Curvas típicas de fluidos com comportamento reológico dependente do tempo.....	48
Figura 14 – Curvas de escoamento típicas de fluidos independentes do tempo.....	49
Figura 15 – Gráfico de contorno relativa ao parâmetro de cor L das geleias de laranja de baixo valor calórico.....	83
Figura 16 – Gráfico de contorno (a) índice de consistência (b) Superfície de contorno índice de fluxo das geleias de laranja de baixo valor calórico.....	89

Figura 17 – Gráfico de contorno (a) acidez (b) açúcares totais das geleias de laranja de baixo valor calórico.....**107**

Figura 18 – Gráfico de contorno para os atributos sensoriais (a) cor, (b) aparência, (c) sabor, (d) consistência, (e) doçura, (f) impressão global, (g) ideal de doçura, (h) ideal de consistência das geleias de laranja de baixo valor calórico.....**126**

Figura 19 – Mapa de preferência de três vias (PARAFAC)**131**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química do suco de laranja da variedade Pêra.....	18
Tabela 2 – Planejamento experimental simplex-lattice das análises físicas das diferentes formulações de geleias de laranja de baixo valor calórico.....	80
Tabela 3 – Modelo predito para os parâmetros L das geleias de laranja de baixo valor calórico.....	83
Tabela 4 – Avaliação dos parâmetros de cor a e b das diferentes formulações de geleias de laranja de baixo valor calórico.....	85
Tabela 5 – Avaliação dos parâmetros k e n da análise reológica das diferentes formulações de geleias de laranja de baixo valor calórico.....	87
Tabela 6 – Modelo predito para os parâmetros k e n das geleias de laranja de baixo valor calórico.....	88
Tabela 7 – Modelos preditos para acidez e açúcares totais das geleias de laranja de baixo valor calórico.....	107
Tabela 8 – Valores médios da umidade (%) das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico	109
Tabela 9 – Modelos preditos para atributos sensoriais (cor, aparência, sabor, consistência, doçura, impressão global, ideal de doçura, ideal de consistência das geleias de laranja de baixo valor calórico.....	124
Tabela 10 – Valores médios dos compostos bioativos vitamina C e compostos fenólicos totais.....	148
Tabela 11 – Valores médios da atividade antioxidante das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico e do suco de laranja segundo o método do DPPH, ABTS e sistema β -caroteno/ácido linoléico.....	153

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

BTM: Baixo teor de metoxilação

ATM: Alto teor de metoxilação

DPPH: 2,2 Difenil-1-picril-hidrazil

ABTS: 2,20-azinobis (3-etil-benzotiazolina-6-sulfonato)

%: porcentagem

EC₅₀: Equivalência de controle mediana

ATT: Acidez total titulável

ABS: absorbância

AGE: Equivalente de ácido Gálico

Anvisa: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

L*: luminosidade

a*: gama de cor do verde ao vermelho

b*: gama de cor do azul ao amarelo

AA: Ácido L-ascórbico

AOAC: Associação Oficial de Química Analítica

k: Índice de consistência (Pa.sⁿ)

n: Índice de comportamento do escoamento (adimensional)

FDA: Food and Drugs Administration

TACO: Tabela de Composição de Alimentos (UNICAMP)

USDA: Nutrient Database for Standard Reference

RDC: Resolução da Diretoria Colegiada - ANVISA

UHT: Ultra-High Temperature (ultrapasteurização)

rpm: Rotação por minuto

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO GERAL	14
2 - OBJETIVOS	16
2.1- Objetivo geral	16
2.2- Objetivos específicos	16
3 – EMBASAMENTO TEÓRICO	17
3.1- Laranja (<i>Citrus sinensis</i> L. Osbeck, var. Pêra-rio).....	17
3.2- Geleias de frutas	19
3.3- Aditivos utilizados em produtos com redução e/ou exclusão de açúcares	20
3.3.1- Edulcorantes	20
3.3.1.1- Sucralose	21
3.3.1.2- Acesulfame-K	23
3.3.2- Hidrocolóides	24
3.3.2.1- Pectina	25
3.3.2.2- Goma guar	28
3.3.2.3- Goma carragena	31
3.3.3 Interação entre Hidrocolóides.....	34
3.3.4 Agentes de Corpo	35
3.3.4.1 Polidextrose.....	36
3.3.5 – Agentes conservantes	38
3.3.5.1 – Sorbato de potássio.....	38
3.4 - Compostos bioativos	39
3.4.1.1 - Ácido Ascórbico (Vitamina C).....	41
3.4.1.2 - Compostos Fenólicos.....	42
3.5 – Reologia	44
3.5.1 - Classificação reológica dos fluidos	45
3.5.1.1 - Fluidos newtonianos.....	46
3.5.1.2 - Fluidos não newtonianos.....	47
3.5.2 - Modelo Lei da Potência.....	51
4. REFERÊNCIAS.....	52

CAPÍTULO 2	73
EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE AGENTES GELIFICANTES NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE GELEIAS DE LARANJA DE BAIXO VALOR CALÓRICO.....	73
CAPÍTULO 3	99
EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE AGENTES GELIFICANTES NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GELEIAS DE LARANJA DE BAIXO VALOR CALÓRICO	99
CAPÍTULO 4	116
EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE AGENTES GELIFICANTES NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE GELEIAS DE LARANJA DE BAIXO VALOR CALÓRICO	116
CAPÍTULO 5	137
ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS VITAMINA C E FENÓLICOS TOTAIS E REDUÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM GELEIAS DE BAIXO VALOR CALÓRICO E SUCO DE LARANJA.....	137
6 - CONCLUSÕES FINAIS.....	157
7 - PERSPECTIVAS.....	158

RESUMO

A indústria de alimentos é constantemente desafiada a reformular alimentos tradicionais em alimentos mais saudáveis e com baixos teores de açúcar e gordura, tornando-os tão saborosos ou melhores do que o original, uma vez que o excesso de calorias e consequente indução a obesidade, é frequentemente citada como um problema de saúde. Dessa forma, este estudo objetivou a elaboração de geleias de laranja de baixo valor calórico com diferentes porcentagens de agentes gelificantes (pectina de baixo teor de metoxilação, gomas guar e carragena) e avaliação das características físicas, físico-químicas, sensoriais e antioxidantes das geleias. Para tanto a elaboração das geleias de laranja de baixo valor calórico, foram adicionados agentes gelificantes (pectina de baixo teor de metoxilação, gomas guar e carragena) em diferentes proporções de acordo com o delineamento experimental. Utilizou-se o planejamento estatístico "simplex-lattice" para avaliar o efeito sinérgico e estabilidade dos agentes gelificantes. Foram elaboradas 12 formulações e armazenadas em potes de vidro transparente. As geleias foram preparadas em processo de batelada e avaliadas quanto as características físicas, reológicas, físico-químicas e sensorial. Para a avaliação dos resultados foram utilizadas análises estatísticas. Foi verificado que a interação entre os agentes gelificantes influencia as características físicas, físico-químicas, sensoriais e antioxidantes das geleias de laranja de baixo valor calórico. Para as características físicas das geleias, foi constatado que concentrações menores que 75% de goma guar e menores que 75% de carragena, e concentrações maiores que 75% de pectina BTM resulta em uma geleia de baixo valor calórico com menos sinérese, textura frágil, falta de transparência e perda de coloração. No que se refere à acidez, a geleia com concentrações tendendo a equivalência dos três agentes apresentou-se menos ácida. Em relação aos valores de açúcares totais a formulação de geleia com concentrações acima de 25 % de carragena, obteve os menores valores. Quanto à aceitabilidade, as formulações adicionadas apenas de pectina BTM apresentaram melhores respostas. Para os compostos bioativos (vitamina C e fenólicos totais) e atividade antioxidante, podemos sugerir que as diferentes concentrações dos

agentes gelificantes (pectina BTM, goma guar e carragena) causaram uma menor degradação dos compostos bioativos e atividade antioxidante, preservando melhor os componentes nutricionais.

Palavras chave: geleia, pectina BTM, goma guar, carragena, efeito sinérgico.

ABSTRACT

The food industry is constantly challenged to reshape traditional foods into healthier foods with low sugar and fat content, making them just as tasty or better than the original, since excess calories and consequent obesity induction are often cited as a health problem. The objective of this study was to prepare low-calorie orange jellies with different percentages of gelling agents (low methoxylation pectin, guar gums and carrageenan) and to evaluate the physical, physical-chemical, sensory and antioxidant characteristics of jellies. For the preparation of the low calorie orange jellies, gelling agents (low methoxylation pectin, guar gums and carrageenan) were added in different proportions according to the experimental design. Statistical planning "simplex-lattice" was used to evaluate the synergistic effect and stability of the gelling agents. Twelve formulations were prepared and stored in clear glass jars. The jellies were prepared in a batch process and evaluated for physical, rheological, physico-chemical and sensorial characteristics. Statistical analyzes were used to evaluate the results. It was verified that the interaction between the gelling agents influences the physical, physico-chemical, sensorial and antioxidant characteristics of low-calorie orange jellies. For the physical characteristics of the jellies, it was found that concentrations less than 75% guar gum and less than 75% carrageenan, and concentrations higher than 75% pectin BTM results in a low calorie jelly with less syneresis, brittle texture, lack of transparency and loss of color. With regard to acidity, the jelly with concentrations tending to the equivalence of the three agents was less acidic. Regarding the values of total sugars, the formulation of jelly with concentrations above 25% of carrageenan obtained the lowest values. Regarding the acceptability, the formulations added only of pectin BTM presented better answers. For the bioactive compounds (vitamin C and total phenolics) and antioxidant activity, we can suggest that the different concentrations of gelling agents (BTM pectin, guar gum and carrageenan) caused less degradation of the bioactive compounds and antioxidant activity, preserving the nutritional components better.

CAPÍTULO 1

ELABORAÇÃO DE GELEIA DE LARANJA DE BAIXO VALOR CALÓRICO

1 – INTRODUÇÃO GERAL

A indústria de alimentos está sendo desafiada a redesenhar alimentos tradicionais em alimentos mais saudáveis e com baixos teores de açúcar e gordura, tornando-os tão saborosos ou melhores do que o original, uma vez que o excesso de calorias e conseqüentemente a obesidade, é frequentemente citada como um grave problema de saúde (RONDA et al., 2005).

Os órgãos internacionais de saúde tais como OMS, advertem sobre a necessidade de haver a redução do consumo de açúcares. Conseqüentemente surgiu a preocupação de como harmonizar o prazer da doçura com a manutenção da saúde (CAMPOS, 1995).

Nas últimas décadas o consumidor percebeu na alimentação saudável uma forma de manter a boa saúde. Alimentos com menos calorias e gordura saturada e a exigência dos consumidores por produtos com alta qualidade revela a necessidade da utilização de tecnologias que propiciem segurança microbiológica e aumento de sua validade comercial, com o mínimo de alteração (CHOW, 2000; HOFFMAN, 2008).

O suco de laranja é um alimento singular devido ao alto conteúdo de vitamina C e quantidades apreciáveis de outros nutrientes essenciais, como carotenóides, folato e potássio. Sendo assim considerado um alimento saudável. As frutas cítricas, incluindo o suco de laranja, são fontes dos flavonóides hesperidina e naringenina, que protegem contra o câncer e a aterosclerose (JAYAPRAKASHA; GIRENNAVAR; PATIL, 2008).

A modernização do processamento industrial ou doméstico, torna os alimentos mais atraentes ao paladar e aumentam sua vida útil. No entanto, levam a perdas expressivas, comprometendo a qualidade nutricional do produto final (REDY & LOVE, 1999; BENASSI & ANTUNES, 2002). Neste contexto, as geleias constituem uma importante alternativa para o processamento, aproveitamento e consumo de frutas.

As geleias tradicionais são obtidas utilizando em sua formulação as pectinas com alto teor de metoxilação (ATM), que geleificam somente na presença de elevado teor de sólidos solúveis provenientes da adição de grande quantidade de açúcar. As geleias destinadas a dietas de restrição calórica são

formuladas por meio do uso de pectinas de baixo teor de metoxilação (BTM), que possuem a propriedade de formar gel em meios com baixa concentração de sólidos solúveis e em presença de íons bivalentes tais como K^+ , Ca^{+2} (CAMPOS; CÂNDIDO, 1994).

Produtos como as geleias de baixo valor calórico que contém reduzido teor de sólidos solúveis, são suscetíveis à sinérese, possuem textura frágil, falta de limpidez e perda em coloração e sabor (VENDRAMEL et al. 1997; VELDE et al. 2003). Sofrem o risco de contaminação por fungos e leveduras o que reduz sua vida de prateleira. Torna-se necessário realizar pesquisas com gomas (hidrocolóides) apropriadas para verificar as características reológicas e amenizar os problemas inerentes à redução de sólidos nesses produtos (FRYER et al., 1996; VENDRAMEL et al., 1997). Em relação ao sabor doce, os edulcorantes são utilizados no desenvolvimento de produtos com reduzido teor ou ausência de açúcar. São substâncias orgânicas, não glicídicas, que conferem sabor doce resultando em valor mínimo ou ausência de calorias. Destacam-se entre os edulcorantes permitidos para uso em produtos alimentícios no Brasil, a sucralose e o acessulfame-k (BRASIL, 2001).

2 - OBJETIVOS

2.1- Objetivo geral

Elaborar e avaliar geleias de laranja de baixo valor calórico.

2.2- Objetivos específicos

- Elaborar geleias de laranja com baixo valor calórico, substituindo parcialmente o açúcar por edulcorantes, repondo o corpo pela adição de povidexose;
- Avaliar o efeito sinérgico dos agentes gelificantes (pectina de baixo valor de metoxilação, goma guar e goma carragena) em geleias de laranja de baixo valor calórico quantos as suas características físicas, físico-químicas e sensoriais;
- Analisar os parâmetros reológicos a partir do modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência);
- Avaliar a degradação de compostos bioativos durante o processamento das geleias.

3 – EMBASAMENTO TEÓRICO

3.1- Laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pêra-rio)

A laranja é o fruto produzido pela laranjeira (*Citrus sinensis*), uma árvore pertencente à família *Rutaceae*, gênero *Citrus*, espécie *sinensis*. A laranja é um fruto híbrido, criado na antiguidade a partir do cruzamento do pomelo (*Citrus máxima*) com a tangerina (*Citrus reticulata*) (MATTOS JÚNIOR et al., 2005).

Aproximadamente 69 milhões de toneladas de laranja foram produzidas mundialmente em 2012, e destas 26 % foram provenientes do Brasil, o maior produtor mundial (FAO, 2014).

Segundo Andrade (2012) a laranja é a principal fruta produzida no Brasil, com 18,1 milhões de toneladas saídas dos pomares em 2010, e responde por 42,9 % do volume total da Fruticultura, um acréscimo na produção em 2,7 % em relação a 2009. O estado de São Paulo é o principal produtor, com 13,9 milhões de toneladas, cuja participação representa 76,6 % do volume.

A maior parte da laranja produzida no país, em torno de 85 %, é destinada à indústria e 15 % da produção são voltados para o consumo *in natura* (NEVES et al., 2010; DEPEC, 2015).

O Brasil também é líder mundial na produção e exportação de suco laranja. O país detém mais da metade da produção mundial e exporta 98 % do suco de laranja produzido (DEPEC, 2015).

A variedade Pêra também chamada de Pêra Rio é a mais cultivada no Brasil, e destaca-se por ter o sabor suave e ser produzida durante todo o ano. Os frutos têm forma ovalada e peso médio de 145 g; a casca de cor alaranjada, com suco abundante, correspondente a 50-55 % de peso do fruto, apresentando de 8 a 12 °Brix de sólidos solúveis, pH em torno de 3,8 e acidez média de 0,95 % de ácido cítrico e valores de *ratio* de 12,5 (FIGUEIREDO, 1991; NEGRI, 1999; LANDANIYA, 2008).

A relação entre o teor de sólidos solúveis (°Brix) e o teor de ácidos totais (% de ácido cítrico), chamado de *ratio*, é o índice utilizado para determinar o estágio de maturação, determinando o balanço entre o sabor doce e ácido. Os

citros são considerados maduros quando o seu *ratio* tiver atingido limites mínimos para a palatabilidade (LADANIYA, 2008). De acordo com Sartori et al. (2002) considera-se como maduros e adequados para o consumo, frutos que apresentam *ratio* entre 8,8 a 15,4.

As frutas e os sucos cítricos possuem grandes quantidades de vitaminas, minerais, carotenoides e flavonoides, que têm sido associados a benefícios à saúde humana (SANCHEZ-MORENO et al., 2003b; MARTI et al., 2009).

Na Tabela 1 está a composição química do suco de laranja da variedade Pêra.

Tabela 1 – Composição química do suco de laranja da variedade Pêra

Composição Química	Valor por 100g	
	TACO	USDA
Água (g)	91,3	88,3
Calorias (Kcal)	33,0	45
Proteínas (g)	0,7	0,7
Lipídios (g)	0,1	-
Carboidratos (g)	7,6	10,4
Fibra total dietética (g)	-	0,2
Cálcio, Ca (mg)	7,0	11
Magnésio, Mg (mg)	8,0	11
Manganês (mg)	0,03	-
Fósforo, P (mg)	14	17
Potássio, K (mg)	149	200
Vitamina C (ácido ascórbico total) (mg)	73,3	50
Folato total (mcg)	-	30

FONTE: TACO, 2011; USDA (*Nutrient Database for Standard Reference*), 2005

Desta forma a composição do suco de laranja contém majoritariamente água, açúcares, sais minerais e ácidos orgânicos (QUEIROZ & MENEZES, 2005), e uma série de potentes antioxidantes como vitamina C, flavonóides e carotenóides, sendo considerado um alimento fonte desses fitoquímicos

(FRANKE et al., 2005). No estudo de Belajová e Suhaj (2004), sobre a determinação de constituintes fenólicos em sucos de citrus usando o método de cromatografia líquida de alta eficiência, foi verificado que as flavanonas naringina, hesperidina e neohesperidina foram identificadas em 100 % dos sucos de citrus. Já no estudo de Jayaprakasha e Patil (2007), os dados obtidos na avaliação *in vitro* das atividades antioxidantes em extratos de fruta de limão e laranja-sangue estabeleceram claramente a atividade antioxidante dos extratos de cítricos. Estes trabalhos evidenciam, assim, a importância do consumo de frutas cítricas uma vez que são fontes de compostos fenólicos e de antioxidantes.

Muito vem sendo investigado sobre os compostos bioativos presentes no suco de laranja e o seu potencial antioxidante (SÁNCHEZ-MORENO et al., 2003a; XU et al., 2008; KELEBEK et al., 2009; VELÁZQUEZ-ESTRADA et al., 2013; ESCOBEDO-AVELLANEDA et al., 2014), e para isso tem sido cada vez mais frequente a determinação desse potencial baseada em vários ensaios como ABTS, DPPH, FRAP e ORAC (FIORE et al., 2005; ZULUETA et al., 2009; FLOEGEL et al., 2011; BARROS et al., 2012; BARRECA et al., 2013), para uma melhor compreensão dos princípios dos antioxidantes da amostra.

3.2- Geleias de frutas

A Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005, da ANVISA, define produtos de frutas como produtos a partir de fruta(s), inteiras(s) ou em parte (s) e ou semente (s), obtidos por secagem e ou desidratação e ou laminação e ou cocção e ou fermentação e ou concentração e ou congelamento e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos. Podem ser apresentados com ou sem líquido de cobertura e adicionados de açúcar, sal, tempero, especiaria e ou outro ingrediente desde que não descaracterize o produto” (BRASIL, 2005).

Para o processamento de geleia é importante que sejam utilizadas frutas íntegras, livre de danos, limpas e isentas de matéria terrosa, de parasitas, de detritos, de animais ou vegetais e de fermentação. Poderá ser adicionado de glicose ou açúcar invertido, mas não deve conter substâncias estranhas à sua

composição normal. Deve ser isento de pedúnculos mas pode conter fragmentos da fruta. É tolerada a adição de acidulantes e de pectina para compensar qualquer deficiência do conteúdo natural desses componentes na fruta, não sendo permitido que seja colorida e aromatizada artificialmente (BRASIL, 2005).

A principal função da pectina na geleia é promover a formação do gel. O processo de formação do gel varia de acordo com o grau de metoxilação (FENNEMA, 2010).

As pectinas de alta metoxilação apresentam 50% ou mais dos seus grupos carboxílicos metilados, enquanto as de baixa metoxilação possuem menos de 50% destes grupos esterificados (SIGUEMOTO, 1993).

Geralmente, as pectinas de alto teor de metoxilação (ATM) formam géis em condições ácidas, na presença de altos níveis de sólidos solúveis, tais como açúcares, enquanto as pectinas de baixo teor de metoxilação (BTM) estão associadas à gelificação dependente de cátions divalentes, geralmente cálcio, e em pH alto (FRAEYE et. al., 2010; VIDECOQ, et.al., 2011; NGOUÉMAZONG et. al., 2012b).

A quantidade de pectina para formar o gel depende muito da qualidade da mesma, e, geralmente, 1 % é suficiente para produzir uma geleia com boa consistência (JACKIX, 1988).

As geleias em geral apresentam conteúdo de sólidos solúveis (°Brix) em torno de 65 % para geleias convencionais, e em torno de 47- 49 °Brix para geleias de baixo valor calórico; o valor de pH entre 3 e 4; e acidez total entre 0,3 a 0,6 % (em ácido cítrico) (GAVA, 1988).

3.3- Aditivos utilizados em produtos com redução e/ou exclusão de açúcares

3.3.1- Edulcorantes

São substâncias quimicamente diferentes dos açúcares que conferem sabor doce aos alimentos, mas quando adicionada a um alimento propicia uma redução calórica em relação à sacarose (BRASIL, 1997).

A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária aprovou a RDC nº 18, de 24 de março de 2008, que delimita valores máximos para o uso de aditivos edulcorantes em alimentos. Segundo a RDC em questão, os edulcorantes permitidos para uso no Brasil são: manitol, isomaltiol, maltitol, esteviosídeos, lactitol, xilitol e eritritol, classificados como naturais, e acessulfame de potássio (acessulfame K), aspartame, ciclamato de sódio, sacarina, sucralose, taumatina, neotame, classificados como artificiais (BRASIL, 2008a).

Para serem utilizados em alimentos, os edulcorantes devem ter propriedades funcionais e sensoriais semelhantes às do açúcar; devem ser fisiologicamente inertes e aceitáveis sensorialmente; auxiliar na manutenção ou redução do peso corpóreo, bem como no controle de diabetes; controle de cáries dentárias e devem ser comercialmente viáveis (MALIK, JEYARANI, RAGHAVAN, 2002).

Um edulcorante tecnologicamente adequado possui boa solubilidade em água; é mais doce que a sacarose; resiste ao aquecimento, inclusive à pasteurização e ultra pasteurização; é estável em pH entre 3 e 7; e o mais importante, não apresentar sabor residual (*after taste*) (BOBBIO, 1992).

No desenvolvimento da maioria dos produtos com reduzido teor ou ausência de açúcar, faz-se uso de edulcorantes como a sucralose e o acessulfame-k, por caracterizarem-se como substâncias não glicídicas e serem capazes de conferir sabor doce, com um mínimo ou ausência de calorias. A toxicidade dos edulcorantes, principalmente artificiais, está relacionada com a presença de impurezas provenientes da extração ou das reações químicas envolvidas em sua obtenção, estando sempre relacionado aos limites da IDA (Ingestão Diária Aceitável), determinada, dentre outros, a partir de testes para carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade (MONEGO et al., 1994; CHIM, 2004).

3.3.1.1- Sucralose

A sucralose (1,6-dicloro-1,6-dideoxi β -D-frutofuranosil, 4cloro-4-deoxi- α -D-galactopiranosídeo) é um edulcorante artificial, obtido a partir da cloração da

sacarose, definida como uma reação química, obtida pela cloração seletiva das hidroxilas da sacarose (Figura 1) (BOSCOLO, 2003). Possui poder de doçura cerca de 600 vezes maior que o da sacarose, e tem demonstrado vantagens em relação aos demais edulcorantes para uso em produtos alimentícios, pois apresenta sabor muito semelhante ao da sacarose, sem deixar residual desagradável, além de ser obtida por processo industrial relativamente simples. Uma das características mais marcantes da sucralose é sua notável estabilidade, tanto a altas temperaturas quanto em grandes variações de pH (NACHTIGALL, ZAMBIAZI; CARVALHO, 2004).

Apesar de ser produzida a partir da sacarose, o organismo humano não a reconhece como tal, não é metabolizada e por isso não apresenta calorias. A sucralose não sai do trato gastrointestinal sendo excretada diretamente pelas fezes. No intestino são absorvidos 11-27% da sucralose, sendo que esta quantidade é posteriormente eliminada na urina (Knight, 1994). A sucralose apresenta um sabor semelhante ao da sacarose, não tendo nenhum final de boca desagradável, e por isso pode ser utilizada numa grande variedade de alimentos. Apesar desta semelhança, a sucralose não estimula a formação de cáries dentárias (BOWEN; YOUNG; PEARSON, 1990).

Seu uso é frequente como adoçante de mesa e em formulações secas, como refresco e sobremesas instantâneas, devido ao fato de ser estável ao armazenamento, às variações de temperatura e compatível com muitas substâncias que compõem os alimentos (ARAÚJO, 2007).

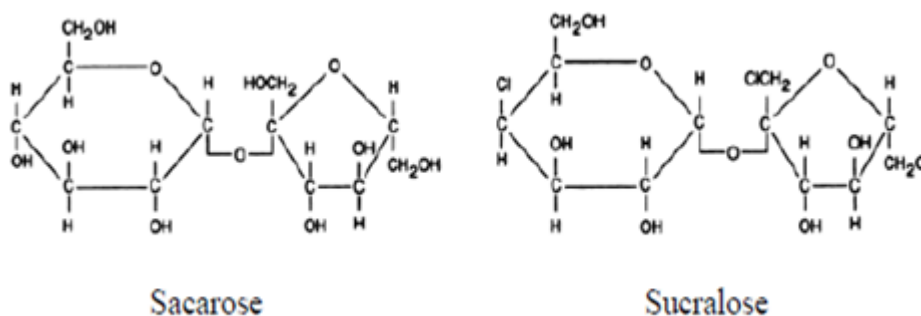


Figura 1: Estrutura química da sacarose e da sucralose

FONTE: GRICE & GOLDSMITH, 2000.

Possui vantagens de não ser higroscópica, não cariogênica, ter alto poder de doçura, não calórica, ter alta solubilidade e alta estabilidade ao armazenamento e temperatura (WALLIS, 1993).

Essa substância foi aprovada em 1999 pela *Food and Drug Administration* (FDA) para uso em alimentos e bebidas dietéticas, além de mais de 80 países. No Brasil é permitido desde 2001, pela RDC nº 3, de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

De acordo com a RDC nº 18 de março de 2008, que dispõe sobre o Regulamento Técnico que autoriza o uso de aditivos edulcorantes em alimentos, com seus respectivos limites máximos, a sucralose deve ser adicionada em alimentos somente até o limite máximo de 0,04/100 g (BRASIL, 2008a).

3.3.1.2- Acessulfame-K

O acessulfame-K (6-metil-2,2-dioxo-oxatiazin-4-olato de potássio) é um pó cristalino, branco e não higroscópico. O seu poder adoçante é cerca de 200 vezes superior ao da sacarose (Figura 2). Normalmente, considera-se que seu poder edulcorante equivale à metade do poder da sacarina, e similar ao do aspartame e de quatro a cinco vezes maior que o do ciclamato. O seu gosto é percebido rapidamente e não deixa gosto residual. Em soluções aquosas com altas concentrações deste adoçante, um gosto amargo pode ser percebido (PINHEIRO et al., 2005).

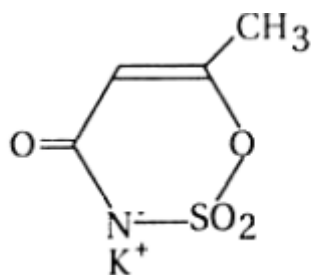


Figura 2: Estrutura química do Acessulfame-k

FONTE: CÂNDIDO &CAMPOS, 1996.

A estabilidade em solução depende do pH e da temperatura. É altamente estável em solução na faixa de pH de 3 ao neutro. Não é afetado por processos como pasteurização, esterilização convencional, e processos *UHT*. Não é higroscópico e rapidamente solúvel em água (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996).

De acordo com a RDC nº 18 de março de 2008 o acessulfame-k deve ser adicionado em alimentos somente até o limite máximo de 0,035/100 g (BRASIL, 2008a).

3.3.2- Hidrocolóides

O termo goma (também denominado hidrocolóide) é utilizado para designar os polissacarídeos com a propriedade de reter moléculas de água, formando soluções coloidais e controlando desse modo a atividade de água de um sistema, além de conferir ao alimento uma textura mais firme, ou seja, atuam no alimento para que o mesmo adquira a consistência de um gel (MOREIRA; CHENLO; TORRES, 2011).

As gomas possuem ampla aplicação como agentes espessantes, gelificante e estabilizantes. São obtidas a partir de extratos de algas marinhas (alginatos, ágar, carragenas), extratos de sementes (locusta, guar), exsudatos vegetais (arábica), microrganismos (xantana, gelana) e a partir de celulose e pectina (SANDERSON, 1981).

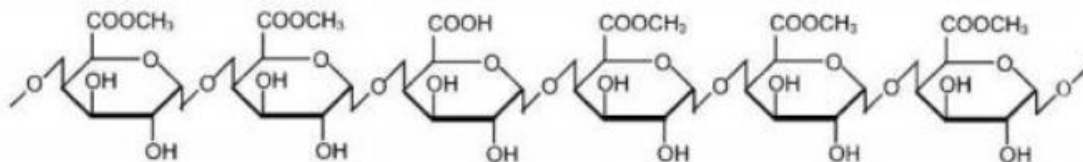
Os hidrocolóides exercem papel importante para a saúde humana (GLICKSMAN, 1991). Hidrocolóides, como, carragena e goma guar, funcionam fisiologicamente como fibra solúvel, sendo bastante eficazes na redução do nível de colesterol sanguíneo (BRENNAN et al., 1996).

Dentre os mais conhecidos na elaboração de produtos alimentícios, cita-se a goma guar, goma carragena, goma gelana, pectina e a carboximetilcelulose. A goma xantana e a goma locusta são consideradas agentes gelificantes, pois sob certas condições formam géis (WILLIAMS, 2007; MOREIRA; CHENLO; TORRES, 2011).

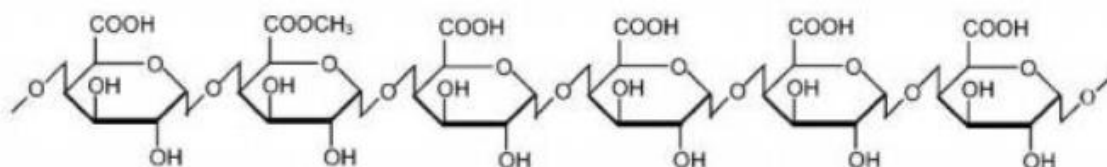
3.3.2.1- Pectina

A pectina é um polissacarídeo hidrossolúvel heterogêneo, linear e aniônico, composto por α -1,4 D-ácido galacturônico e α -1,2 L-ramnose, com cadeias laterais de D-galactose e L-arabinose (CABELLO et al., 2015). São encontradas na parede celular primária e nas camadas intercelulares de plantas terrestres. Elas estão associadas à celulose, hemiceluloses e lignina (ASPINALL, 1970; PTITCHKINA et al., 1994) e são mais abundantes em frutos e em tecidos jovens, tais como cascas de frutas cítricas (30 %), dentre as quais o limão é a fonte mais abundante (ASPINALL, 1970; AXELOS et. al., 1989). É um ingrediente de alto valor funcional, amplamente utilizado como um agente gelificante e estabilizante na indústria de alimentos na produção de doces e geleias, sucos e produtos de confeitaria (WILLATS; KNOX; MIKKELSEN 2006).

A característica principal que define as propriedades da pectina como agente gelificante é o teor de metoxilação (GM) (NGOUÉMAZONG et. al., 2012b). Com base no teor de metoxilação da pectina obtém-se géis com características diferentes. A pectina ATM (Figura 3) é utilizada para produção de geleias convencionais e forma géis firmes e estáveis em meios com conteúdo de sólidos solúveis superior a 55 % e um pH na faixa de 2,8 a 3,5. Valores maiores de pH resultam em géis moles, menores (até pH = 2,0) em géis muito duros e em valores muito baixos de pH (menor que 2,0) a pectina é hidrolisada. Já a pectina BTM (Figura 3) forma géis estáveis na ausência de açúcares, mas requerem a presença de íons bivalentes, como o cálcio, o qual provoca a formação de ligações cruzadas entre as moléculas. Esse tipo de gel é adequado para produtos de baixa caloria ou dietéticos sem adição de açúcar. É menos sensível ao pH que a ATM, formando géis na faixa de pH 2,5 a 6,5. Apesar dessa pectina não necessitar da adição de açúcar como a ATM para formar gel, a adição de 10 a 20 g/100 g de sacarose resulta em um gel com textura mais adequada, ou seja, diminui os problemas inerentes à formação da estrutura do gel (WONG, 1995; RIBEIRO e SERAVALLI, 2004).



Pectina de alto teor de metoxilação



Pectina de baixo teor de metoxilação

Figura 3: Estrutura química das pectinas de alto e baixo teor de metoxilação.
 FONTE: THARANATHAN, 2003.

Na elaboração de geleias tradicionais, a geleificação ocorre devido a presença de ingredientes específicos e em condições especiais. A adição de açúcar afeta o equilíbrio pectina/água, desestabilizando conglomerados de pectina e formando uma rede de fibras que compõe o gel, cuja estrutura é capaz de suportar líquidos. A densidade e a continuidade desta rede são afetadas pelo teor de pectina, e a rigidez da estrutura é alterada pela concentração de açúcar e acidez. Quanto maior a concentração de açúcar menor será a quantidade de água que a estrutura suportará (JACKIX, 1988).

A pectina com maior número de grupos metoxila possui a propriedade de formar gel numa relação proporcional de açúcar e acidez. A presença de açúcar promove a agregação dos polímeros, devido à quebra das barreiras das moléculas de água que circundam os polímeros. O baixo pH induz a protonação e grupos carboxílicos, resultando no decréscimo da repulsão eletrostática formando uma rede tridimensional amorfa e sólida. Esta rede é

formada devido às interações hidrofóbicas e ligações de pontes de hidrogênio (SOLER, 1991; BOBBIO & BOBBIO, 2001; BARRERA et al., 2002).

As pectinas de baixo teor de metoxilação formam géis de modo diferenciado das pectinas de alta metoxilação. A formação do gel se baseia na ligação iônica assegurada por íons metálicos bivalentes (Figura 4) (FENNEMA, 2010).

A estrutura tridimensional do gel da BTM envolve sequências de dois ácidos galacturônicos dispostos paralelamente, formando complexos entre íons Ca^{+2} e carboxilas livres, entrelaçando-as, estando suplementadas por pontes de hidrogênio com moléculas de água e açúcar (FISZMAN, 1989).

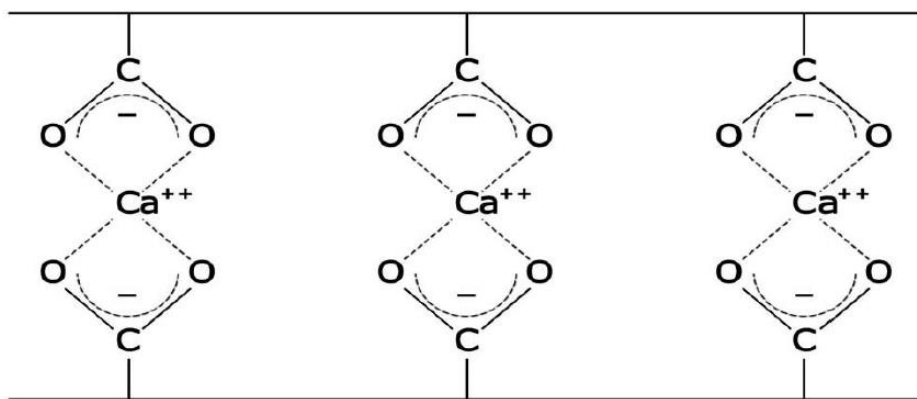


Figura 4: Estrutura da formação de gel com pectinas de baixo teor de metoxilação com íons de cálcio.

FONTE: RIBEIRO & SERAVALLI, 2004.

Segundo Nikolic & Mojovic (2007) as pectinas são os principais compostos envolvidos na formação do gel. Os fatores que condicionam o comportamento de formação do gel das pectinas BTM são o grau de esterificação, a porcentagem de cálcio e de sacarose adicionados. Quanto mais baixo o teor de metoxilação, menor a quantidade de sacarose requerida (DICKINSON, 2003).

Em estudo feito por De Oliveira et al., (2014) foi desenvolvido uma geleia *diet* de umbu-cajá, sem adição de açúcar. A formulação da geleia foi definida em três concentrações de pectina BTM (0,5; 1,0; 1,5 %). A mistura foi concentrada até aproximadamente 12,5 °Brix. Após as geleias foram

submetidas às análises físico químicas. Constatou-se que as geleias possuíam elevadas porcentagens de água (87,72 a 89,04 %), quantidades consideráveis de cinzas (0,57 a 0,81 %), proteínas (0,95 a 1,14 %) e carboidratos (9,14 a 10,35 %) e baixo valor energético (40,71 a 45,98 kcal/100 g). Os parâmetros de cor evidenciaram geleias relativamente escuras (29,44 - 43,36), com leve tonalidade avermelhada (9,53-11,36) e coloração amarela mais perceptível (35,74 - 41,90). Os menores valores de firmeza (0,23 e 0,43 N) e de extrusão (2,28 e 2,33 N) foram encontrados nos experimentos elaborados com a menor porcentagem de pectina.

Campos & Cândido (1994) optaram pela concentração de 0,8 % de pectina BTM, considerando que maior conteúdo de pectina, na presença de baixo nível de cálcio, resulta em gel mais elástico, menos quebradiço, com menor tendência a sinérese.

São consideradas boas fontes de pectina: as maçãs, as frutas cítricas, as uvas, bagas ou sementes e farelo. Em contraste à pectina cítrica e de maçã que possuem alto grau de metil-esterificação (FISHMAN et al., 2004), as sementes de girassol possuem baixo grau (HARRY & SMITH, 2006).

3.3.2.2- Goma guar

A goma guar (Figura 5), é obtida do endosperma de sementes da planta guar *Cyamopsis tetragonolobus* L. Esta planta cresce principalmente na Índia e Paquistão, e pertence à família das leguminosas. A palavra guar vem da palavra sânscrita “Gau-ahar”, “Gau” significa vaca e “ahar” significa alimento (PHILLIPS & WILLIAMS, 2000).

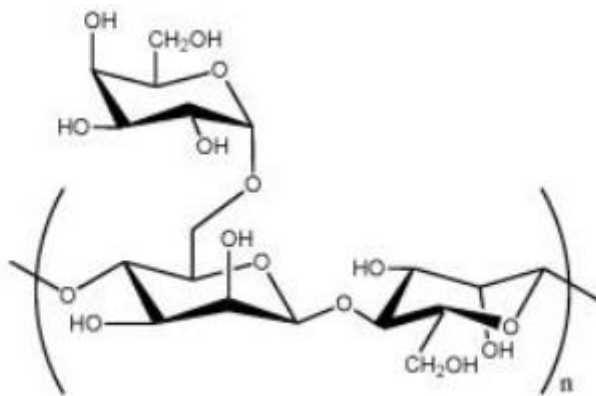


Figura 5: Estrutura química da goma guar.

FONTE: MISHRA & SEN, 2011.

Aproximadamente 85 % da goma é formada por um polissacarídeo solúvel em água, cuja estrutura consiste, em geral, em galactomanana, com cadeias lineares de D-manose ligadas entre si por ligações glicosídicas β -(1-4) às quais estão ligadas a unidades de D-galactose por ligações glicosídicas α -(1-6) (CHAWLA & PATIL, 2011). Grupos galactosilas dificultam a aproximação das cadeias e impedem uma coesão forte, permitindo que a água penetre entre elas e hidrate a goma. Como consequência de sua elevada afinidade pela água, a goma guar proporciona uma altíssima viscosidade em sistemas aquosos ou lácticos, inclusive em doses baixas, apresentando um comportamento reofluidificante (CUBERO et al., 2002).

Essa goma forma dispersões coloidais quando hidratada com água fria. A capacidade de hidratar-se rapidamente em sistemas aquosos a frio, dando soluções altamente viscosas, é a propriedade mais importante desta goma (GOLDSTEIN et al., 1973).

Apresenta alto peso molecular, é estável ao calor, e não forma géis. A viscosidade é pouco afetada por pH entre 4-9. Interage com outras gomas alterando a viscosidade. É usada como espessante e estabilizante em bebidas, molhos e sorvetes (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

A goma guar também é considerada uma fibra dietética solúvel, resistentes a digestão e a absorção pelo intestino delgado humano, com fermentação parcial ou total no intestino grosso. A fibra solúvel é nutricionalmente importante, pois no trato intestinal é responsável pelo

aumento da viscosidade do conteúdo gastrointestinal, retardando o esvaziamento gástrico, a difusão de nutrientes e o tempo de trânsito intestinal. Atrasando, com isso, a hidrólise do amido e reduzindo a absorção de glicose e, conseqüentemente, diminuindo o requerimento de insulina, exercendo um efeito hipoglicêmico. Também reduz os níveis elevados de colesterol total e de LDL por alteração na sua absorção e síntese pelo fígado (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2010).

Soluções de goma guar apresentam comportamento não newtoniano, com propriedades de fluidos pseudoplásticos, indicando que a sua viscosidade diminui à medida em que se aumenta a taxa de deformação (PENNA, 1999). Koksoy & Kiliç (2003) afirmaram que a viscosidade de soluções contendo goma guar também se reduz quando há hidrólise. Normalmente essa goma é hidrolisada a monossacarídeos em altas temperaturas em meios ácidos (KOKSOY & KILIÇ, 2003).

A goma guar, quando adicionada em mistura com polissacarídeos gelificantes, como agar-agar ou carragena, aumenta a força do gel e modifica a textura. Exibe sinergismo com o amido e com outras gomas, como a goma xantana, aumentando a viscosidade da solução (RIBEIRO & SERAVALLI, 2004).

Matuda et al. (2008) verificaram que o uso combinado de goma guar e goma xantana na formulação de massa de pão congelada, reduziu significativamente a entalpia de fusão durante o período de armazenamento congelado, resultando na diminuição esperada na formação de cristais de gelo e, subseqüentemente, uma redução dos danos causados pelo congelamento a rede de glúten.

Gomez et al. (2007) demonstraram que a goma guar, como outros hidrocolóides, melhoram o volume de bolos, quando são adicionados em níveis menores que 1 %, sem comprometer a viscosidade da massa

Polesi et al. (2011), desenvolveu geleias de manga com baixo valor calórico, utilizando edulcorantes (ciclato de sódio e sacarina sódica) e hidrocolóides (goma guar e xantana). Como padrão utilizou-se uma formulação de geleia de manga, elaborada com sacarose (700 g/kg de polpa) até teor de sólidos solúveis 58 °Brix. A formulação *diet* foi preparada pela substituição de

100 % da quantidade de sacarose da formulação controle, por *blend* de edulcorantes e hidrocolóides. A geleia diet apresentou características químicas e físicas distintas em relação à geleia controle, com maior teor de proteínas, fibras e cinzas e menor teor de carboidrato. A geleia de manga com baixo valor calórico foi enquadrada na categoria de produtos *diet* segundo a legislação vigente (ANVISA, Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998 - Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais). Sendo que, o produto foi recomendado consumo para indivíduos submetidos à restrição de sacarose.

Sandolo et al. (2009) declararam que a goma guar é amplamente usada em várias aplicações industriais devido ao seu baixo custo e sua propriedade de formar soluções altamente viscosas mesmo em baixas concentrações.

A goma guar tem uma infinidade de aplicações na indústria de alimentos como em iogurtes, produtos líquidos a base de queijo, recheios de produtos panificados e sobremesas em geral. Normalmente é incorporada em concentrações de 1 g/100 g para facilitar a geleificação, espessamento e emulsificação de produtos alimentícios (FLAMMANG, et al., 2006; BANERJEE; BHATTACHARYA, 2012).

3.3.2.3- Goma carragena

As carragenas são hidrocolóides amplamente utilizados na indústria farmacêutica e alimentícia (DUNSTAN et al., 2001; SPAGNUOLO et al., 2005). São poligalactonas sulfatadas extraídas da parede celulósica de algas marinhas vermelhas (Rodophyceae), possuem uma estrutura polimérica linear com resíduos α -1,4 e β -1,3 galactoses e são classificadas como hidrocolóides aniônicos (Trčková et al., 2004; RIZZOTTI et al., 1984; DROHAN et al., 1997). Ela possui várias frações, sendo as mais importantes a kappa e a iota-carragena, com propriedades gelificantes e solubilidade em água quente; e a lambda-carragena que é solúvel em água fria e possui propriedade espessante (GLICKSMAN, 1983; RIZZOTTI et al., 1984). Na Figura 6 estão apresentadas as diferentes estruturas das carragenas.

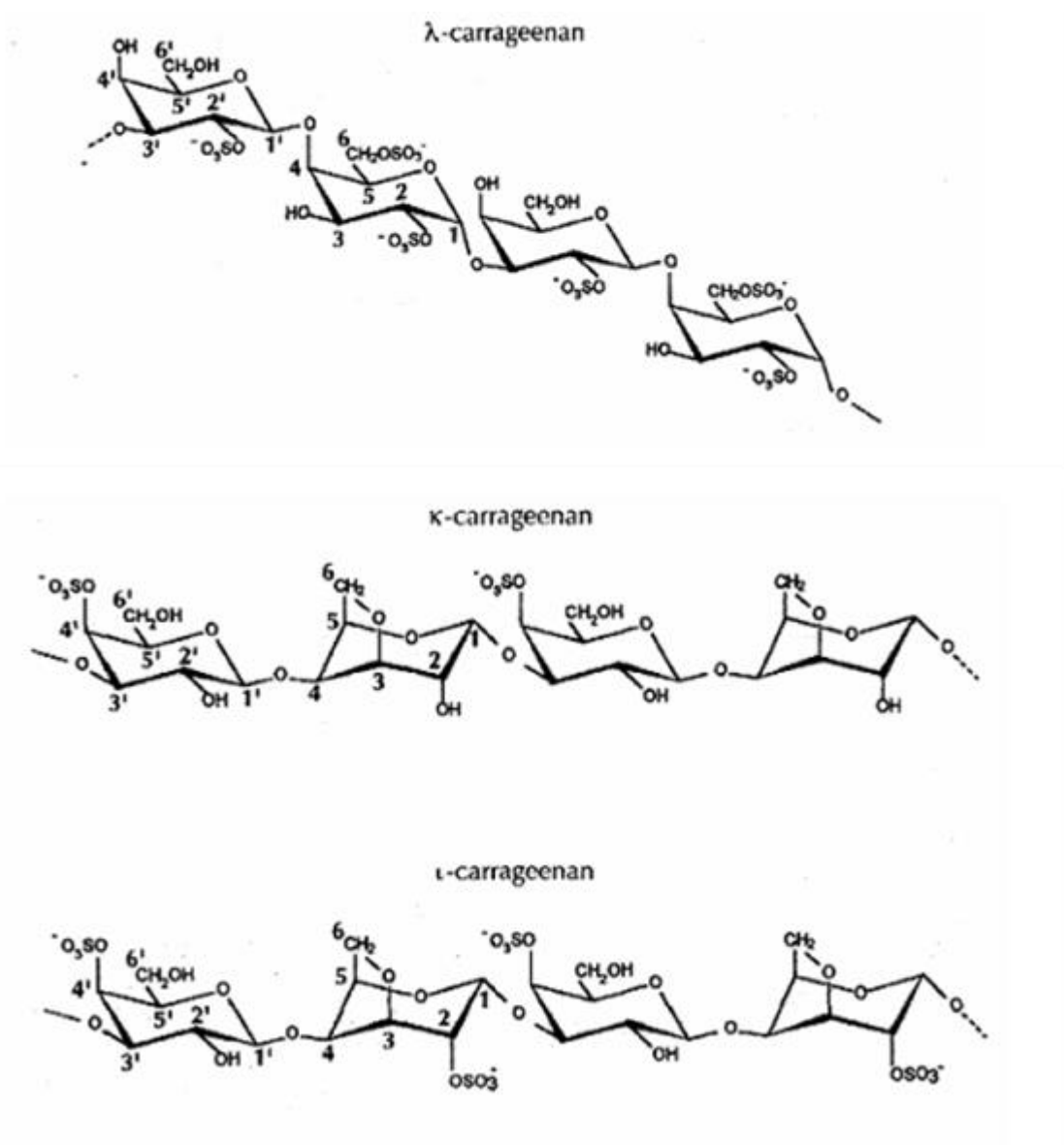


Figura 6 - Estruturas químicas de kappa-carragena, iota carragena e lambda-carragena.

FONTE: DE RUITER & RUDOLPH, 1997.

É uma goma complexa separável em cinco frações: κ (kappa), λ (lâmbda), μ (mu), ι (iota) e ν (nu) (BOBBIO & BOBBIO, 2001). Dessas frações, a κ, ι e λ são as mais utilizadas em alimentos, sendo as duas primeiras gelificantes e a última não gelificante. O peso molecular e a estrutura das frações determinam suas propriedades funcionais. A proporção das diferentes

frações varia com a espécie da alga e seu habitat (RIBEIRO & SERAVALLI, 2004).

Costell, Peyrolón & Durán (2000) observaram que a adição de sacarose aumenta a resistência à compressão, resultando géis de carragena mais fortes.

Suas principais características são: permitem trabalhar dentro de sua ampla faixa de textura, temperaturas entre 70 e 75 °C; sem adição de cloretos; igualdade de força de geleificação e viscosidade de produtos refinados e semi-refinados; e soluções translúcidas em derivados refinados (GONZALEZ, 2002).

Segundo Hernandez et al. (2001), quando se comparou dispersões de goma locusta, λ -carragena e κ -carragena, a dispersão de κ -carragena apresentou a melhor consistência sendo, aproximadamente, quatro vezes maior que dispersão de goma locusta e aproximadamente 45 vezes maior que a formulação contendo λ -carragena.

De acordo com Artignan, Corrieu e Lacroix (1996), géis de κ -carragena se apresentam muito quebradiços quando submetidos a alguma tensão de cisalhamento. Para compensar essa característica, estes autores formularam composições de κ -carragena com ι -carragena e com goma locusta, resultando num aumento da capacidade de absorção de tensão em ambos os casos sem modificar as propriedades de ruptura e resistência dos géis. No gel contendo ι e κ -carragena, pelo fato de haver repulsão interna e externa entre esses grupos, não há a formação de um gel mais compacto. O que dispõe, por sua vez, de κ e ι -carragena apesar de apresentar menor rigidez e menor força para ruptura, demonstra uma maior elasticidade (ARTIGNAN et al., 1996).

Nikaedo et al. (2004) relatam a carragena como um dos principais estabilizantes usados em produtos lácteos devido à necessidade de concentrações mínimas na formulação para se obter uma boa viscosidade, característica devida à sua alta reatividade com as proteínas do leite. Quando combinada com outros hidrocolóides tais como amido, pectina e goma locusta, atua de maneira mais eficiente na textura dos alimentos além de não mascarar os sabores (LEITE et al., 2012). Segundo Nikaedo et al. (2004), a viscosidade obtida com a carragena aumenta exponencialmente com a sua concentração.

3.3.3 Interação entre Hidrocolóides

Uma área de grande interesse em termos práticos e de investigação é a interação sinérgica entre hidrocolóides. Misturas de hidrocolóides são usualmente utilizadas para conferir melhores características reológicas aos produtos alimentares, contribuindo para uma redução dos custos finais de produção de um determinado alimento (WILLIAMS, et al., 1991; TUBARI, et al., 2008).

A ocorrência do efeito sinérgico dos hidrocolóides é frequentemente aceita e empregada na indústria de alimentos. Normalmente esse efeito ocorre, devido as diferentes taxas de hidratação e capacidade de retenção de água dos hidrocolóides (BOURRIOT et al., 1999). Como resultado da interação, ocorre a interferência de um hidrocolóide nas características de formação do gel de outro hidrocolóide, sendo o resultado final da combinação de dois ou três hidrocolóides, mesmo quando usados em pequenas quantidades, algumas vezes mais efetivo em algumas aplicações específicas do que alguns hidrocolóides isolados (CAMACHO et al., 2005).

São várias as vantagens de utilizar os agentes gelificantes combinados (DUNSTAN, et. al., 2001; RAMÍREZ, et. al., 2002; MANDALA, et. al., 2004; ARDA et. al., 2009; PEREIRA, 2012), sendo que permite a execução das propriedades reológicas, melhorando as características dos produtos alimentícios formulados para fins especiais, bem como de geleias de baixo valor calórico (VENDRAMEL et al., 1997).

Soler et al. (1998) compararam formulações de goiabadas de baixo teor de açúcar, elaboradas com carragena, carragena associada a goma locusta (LBG) e com pectina de baixa metoxilação (BTM). Estes autores concluíram que geleias com 40 % de açúcar e 60 % de polpa de goiaba, tanto a formulação com a pectina BTM (1 %) como a formulação que associou os dois hidrocolóides (0,8 e 0,2 % para carragena e locusta, respectivamente), apresentaram géis firmes, com boa coesividade e aceitação sensorial.

Maria (1981) observou que a mistura das gomas guar e carragena possuem um poder estabilizante efetivo em suco de caju, quando comparadas com as aplicações individuais de cada goma.

Maruyama et al. (2006) constataram que a combinação das gomas xantana, guar e carragena na formulação de queijo *petit-suisse* com adição de bactérias probióticas, produziu bons resultados, contribuindo para a maior estabilidade da textura durante todo o armazenamento do produto.

A carragena é utilizada em associação com outras gomas para a obtenção de características desejadas, como por exemplo, a adição de goma xantana a kappa carragena torna o gel mais elástico, macio e coeso. O emprego concomitante das formas kappa e iota permite atender requisitos de textura do gel. Esta goma também é indicada para os mais diversos produtos que apresentam baixo valor calórico (BOBBIO & BOBBIO, 2001; NACHTIGALL et. al., 2004).

A goma carragena também interage de forma sinérgica com a goma locusta, que, dependendo de sua concentração, pode trazer benefícios como o aumento da viscosidade, além do aumento da força e da elasticidade do gel. A carragena é usada em sistemas à base de leite ou de água para estabilizar as suspensões (RIBEIRO & SERAVALLI, 2004).

Segundo Thaiudom e Goff (2003), a carragena é capaz de prevenir macroscopicamente a separação de fases, também denominado mecanismo de depleção de floculação, entre proteínas lácticas e gomas, como goma locusta, guar ou xantana, que são incompatíveis com proteínas do leite desnatado.

Casas et al. (2000) em seu estudo da viscosidade de soluções de goma guar e mistura de goma xantana/ goma guar, observaram que, soluções com a mistura de goma xantana/ goma guar mostraram um aumento na viscosidade, muito maior do que a viscosidade combinada das soluções individuais das gomas.

3.3.4 Agentes de Corpo

Os agentes de corpo são compostos utilizados em doces e geleias sem adição de açúcar que possuem a propriedade de dar textura ao alimento. As características destes compostos devem ser similares às da sacarose, como, por exemplo, reposição de sólidos, estabilidade em diferentes condições

de pH e temperatura, ausência de sabor residual e contribuir com a coloração (CAMPOS, 2000; VISSOTO et al., 2005). Existem vários compostos usados como agentes de corpo, sendo a polidextrose uma das mais utilizadas.

3.3.4.1 Polidextrose

A polidextrose (Figura 7) é um polímero altamente solúvel em água formado por moléculas de glicose unidas por ligações de sorbitol e ácido cítrico. Em sua forma comercial apresenta-se como um pó branco-amarelado e amorfo, cujo valor calórico é de 1kcal/g. É extremamente estável dentro de uma ampla faixa de pH, temperatura, condições de processo e estocagem. Possui baixo índice glicêmico, comparado à glicose, sendo indicada para consumidores que buscam uma dieta com menos carboidratos, inclusive os diabéticos (LANNES et al. 2007; MONTENEGRO et al. 2008).

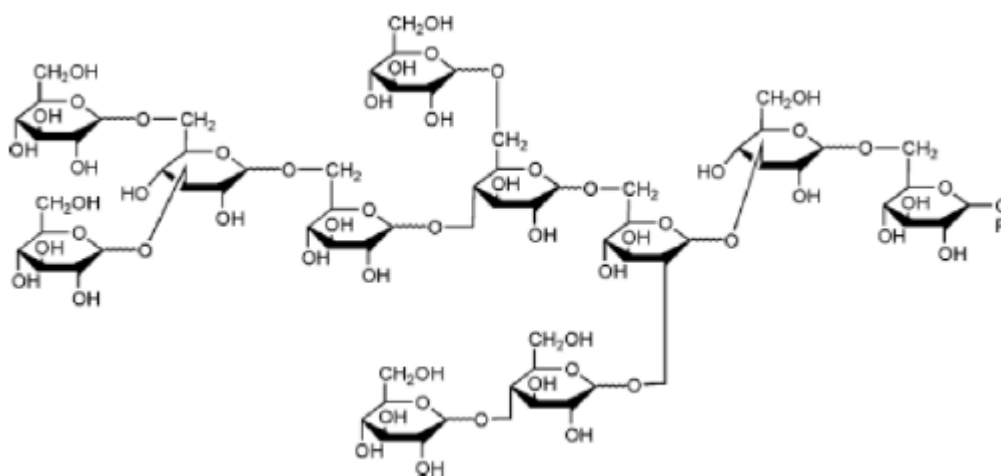


Figura 7: Estrutura química da polidextrose.

FONTE: PUTAALA, 2013.

A elevada resistência às enzimas digestivas levou a sua aceitação como fibra dietética (Craig et. al., 1999; Paucar-Menacho et. al., 2008; Julian, 2009; Raninem et. al., 2011) e a capacidade de estimular bactérias benéficas do intestino, tais como os *Lactobacillus*, lhe conferem sua classificação como prebiótico (Flood; Auerbach; Craig, 2004). Outro ponto positivo consiste em sua

baixa toxicidade, de modo que a única reação adversa encontrada são os casos de diarreia quando ingeridas em doses extremamente elevados (Burdock; Flamm, 1999). Benefícios adicionais da utilização da polidextrose incluem sua capacidade como substituinte de gordura, seu baixo índice glicêmico, melhora nas funções intestinais e prevenção de doenças inflamatórias do intestino, aumento na absorção de cálcio e ferro, diminuição nos níveis de colesterol, o fato de não ser cariogênico, entre outros (Burdock; Flamm, 1999; Helland; Wicklund; Narvhus, 2004; Pronczuk; Hayes, 2006; Santos et. al., 2009; Santos et. al., 2010; Witaicenis et. al., 2010).

Seu mecanismo de ação é semelhante ao de outras fibras solúveis como pectinas, β -glucanas da aveia, e a inulina, diminuindo os níveis de colesterol e glicose no sangue (MONTENEGRO et al, 2008). É usada como agente de volume, substituindo parcialmente açúcares e gorduras e desempenhando as funções de espessante, umectante, auxiliar de formulação e modificador de textura (DIAS, 2007; MONTENEGRO et al, 2008). É muito utilizada em produtos para dietas de baixas calorias como agente de corpo (LAZZAROTTO et. al., 2008). Seus efeitos laxativos ocorrem somente em dosagens acima de 90 g/dia para adultos (TORRES & THOMAS, 1981).

Em alimentos, o uso da polidextrose está aprovado no FDA e em outros 50 países (MONTENEGRO et al. 2008). Em julho de 2008, foi divulgada pela ANVISA a lista atualizada de alegações de propriedade funcional aprovadas para “Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e/ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos, Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e/ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos”, onde consta o reconhecimento da polidextrose como ingrediente funcional na categoria de fibra alimentar (BRASIL, 2008b).

Um produto que contenha polidextrose só poderá atribuir propriedade funcional se a porção do produto alimentício pronto para consumo fornecer, no mínimo, 3g de polidextrose, se o alimento for sólido, ou 1,5 g, se for líquido, e que a recomendação diária de consumo do produto que contenha polidextrose não deve resultar na ingestão diária dessa fibra acima de 90 g ou cuja porção

única de consumo resulte em ingestão de povidexose superior a 50 g (BRASIL, 2008b).

3.3.5 – Agentes conservantes

Os conservantes são aditivos utilizados para manutenção ou obtenção de prazo de validade sem alteração sensorial da matéria-prima. Dentre os conservadores o sorbato de potássio é o mais utilizado para alimentos e é caracterizado como uma substância química com propriedades antimicrobianas (ARAÚJO, 1990).

Conforme a legislação brasileira em vigor, os conservantes alimentícios são definidos como substâncias que impedem ou retardam a alteração dos alimentos provocada por micro-organismos ou enzimas (BRASIL, 1988).

De acordo com Sofos (1995), a escolha de um conservante para aplicação específica é baseada nos seguintes fatores: propriedades físicas e químicas (solubilidade, pKa, reatividade e toxicidade), tipos de microrganismos de interesse e a propriedade que mais influência na extensão da atividade antimicrobiana do conservador (SOFOS, 1995).

3.3.5.1 – Sorbato de potássio

O sorbato de potássio é um agente químico usado largamente na indústria de alimentos devido a sua forte atividade antimicrobiana (PRANOTO et al, 2005), utilizado como conservante em produtos à base de fruta, como suco de frutas e geléias, tendo sua maior atividade em pH abaixo de 6, sendo o espectro de atividade antimicrobiana muito amplo, eficiente contra bolores, leveduras e bactérias (LEITÃO, 1990). Em alimentos, é eficaz no intervalo de concentrações de 0,05-0,3 g/100 g (VOJDANI & TORRES, 1989).

O ácido sórbico foi isolado pela primeira vez em 1859 pelo químico alemão A. W. Von Hofmann, a partir do fruto de *Sorbus aucuparia* (SOFOS & BUSTA, 1993).

É um sal de potássio proveniente do ácido sórbico (SAYANJALI et al. 2011; MEHYAR et al, 2012;) e tem sido usado para inibir o crescimento de

fungos e leveduras, mas também já apresentou atividade contra *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulium*, Salmonelas e Pseudomonas (ZAMORA & ZARITZKY, 1987).

De acordo com Wurgler et al. (1992), o sorbato de potássio é produto de uma reação entre ácido sórbico e hidróxido de potássio, possui fórmula molecular $C_6H_7O_2K$ (Figura 8) e tanto ele quanto o ácido sórbico são eficientes na inibição da multiplicação de leveduras e de alguns fungos.

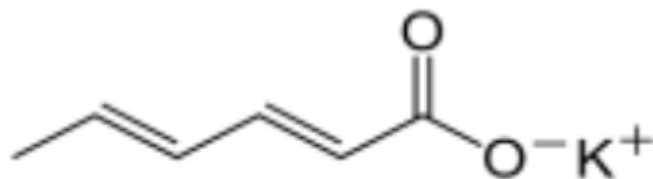


Figura 8: Estrutura química do sorbato de potássio.

FONTE: SOUZA, 2013.

3.4 - Compostos bioativos

Os compostos bioativos são constituintes não nutritivos que ocorrem tipicamente em pequenas quantidades nos alimentos. Estudos epidemiológicos, envolvendo dietas ricas em alimentos de origem vegetal, sugerem que esses alimentos são capazes de exercer influência na redução do risco do desenvolvimento de doenças crônicas como: doenças cardiovasculares, cânceres, distúrbios metabólicos, doenças degenerativas e processos inflamatórios (MOO-HUCHIN, et al., 2014).

Vem aumentando o interesse para a identificação de antioxidantes alimentares de fontes naturais, especialmente de origem vegetal. A caracterização dos compostos fenólicos, capacidade antioxidante, carotenoides e açúcares solúveis totais presentes nos alimentos é de grande valia, devido à proteção exercida por esses compostos no corpo humano contra os efeitos nocivos dos radicais livres, além de retardar o progresso de muitas doenças crônicas e evitar a peroxidação lipídica (GULÇIN, 2012).

As frutas cítricas se destacam neste contexto por apresentarem importantes constituintes antioxidantes como os carotenóides, flavonóides, ácidos fenólicos, ácido ascórbico (vitamina C) e outros capazes de prevenir o organismo humano contra diversas doenças crônicas cardio e cerebrovascular, oculares, neurológicas e, certos tipos de cânceres (JOHNSTON et al., 2002; SANCHEZ-MORENO; BEGOÑA DE ANCOS, L. P.; CANO, M. P., 2003c; GAMA & SYLOS, 2007).

O organismo humano tem várias maneiras de combater o estresse oxidativo, quer seja empregando substâncias produzidas pelo próprio corpo ou provenientes da dieta. A oxidação é reduzida ou inibida pelo consumo de nutrientes como: alguns minerais (cobre, manganês, zinco, selênio e ferro), vitaminas (ácido ascórbico, vitamina E, vitamina A), clorofilina, carotenóides (beta-caroteno, licopeno e luteína), e outros antioxidantes, como compostos fenólicos, dentre eles os flavonoides, bioflavonóides (genisteína, quercetina) e taninos (catequinas) que são capazes de estabilizar os radicais livres, evitando lesões em estruturas biológicas (PAPAS, 1999; LIU, 2003; YILMAZ et al., 2004; BARREIROS et al., 2006).

A oxidação sofrida por esses átomos faz parte do metabolismo devido, entre outros fatores, à sua função aeróbica como a produção de energia, além da fagocitose e da síntese de substâncias. A presença de radicais livres em excesso causa estresse oxidativo, gerando danos ao organismo, provocando peroxidação lipídica de membranas, destruição de proteínas, carboidratos e DNA. Por isso, radicais livres vêm sendo relacionados ao surgimento de doenças cardiovasculares, catarata, câncer, e outros, e podem piorar quadros clínicos já existentes. Existem vários tipos de espécies oxidantes, dentre eles: hidroxila ($\text{OH}\cdot$), superóxido ($\text{O}_2^{\cdot-}$), peroxila ($\text{ROO}\cdot$), alcoxila ($\text{RO}\cdot$), oxigênio (O_2), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ácido hipocloroso (HClO), óxido nítrico ($\text{NO}\cdot$) e nitroso (N_2O_3), ácido nitroso (HNO_2), nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-) e peroxinitritos (ONOO^-) (BARREIROS et al., 2006).

Durante o processamento de alimentos utilizando alta temperatura pode ocorrer degradação de nutrientes lábeis e compostos bioativos, como as vitaminas e carotenóides, o que altera a composição nutricional dos alimentos e compromete a qualidade final do produto. Os principais fatores que

contribuem para essas alterações são a temperatura, luz, oxigênio, umidade, pH, agentes oxidantes e redutores e a presença de íons metálicos (CORREIA et al., 2008).

3.4.1.1 - Ácido Ascórbico (Vitamina C)

Ácido ascórbico ou 'Vitamina C' (Figura 9), é um ácido fenólico de grande importância, tanto nutricional, quanto industrial. (ARRIGONI & TULLIO, 2002).

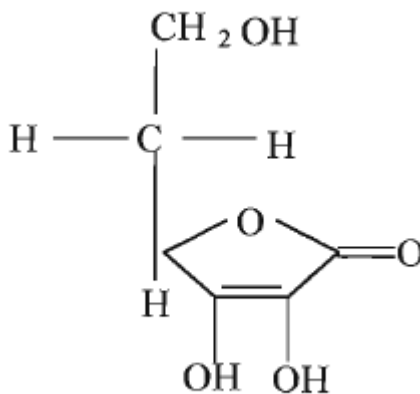


Figura 9: Estrutura química do ácido ascórbico.

FONTE: FARMACOPÉIA BRASILEIRA, 1977.

É encontrado no organismo na forma de ascorbato. Os seres humanos não são capazes de sintetizar o ácido ascórbico, portanto, a principal fonte desta vitamina vem da dieta através do consumo de vegetais e frutas. A vitamina C é uma vitamina solúvel em água, sensível pH alcalino e facilmente oxidado, principalmente por íons metálicos (em particular Fe^{3+} e Cu^{2+}). Os principais fatores que podem afetar a degradação da vitamina C, em sucos de fruta além de catalisadores metálicos e enzimas, incluem o tipo de processamento, condições de estocagem, tipo de embalagem, pH, presença de oxigênio e luz. A vitamina C possui alta atividade antioxidante, pois, de modo geral, quanto maior o número de hidroxilas, maior a atividade como agente antioxidante (LEE & CHEN, 1998; LEE & COATES, 1999).

Devido à instabilidade ao calor, a vitamina C tem sido empregada como um indicador para medir os efeitos do processamento na retenção de nutrientes (GESTER, 1989; HOWARD et al., 1999; VANDERLISE et. al., 1990).

Yamashita et al. (2003) analisaram a estabilidade da vitamina C presente em acerola (*Malpighia glabra*) frente a processos industriais e verificaram que a degradação foi proporcional à temperatura empregada, isto é, quanto maior a temperatura, maior foi a perda de vitamina C do meio (YAMASHITA et al., 2003).

Gardner et al. (2000), avaliaram a capacidade antioxidante de sucos de diversas frutas e verificaram que a ação oxidante foi maior naqueles sucos com altas concentrações de vitamina C, sendo o ácido ascórbico responsável por 65 a 100 % do total da capacidade antioxidante de sucos derivados de frutas cítricas. Esses autores referem-se ainda ao fato de que o ácido ascórbico é um dos mais importantes antioxidantes hidrossolúveis nas células, com alta biodisponibilidade, sendo capaz de proteger as biomembranas e as LDL (lipoproteínas de baixa densidade do colesterol), dos danos da peroxidação.

Vários estudos epidemiológicos têm demonstrado uma relação direta entre uma dieta rica em ácido ascórbico e prevenção de certos tipos de câncer. Este composto está envolvido no metabolismo da tirosina, ácido fólico e triptofano, assim como, contribui na síntese de aminoácidos como a carnitina e catecolamina que regula o sistema nervoso (IQBAL et al., 2004; BARRETO, 2008). Ele também atua como um importante antioxidante para o ser humano e nos alimentos, devido ao número de hidroxila presente em sua estrutura química (BIANCHI & ANTUNES, 1999; BARRETO, 2008).

3.4.1.2 - Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos constituem um dos mais importantes e numeroso grupo de substâncias naturais do reino vegetal, sendo sintetizados pelas plantas durante o desenvolvimento normal e em resposta a diferentes situações de estresse incluindo radiação UV (LIU, 2013). Estas substâncias possuem uma característica estrutural comum: um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxilas, e é possível classificá-los com base no número de

átomos de carbono constituintes, em conjunto com a estrutura do esqueleto de base fenólica, incluindo, por exemplo, fenóis simples como ácidos fenólicos, cumarinas, e polifenóis como flavonóides (Figura 10) e taninos (FERNÁNDEZ et al., 2010).

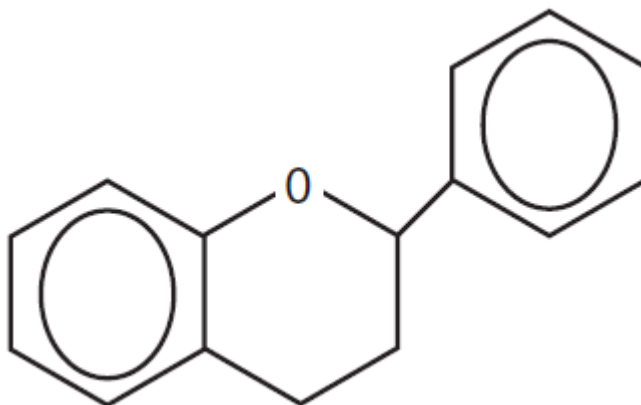


Figura 10 - Estrutura básica dos flavonóides

FONTE: COOK & SAMMANS, 1996

Os compostos fenólicos são divididos em quatro grupos: 1. Ácidos fenólicos com subclasses, derivados do ácido hidroxibenzoico, como o ácido gálico e o ácido hidroxicinâmico; 2. Flavonoides, os quais incluem flavonóis, flavonas, isoflavonas, flavononas, flavanóis, antocianinas e antocianidinas; 3. Estilbenos cujo o representante mais conhecido é o resveratrol; e 4. Taninos, que são divididos em dois grupos: galotaninos, elagitaninos ou taninos hidrolisáveis (BUTTERFIELD et al., 2002; ISHIMOTO et al., 2006).

Propriedades benéficas de compostos fenólicos já foram relatadas, incluindo proteção cancerígena (KNEKT et al., 1997; BIRT et al., 2001; LIU, 2013) e coronária (LIU, 2013), possivelmente consequentes de seu potencial antioxidante, devido à presença de hidroxilas ligadas ao anel aromático presente em sua estrutura química (GULÇIN, 2012).

A ocorrência mais comum de compostos fenólicos em frutas cítricas inclui ácidos fenólicos e flavonóides (KELEBEK & SELLI, 2011; STINCO et al., 2013).

3.5 – Reologia

Reologia é a ciência que estuda o escoamento e a deformação dos materiais assim também como o fluxo dos materiais sob influência de tensões. A matéria pode estar no estado líquido, sólido ou gasoso (BRETAS; D'ÁVILA, 2005; DAK; VERMA; JAAFFREY, 2007).

As medições reológicas são importantes, pois mostram informações sobre a forma como um determinado material se comporta quando submetido a forças externas (ALVES, 2003).

A reologia considera dois materiais: o sólido elástico e o líquido viscoso. O sólido elástico ideal é descrito pela lei de Hooke e o líquido viscoso ideal obedece a lei de Newton (GUNASEKARAN; AK, 2000; GUILLET, 2010;).

Os sólidos ideais deformam-se elasticamente e a grande parte da energia necessária para a deformação é recuperada quando a tensão é removida. Fluidos ideais como líquidos e gases deformam-se irreversivelmente, eles escoam e, neste caso, a energia requerida para a deformação é dissipada dentro do fluido na forma de calor e não é recuperada simplesmente pela remoção das tensões (SCHRAMM, 2006).

As principais aplicações práticas dos hidrocolóides envolve a habilidade dessas moléculas em alterar as propriedades físicas do meio onde se encontram, seja por conferir alta viscosidade às soluções ou por criar redes intermoleculares coesivas (SCHRAMM, 2006).

Na reologia de sólidos a propriedade de maior interesse é a elasticidade e em líquidos, a viscosidade (TONELI; MURR; PARK, 2005).

Segundo Bone (1973), a reologia é importante em diferentes áreas da ciência dos alimentos, pois, muitas das propriedades texturais que os humanos percebem quando consomem alimentos são basicamente reológicas na natureza, isto é, cremosidade, suculência, maciez, suavidade e dureza.

As medições das propriedades reológicas dos alimentos são muito importantes em cálculos de engenharia de processos, controle de qualidade e determinação das propriedades de ingredientes, entre outros (CASTRO, 2004).

As propriedades reológicas são importantes para a indústria estabelecer a condição ótima de manuseio e transporte por tubulação sem que ocorra, por exemplo, sedimentação de partículas (BISCO, 2009).

Muitos alimentos são considerados pseudoplásticos por natureza, tais como, manteiga, margarina, polpas de frutas, pastas de amendoim e pudins. Estes materiais devem se espalhar e fluírem facilmente sob uma tensão de cisalhamento pequena, para manterem a sua estrutura normal quando não submetidos a qualquer força externa que não seja a da gravidade. Todas essas propriedades: textura, elasticidade, viscosidade, e sensações sensoriais são objetos de estudo da reologia dos alimentos (BOURNE, 1982).

A viscosidade é a propriedade associada à resistência interna que o fluido oferece à deformação por cisalhamento. Dessa forma, diz-se que a viscosidade corresponde ao atrito interno nos fluidos devido, basicamente, às interações intermoleculares, sendo, em geral, função da temperatura (LIVI, 2004).

Para determinação das propriedades reológicas de um material, deve-se medir a deformação provocada por uma dada tensão ou medir a tensão requerida com a finalidade de se produzir uma dada deformação num tempo determinado (BISCO, 2009).

3.5.1 - Classificação reológica dos fluidos

A classificação mais geral dos fluidos, que leva em consideração o comportamento da relação taxa de deformação/tensão de cisalhamento, subdivide tais materiais em newtonianos e não newtonianos (Figura 11) (RAO, 1996; STEFFE, 1996).

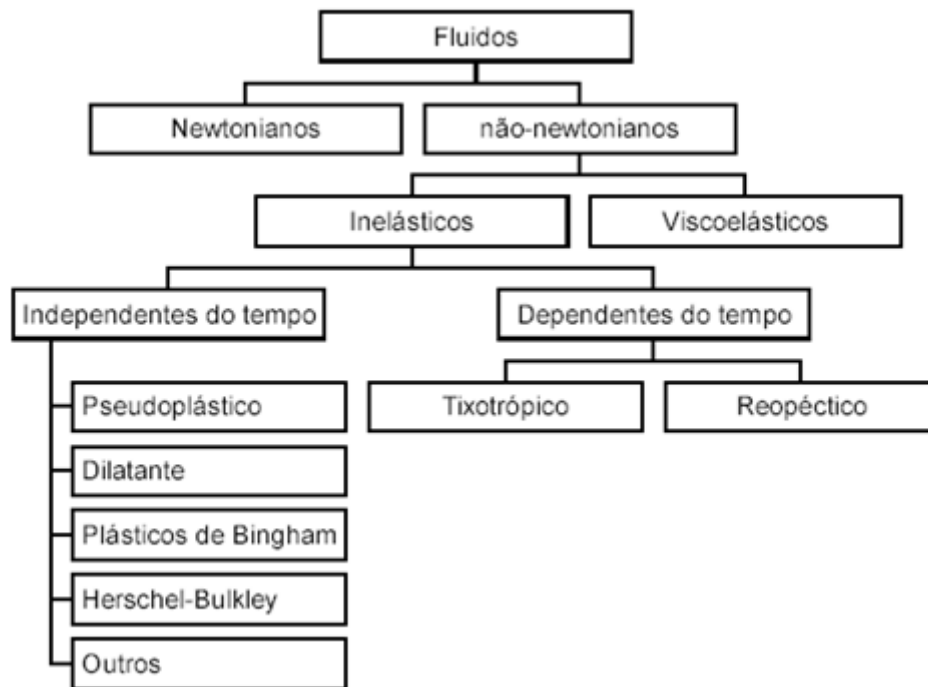


Figura 11: Classificação do comportamento reológico de fluidos.

FONTE: RAO, 1996; STEFFE, 1996.

3.5.1.1 - Fluidos newtonianos

São fluidos newtonianos aqueles em que a tensão de cisalhamento (τ) é linearmente proporcional à taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$). A viscosidade (η) desses fluidos mantém-se constante com a variação da taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$), sendo influenciada somente pela alteração de temperatura e composição (Figura 12). Água, solução de sacarose, glicerina e leite são exemplos de fluidos Newtonianos muito usados na indústria de alimentos (RAO, 1999; SARAVACOS & MAROULIS, 2001).

Para Newton, a curva equivalente à equação para um fluido ideal seria uma linha reta com início na origem dos eixos. No escoamento de um fluido Newtoniano, em regime laminar, existe uma proporcionalidade entre a tensão cisalhante e a taxa de cisalhamento. Uma única determinação experimental é suficiente para definir o único parâmetro reológico do fluido newtoniano. A sua viscosidade é única e absoluta, pois a razão entre a tensão cisalhante e a taxa de cisalhamento é constante (MACHADO, 2002).

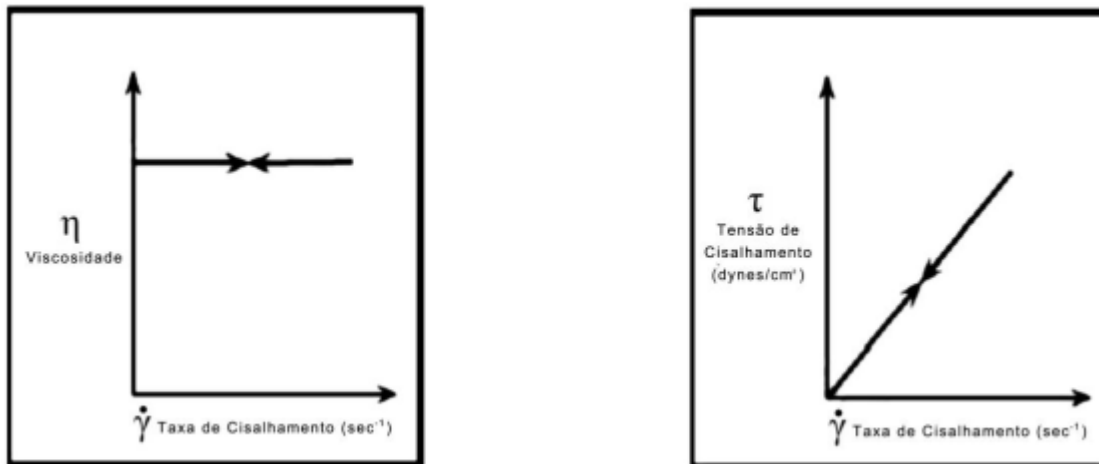


Figura 12: Representação gráfica de fluidos Newtonianos.

FONTE: Adaptado de BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, 1994.

3.5.1.2 - Fluidos não newtonianos

Fluidos não newtonianos são os fluidos caracterizados cuja relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação não for linear, isto é, os valores da viscosidade mudarão com a variação nos valores da taxa de cisalhamento, podendo assim ser classificados como dependentes ou independentes do tempo. Dessa forma, no primeiro caso, a viscosidade aparente do fluido varia tanto com a taxa de deformação quanto com a duração de sua aplicação, e são classificados como tixotrópicos ou reopéticos. A diminuição da viscosidade aparente com o tempo de cisalhamento, a uma condição constante de temperatura e taxa de deformação, caracteriza um material tixotrópico, enquanto fluidos que têm a sua viscosidade aparente aumentada com o tempo são denominados reopéticos. Grande parte dos fluidos alimentícios, como pastas de frutas e vegetais, ketchup, mostarda e comida de bebê, apresentam comportamento tixotrópico (BARBOSA-CÁNOVAS; IBARZ; PELEG, 1993; CHOI & YOO, 2004).

a) Fluidos não newtonianos “dependentes do tempo”

A dependência do tempo em fluidos não newtonianos é observada com certa frequência. Um indício do comportamento reológico dependente do tempo

de um fluido é a observação da chamada curva de histerese. Para verificar se o fluido apresenta ou não viscosidade aparente dependente do tempo, é realizado um estudo reológico onde a substância em análise é submetida a um aumento de tensão (ida) e, quando essa atingir um valor máximo, ser reduzida até retornar ao valor inicial (volta). Se a substância não apresenta comportamento reológico dependente do tempo, as curvas de tensão *versus* taxa de deformação obtidas (ida e volta) são coincidentes. Entretanto, se a viscosidade aparente muda com o tempo, as curvas de ida e volta não seguem um mesmo caminho, formando uma curva de histerese (SATO, 2005).

Os fluidos dependentes do tempo mais comuns são os tixotrópicos para os quais a viscosidade aparente diminui com o tempo de cisalhamento. Os fluidos reopéticos exibem o comportamento oposto, a viscosidade aparente aumenta com o tempo de cisalhamento (SARAVACOS & MAROULIS, 2001).

As curvas típicas de tensão *versus* taxa de deformação dos fluidos que apresentam comportamento reológico dependente do tempo são observadas na (Figura 13).



Figura 13: Curvas típicas de fluidos com comportamento reológico dependente do tempo.

FONTE: MACHADO, 2002.

b) Fluidos não newtonianos “independentes do tempo”

Nos fluidos não newtonianos independentes do tempo, à temperatura constante, a viscosidade depende somente da magnitude da tensão de cisalhamento ou taxa de deformação (SHARMA et al. 2000).

Nesta classificação estão incluídos os fluidos pseudoplásticos ou *shear thinning*, dilatantes ou *shear thickening* e plásticos de Bingham ou viscoplásticos (Figura 14).

Tensão de cisalhamento

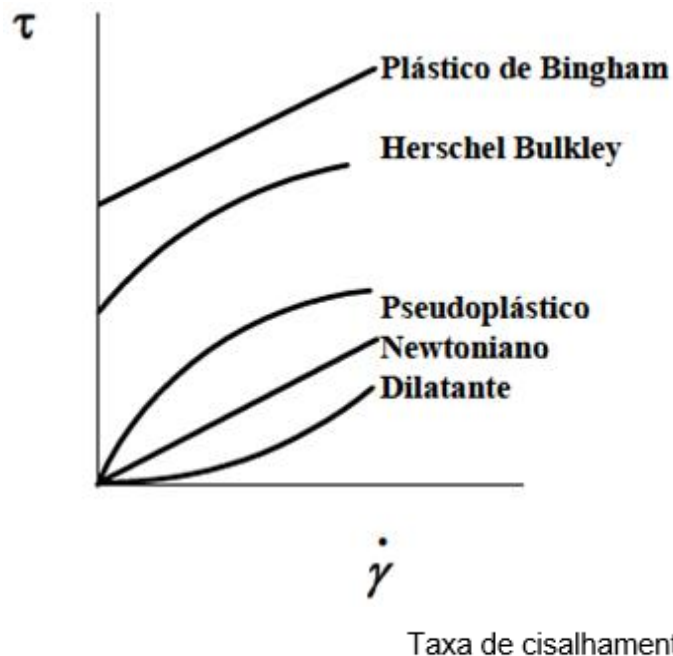


Figura 14: Curvas de escoamento típicas de fluidos independentes do tempo.

FONTE: SHARMA et al., 2000.

Pseudoplástico

Esse tipo de fluido demonstra um decréscimo na viscosidade com um aumento na tensão de cisalhamento, sendo que a taxa de deformação *versus* a tensão de cisalhamento forma uma linha convexa (Figura 15) (Sharma et al., 2000). As moléculas desses fluidos quando em repouso apresentam um estado desordenado, e quando submetidos a uma tensão de cisalhamento, tendem a se orientar na direção da força aplicada. Quanto maior a tensão aplicada, maior

será a ordenação, conseqüentemente, a viscosidade aparente será menor (HOLDSWORTH, 1971).

Como exemplos de alimentos que apresentam comportamento reológico pseudoplástico estão os molhos de mostarda, maionese, purê de frutas e de vegetais, suco concentrado de frutas, solução de gomas concentradas, chocolate fundido, proteína concentrada, queijos de pasta mole, margarinas, patês, iogurtes, os molhos para salada (RAO, 1999). Em geral, os purês de frutas (como as geleias) e vegetais são fluidos pseudoplásticos (IBARZ e BARBOSA-CÁNOVAS, 1996).

Plásticos de Bingham

São fluidos que inicialmente necessitam de uma tensão de cisalhamento, para que haja fluxo ou movimentação molecular do material. Uma vez atingida essa tensão, o fluido passa a apresentar um comportamento newtoniano sendo chamado de plástico de Bingham ou plástico ideal. Como exemplos desse comportamento, tem-se o purê de batata, mostarda, chocolate fundido e creme batido (GONÇALVES, 1989).

Fluidos dilatantes

Apresentam comportamento inverso aos pseudoplásticos, com a viscosidade aparente aumentando com a taxa de deformação (HOLDSWORTH, 1971). Uma explicação para este fato, no caso de suspensões, é que à medida que se aumenta a tensão de cisalhamento, o líquido intersticial que lubrifica a fricção entre as partículas é incapaz de preencher os espaços devido ao aumento de volume que frequentemente acompanha este fenômeno. Então ocorre o contato direto com as partículas sólidas e, conseqüentemente, o aumento da viscosidade aparente (FREITAS, 2002). Alguns tipos de mel e suspensões de amido se enquadram nessa categoria (STEFFE, 1996; RAO, 1999).

3.5.2 - Modelo Lei da Potência

Os modelos reológicos são usados para uma melhor descrição do comportamento dos fluidos, permitindo relacionar as propriedades reológicas com outras grandezas, como concentração, temperatura e índice de maturação. O conhecimento destas grandezas é indispensável no controle em linhas de produção, no projeto e dimensionamento dos processos (BRANCO,1995). O modelo reológico mais simples é o newtoniano, no entanto, a maioria dos alimentos fluidos, não apresenta esse tipo de comportamento e requer modelos mais complexos para sua caracterização (TABILO-MUNIZAGA & BARBOSA-CÁNOVAS, 2005). Na literatura existem muitos modelos reológicos propostos. A escolha do modelo a ser utilizado é uma função das características do fluido.

O comportamento reológico da maioria dos fluidos em alimentos é descrito por meio da Lei da Potência (equação 1), que mais descreve alimentos com comportamento pseudoplástico (STEFFE, 1996), pois devido a sua simplicidade e ampla aplicabilidade, considera o parâmetro reológico desse modelo, o índice do comportamento do fluido (n) como uma grandeza adimensional que indica fisicamente o afastamento do fluido considerado do modelo newtoniano, e o índice de consistência (K) para indicar o grau de resistência do fluido diante do escoamento, ou seja, quanto maior o valor de K, mais consistente será o fluido (STEFFE,1996).

A equação abaixo representa esta Lei e define o comportamento do fluido em newtoniano ou não newtoniano, na qual K é o coeficiente de consistência e n é o índice de comportamento de fluxo. O valor de n é uma medida da “pseudoplasticidade” do fluído (BRETAS & D'ÁVILA, 2005).

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

τ = Tensão de cisalhamento (Pa)

k= índice de consistência (Pa.s)

n= índice de comportamento do escoamento (adimensional)

$\dot{\gamma}$ = taxa de cisalhamento (s⁻¹)

Os fluidos newtonianos apresentam valor de n igual a 1. Porém, os fluidos não newtonianos apresentam valor de n diferente de 1; sendo que, para o fluido pseudoplástico, o índice de comportamento do escoamento (n) é menor que 1 e a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de cisalhamento. O inverso ocorre para fluido dilatante: o índice de comportamento do escoamento (n) é maior que 1 e a viscosidade aparente aumenta com a taxa de cisalhamento (TONELI; MURR; PARK, 2005).

4. REFERÊNCIAS

- ALVES, M. M. M. A reologia. In: de Castro, A. G. A química e a reologia no processamento dos alimentos. Ciência e Técnica. p. 37-61, 2003.
- ANDRADE, P.F.S. Fruticultura: Análise da conjuntura agropecuária Safra 2011/12.
- ARAÚJO, J. M. A. Conservantes químicos de alimentos. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.24, n.3/4, p.192-210, 1990.
- ARAÚJO, Wilma M C; et. al. Alquimia dos Alimentos. Série Alimentos e Bebidas. Volume 2. Editora Senac-DF, 2007.
- ARDA, E.; KARA, S.; PEKCAN, Ö. Synergistic effect of the locust bean gum on the thermal phase transitions of kappa-carrageenan gels. Food Hydrocolloids, v. 23, p. 451-459, 2009.
- ARRIGONI, O. & TULLIO, M. (2002). Ascorbic acid: much more than an antioxidant. Biochemical et Biophysical Acta, 1569, 1-9.
- ARTIGNAN, J.M., CORRIEU, G., LACROIX, C.; Rheology of pure and mixed kappa-carrageenan gels in lactic acid fermentation conditions, Journal of Texture Studies, França, p. 47-70, 1996. v. 28.
- ASPINALL, G.O. – “Pectins, plants gums, and other plant polysaccharides”. in: The Carbohydrates Chemistry and Biochemistry. V. Pigman & D Horton (ed.). New York: Academic Press. v.2b, p. 515 (1970).
- AUGUSTO, P. E. D., IBARZ, A., & CRISTIANINI, M. Effect of high pressure homogenization (HPH) on the rheological properties of a fruit juice serum model. Journal of Food Engineering, 111, 474–477, 2012.

- AXELOS, M.A.V.; THIBAUT, J.F & LEFÈVRE, J. - *Int. J. Biol. Macromol.*, 11, p. 186 (1989).
- BANERJEE, S.; BHATTACHARYA, S. Food gels: gelling process and new applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.52, p.334-346, 2012.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; IBARZ, A.; PELEG, M. Propriedades reológicas de alimentos fluidos. *Revision Alimentaria*, Madrid, v. 241, p. 39–49, 1993.
- BARRECA, D.; BISIGNANO, C.; GINESTRA, G.; BISIGNANO, G.; BELLOCCO, E.; LEUZZI, U.; GATTUSO, G. Polymethoxylated, C- and O-glycosyl flavonoids in tangelo (*Citrus reticulata* × *Citrus paradisi*) juice and their influence on antioxidant properties. *Food chemistry*, v. 141, n. 2, p. 1481 -1488, 2013.
- BARRERA, A.M.; RAMÍREZ, J.A.; GONZÁLEZ-CABRIALES, J.J.; VÁZQUEZ, M. Effect of pectins on the gelling properties of surimi from silver carp. *Food Hydrocolloids*, v.16, p.441-447, 2002.
- BARREIROS, A. L. B. S. et al. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. *Química Nova*, vol 29, n.1, p. 113-123, 2006.
- BARRETO, G. P. de M. Carotenóides e compostos bioativos: relação com propriedades anti-radical livre e corante em frutas tropicais. 2008. 165 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.
- BARROS, H. R. M.; FERREIRA, T. A. P. C.; GENOVESE, M. I. Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from commercial cultivars of citrus from Brazil. *Food Chemistry*, v. 134, n. 4, p. 1892–1898, 2012.
- BELAJOVÁ, E.; SUHAJ, M. Determination of phenolic constituents in citrus juices: Method of high performance liquid chromatography. *Food Chem.*, v. 86, p. 339-43, 2004.
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. Cinética de degradação de vitamina C no cozimento doméstico de vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre, Anais...Rio Grande do Sul, 2002.

- BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Revista de Nutrição, Campinas*, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.
- BINNS, N. M. Sucralose—all sweetness and light. *Nutrition Bulletin, London*, v. 28, n. 1, p. 53-58, mar. 2003.
- BIRT, D. F.; HENDRICH, S.; WANG, W. Dietary agents in câncer prevention: flavonoids and isoflavonoids. *Pharmacology & Therapeutics.*, v. 90, p. 157-177, 2001.
- BISCO, A. P. R., A influência de algumas variáveis sobre a reologia de polpas minerais. 2009. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. Q. *Introdução à Química de Alimentos*. 2.ed. São Paulo: Varela, 223p., 1992.
- BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. *Química do processamento de alimentos*. 3.ed., São Paulo: Varela, 2001.
- BONE, D. P. Water activity in intermediate moisture foods: developing shelf-stable formulations compatible with flavor, texture, and other aspects of food is a challenge to the food technologist. *Food Technnology, Chicago*, v.27, n.4, p.71-76, 1973.
- BOSCOLO, Maurício. *Sucroquímica: síntese e potencialidades de aplicações de alguns derivados químicos de sacarose*. *Quím. Nova, São Paulo*, v. 26, n. 6, Dez. 2003.
- BOURNE, M.C., *Food texture and viscosity: concept and measurement*. New York; Academic Press, p.325,1982.
- BOURRIOT, S.; GARNIER, C.; DOUBLIER, J.L. Phase separation, rheology and structure of micellar casein-galactomannan mixtures. *International Dairy Journal*. v.9, p. 353–357, 1999.
- BOWEN, W. H.; YOUNG, D. A.; PEARSON, S. K. The Effects of Sucralose on Coronal and Root-surface Caries. *Journal of Dental Research* 69, 1485–1487, 1990.
- BRANCO, I.G. Suco de laranja concentrado: comportamento reológico a baixas temperaturas. 1995. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de

Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BRASIL. Resolução nº. 04, de 24 de novembro de 1988. A prova a revisão das tabelas I, III, IV e V referente a aditivos intencionais, bem como os anexos I, II, III, IV e VII, todos do Decreto nº. 55871, de 26 de março de 1965. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 19 de dezembro de 1988.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 3, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico que aprova o uso de aditivos edulcorantes em alimentos, estabelecendo seus limites máximos para os alimentos.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC, n. 272, de 22 de Setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. Diário Oficial da União, Poder Executivo, de 23 de Setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 18, de 24 de março de 2008 (a). Regulamento Técnico que autoriza o uso de aditivos edulcorantes em alimentos, estabelecendo seus limites máximos.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. IX Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas, julho de 2008 (b). Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos.

BRENNAN, C. S. et. al. Effects of guar galactomannan on wheat bread microstructure and on the in vitro and in vivo digestibility of starch in bread. *Journal of Cereal Science*, London, v. 24, p. 151-160, 1996.

BRETAS, R. E. S.; D'ÁVILA, M. A. Reologia de polímeros fundidos. 2 ed. São Carlos: EdUFSCar, 2005.

BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES. More Solutions to Sticky Problems, 1994.

BURDOCK, G. A.; FLAMM, W. G. A review of studies of the safety of polydextrose in food. *Food and Chemical Toxicology*, Kidlington, v. 37, p. 233-264, 1999.

BUTTERFIELD, D. A. et al. Nutritional approaches to combat oxidative stress in Alzheimer's diseases. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, Stoneham, v. 13, n. 8, p. 444-461, 2002.

CABELLO, S. D. P.; TAKARA, E. A.; MARCHESI, T. J.; OCHOA, N. A. Influence of plasticizers in pectin films: Microstructural changes. *Materials Chemistry and Physics*, v.162, p. 491-497, 2015.

CAMACHO, M.M.; MARTINEZ-NAVARRETE, N.; CHIRAL T, A. Rheological characterization of experimental dairy creams formulated with locust bean gum (LBG) and carrageenan combinations. *International Dairy Journal*. v. 15, p. 243–248, 2005.

CAMPOS, M. B. Chocolates sem adição de açúcar: matérias-primas, formulações, processos de produção e análise sensorial. In: *MANUAL Técnico do Seminário de Produtos Diet e Light*. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2000. 154p.

CAMPOS, A. M.; CÂNDIDO, L. M. B. Comportamento de géis de pectinas amidadas em presença de diferentes adoçantes e teores variados de cálcio. *Bol. Centro Pesq. Processamento Alim.*, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 39-54, jan./jun. 1994.

CAMPOS, A. M.; CÂNDIDO, L. M. B. Formulação e avaliação físico-química e reológica de geléias de baixo teor de sólidos solúveis com diferentes adoçantes e edulcorantes. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, v. 15, n. 3, p. 268-278, dez. 1995.

CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. *Alimentos para fins especiais: Dietéticos*. 1. ed. São Paulo: Livraria Varela, 1996. 423 p.

CASAS, J. A.; MOHEDANO, A. F.; GARCÍA-OCHOA, F. Viscosity of guar gum and xanthan/ guar gum mixture solutions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, p. 1722-1727, 2000.

CASTRO, A. G. *A Química e a Reologia no Processamento dos Alimentos*. Instituto Piaget, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2004. P.32-57.

- CHAWLA, R., E. PATIL, G. R. Soluble dietary fiber. *Comprehensive Reviews*. In: *Food Science and Food Safety*, v. 9, p. 178-196, 2011.
- CHIM, J.F. Influência da combinação de edulcorantes sobre as características e retenção de vitamina C em geléias light mista de pêssego (*Prunus persica*) e acerola (*Malpighia puniceifolia*). Pelotas, 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de concentração Ciência e Tecnologia Agroindustrial), Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.
- CHOI, Y. H.; YOO, B. Characterization of time-dependent flow properties of food suspensions. *International Journal of Food Science and Technology*, Oxford, v. 39, n. 7, p. 801–805, Aug. 2004.
- CHOW, C.K. *Fatty acids in foods and their health implications*. 2ª ed. USA: Marcel Dekker, Inc. 1045p. 2000.
- COOK, N. C; SAMMANS, S. Flavonoids - Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *J. Nutr. Biochem.* 1996; 7: 66-76.
- CORREIA LFM, FARAONI AS, PINHEIRO-SANT'ANA HM. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. *Rev Alim Nutr.* 2008;19(1):83-95.
- COSTELL, E, PEYROLÓN, M, DURÁN, L; Influence of texture and type of hydrocolloid on perception of basic tastes in carrageenan and gellan gels, *Food Science and Technology International*, Espanha, n. 6, p. 495-499, 2000. v. 6.
- CRAIG, S. A. S. et. al. (Eds.). *Complex carbohydrates in foods*. New York: CRC Press., 1999.
- CUBERO, N., MONFERRER A., VILLALTA J. *Aditivos Alimentarios*. Mundi-Prensa Libros, Madrid, 2002.
- DAK, M.; VERMA, R. C.; JAAFFREY, S. N. A Effect of temperature and concentration on rheological properties of “Kesar” mango juice. *Journal of Food Engineering*, Davis, v. 80, p. 1011-1015, 2007.
- DEPEC. DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS DO BRADESCO. Suco de laranja, 2015. Disponível em: <<http://www.economiaemdia.com.br>>. Acesso em: 10 set. 2016.
- DE RUITER, G. A., RUDOLPH, B. Carrageenan biotechnology. *Trends in Food Science & Technology*, 8, 389–395 (1997).

DIAS, A. A. Substitutos de gorduras aplicados em alimentos para fins especiais. Monografia de especialização em Tecnologia dos Alimentos. Universidade de Brasília, 2007.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, v.17, n.1, p.25-39, 2003.

DROHAN, D. D.; TZIBOULA, A.; McNULTY, D., HORNE, D. S. Milk protein-carrageenan interactions. *Food Hydrocolloids*, v. 11, n. 1, p. 101-107, 1997.

DUNSTAN, D. E.; CHEN, Y.; LIAO, M.L.; SALVATORE, R.; BOGER, D. V.; PRICA, M. Structure and Rheology of the k-carrageenan/locust bean gum gels. *Food Hydrocolloids*, v. 15, p. 475-484, 2001.

ESCOBEDO-AVELLANEDA, Z.; GUTIÉRREZ-URIBE, J.; VALDEZ-FRAGOSO, A.; TORRES, J. A.; WELTI-CHANES, J. Phytochemicals and antioxidant activity of juice, flavedo, albedo and comminuted orange. *Journal of Functional Foods*, v. 6, n. 1, p. 470–481, 2014.

FAO-FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Statistics Divisions Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/T/TP/E>>. Acessado em: 19/09/2016.

FARMACOPÉIA BRASILEIRA. 3 ed. São Paulo: Organização Andrei, 1977. p.82-83.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Química de Alimentos de Fennema – 4ª ed. - Editora Artmed, 2010.

FERNANDEZ, H. E.; ROMERO, M. G.; PANCORBO, A. C.; GUTIERREZ, A. F. Application and potential of capillary electroseparation methods to determine antioxidant phenolic compounds from plant food material. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, v. 53, n. 5, p.1130-1160, 2010.

FIGUEIREDO, J.O. Variedades copas de valor comercial. In: Ody Rodrigues (ed) *Citricultura Brasileira*. 2.ed. Campinas. Fundação Cargill, 1991. v.1. p.228-57.

FIORE, A.; FAUCI, L. L.; CERVELLATI, R.; GUERRA, M. C.; SPERONI, E.; COSTA, S.; GALVANO, G.; LORENZO, A. D.; BACCHELLI, V.; FOGLIANO, V.; GALVANO, F. Antioxidant activity of pasteurized and sterilized commercial red orange juices. *Molecular Nutrition & Food Research*, vol.49, n. 12, p.1129-1135, 2005.

FISHMAN, M.L.; COFFIN, D.R; ONWULATA, C. I.; KONSTANCE, R.P.; Extrusion of pectin and glycerol with various combinations of orange albedo and starch. *Carbohydrate polymers*. V. 57, p. 401-413, 2004.

FISZMAN, S.M. Propiedades funcionales de los hidrocoloides polisacáridicos-mecanismos de gelificación. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, Valencia, v.29, n.4, p. 415-429, 1989.

FLAMMANG, A. M.; KENDALL, D.M.; BAUMGARTNER, C.J.; SLAGLE, T.D.; CHOE, Y.S. Effect of a viscous fibre bar on postprandial glycemia in subjects with type 2 diabetes. *Journal of the American College of Nutrition*, n.25, p. 409-414, 2006.

FLOEGEL, A.; KIM, D. O.; CHUNG, S. J.; KOO, S. I.; CHUN, O. K. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.24, n.7, p.1043-1048, 2011.

FLOOD, M. T.; AUERBACH, M. H.; CRAIG, S. A. A review of the clinical toleration studies of polydextrose in food. *Food and Chemical Toxicology*, Kidlington, v. 42, p. 1531-1542, 2004.

FRAEYE, I.; DUVETTER, T.; DOUNGLA, E.; VAN LOEY, A.; HENDRICKX, M. Fine-tuning the properties of pectin-calcium gels by control of pectin fine structure, gel composition and environmental conditions. *Trends in Food Science & Technology*, v.21, n. 5, p. 219-228, 2010.

FRANKE, A. A.; COONEY, R. V.; HENNING, S. M. CUSTER, L. J. Bioavailability and antioxidant effects of orange juice components in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.53, n.13, p.5170-5178, 2005.

FREITAS, I. C. Estudo das interações entre biopolímeros e polpas de frutas tropicais em cisalhamento estacionário e oscilatório. Campinas, 2002. Tese (Doutor em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

FRYER, L. C.; ARAMOUNI, F. M.; CHAMBERS IV, E. Xanthan, hydroxypropil methyl cellulose and high fructose corn syrup sensory effects in a reduced calorie syrup model. *Journal of Food Science*, v. 61, n. 1, p. 245-247, 252, 1996.

- GAMA, J. J. T.; SYLOS, C. M. Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice. *Food Chem.*, v.100, pp.1686-1690, 2007.
- GARDNER, P. T.; WHITE, T. A. C.; MCPHAIL, D. B.; DUTHIE, G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids of phenolic to the antioxidant potential of fruits juice. *Food Chemistry*, v. 68, p. 471-474, 2000.
- GAVA, Altenir J. *Princípios de tecnologis de alimentos*. São Paulo: Nobel, 1988. 284p.
- GESTER, H. Vitamin losses with microwave cooking. *Food Sciences and Nutrition*, v. 42F, p. 173-181,1989.
- GLICKSMAN, M. *Food hydrocolloids*. Boca Raton: CRC Press Inc, 1983. v.2, 199p.
- GLICKSMAN, M. Hydrocolloids and the search for the oil grain. *Food Technology*, Chicago, v. 45, n. 10, p. 95-101, 1991.
- GOLDSTEIN, A. M.; ALTER, E. N.; SEAMAN, J. K. Guar gum: In: WHISTLER, R. *Industrial Gums*. 2.ed. New York: Associated Press, p.303-332. 1973.
- GOMEZ, M., RONDA, F. CABALLERO, P. A., BLANCO, C. A. & ROSSEL, C. M. Functionally of differents hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, v. 21, p. 167–173, 2007.
- GONÇALVES, J. R. *Introdução à reologia de alimentos fluidos*. Reologia e textura de alimentos. São Paulo: ITAL, 1989. xp.
- GONZALEZ, A. Hidrocolóides no processamento de embutidos. *Food Ingredients*. n.16, p.96, Jan./Fev. de 2002.
- GRICE, H. C.; GOLDSMITH, L. A. Sucralose an overview of the toxicity data. *Food Chem. Toxicol.*, Amsterdam, v.38, suppl.2, p. S1-S6, 2000.
- GUILLET, A. On the non-hookean elastic behavior of iron whiskers at high strain. *Materials Letters*, Amsterdam, v. 64, p. 2148-2150, 2010.
- GÜLÇİN, I. Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of Toxicology*, v. 86, n. 3, p. 345-391, 2012.
- GUNASEKARAN, S.; AK, M. M. Dynamic oscillatory shear testing of foods-selected applications. *Trend in Food Science& Technology*, Cambridge, v. 11, p. 115-127, 2000.

- HARRIS, P.J.; SMITH, B.G. Plant cell walls and cell-wall Polysaccharides. *International Journal of food Science and Technology*. V. 41 (supplement 2), p. 129-143, 2006.
- HELLAND, M. H.; WICKLUND, T.; NARVHUS, J. A. Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk-based cereal puddings. *International Dairy Journal*, Amsterdam, v. 14, p. 957-965, 2004.
- HERNANDEZ, M. J.; DOLZ, M.; DOLZ, J.; DELEGIDO, J.; PELLICER, J; Viscous Synergism in Carrageenans (κ and λ) and locust bean gum mixtures: Influence of adding sodium carboxymethylcellulose—*Food Science and Technology International*, Espanha, n. 5, p. 283-391, 2001. v.7.
- HOFFMAN, L. C. The yield and nutritional value of meat from African ungulates, camelidae, rodents, ratites and reptiles. *Meat Science*, v. 80, p. 94–100, 2008.
- HOLDSWORTH, S.D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behavior of fluid food products. *Journal of Texture Studies*, v.2, n.4, p.393-418, 1971.
- HOWARD, L.A.; WONG, A. D.; PERRY, A. K.; KLEIN, B. P. β -carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. *Journal of Food Science*, v. 64, n. 5, p. 929-936, 1999.
- IBARZ, A., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Technomic. Publishing companing, Inc. Pennsylvania – USA, p.85-204, 1996.
- IQBAL, K.; KHAN, A.; KHATTAK, M. A. K. Biological significance of ascorbic acid (vitamin C) in human health – a rewiew. *Pakistan Journal of Nutrition*, v. 3, p. 5-13, 2004.
- ISHIMOTO, E. Y. et al. In vitro antioxidant activity of Brazilian wines and grapes juices. *Journal of Wine Research*, Abington, v. 17, n. 2, p. 107-115, 2006.
- JACKIX, M.H. Geleias e doces em massa. In:__. *Doces, geleias e frutas em caldas: teórico e prático*, 2 ed. São Paulo: Ícone, 1988. 172 p.
- JAYAPRAKASHA, G. K.; PATIL, B. S. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. *Food Chemistry*, v. 101, n. 1, p. 410-418, 2007.

- JAYAPRAKASHA, G. K.; GIRENNAVAR, B.; PATIL, B. S. Antioxidant capacity of pummelo and navel oranges: Extraction efficiency of solvents in sequence. *LWT*, v.41, p. 376-84, 2008.
- JOHNSTON, C. S., & BOWLING, D. L. J. Stability of ascorbic acid in commercially available orange juices. *Journal of the American Dietetic Association*, v. 102, p. 525-529, 2002.
- JULIAN, S. Polydextrose fiber ingredients. Boca Ratom: CRC, 2009.
- KELEBEK, H.; SELLI, S.; CANBAS, A.; CABAROGLU, T. HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan. *Microchemical Journal*, v. 91, n. 2, p. 187–192, 2009.
- KELEBEK, H.; SELLI, S. Determination of volatile, phenolic, organic acid and sugar components in a Turkish cv. Dortyol (*Citrus sinensis* L. Osbeck) orange juice. *Journal of the science of food and agriculture*, v. 91, n.10, p.1855-62, 2011.
- KNEKT, P.; JÄRVINEN, R.; SEPPÄNEN, R.; HELIÖVAARA, M.; TEPPÖ, L.; PUKKALA, E.; AROMAA, A. Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. *American Journal of Epidemiology*, v. 146, n. 3, p. 223-230, 1997.
- KNIGHT, I. The development and applications of sucralose, a new high-intensity sweetener. *Canadian journal of physiology and pharmacology* 72, 435–439, 1994.
- KÖKSOY, A., KILIÇ, M., Effect of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkish yoghurt drink –*International Dairy Journal*, Turquia, p. 835-839, 2003. v. 13.
- LADANIYA, M. S. *Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation*. Elsevier Inc., 2008.
- LANNES, S. C. S; RICHTER, M. Ingredientes usados na indústria de chocolates. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, vol. 43, n. 3, jul./set., 2007.
- LAZZAROTTO, L. et. al. Bala de gelatina com fibras: caracterização e avaliação sensorial. *Revista Brasileira de Tecnologia de Agroindustrial*, Ponta Grossa, v. 2, n. 1, p. 22-34, 2008.

LEE, H. S.; CHEN, C. S. Rates of vitamin C loss and discoloration in clear orange juice concentrate during storage at temperature of 4-24°C. *J. Agric. Food Chem.*, v. 46, p. 4723-4727, 1998.

LEE, H. S.; COATES, G. A. Vitamin C in frozen, fresh squeezed, unpasteurized, polyethylene-bottled, orange juice: a storage study. *Food Chem.*, v. 65, p. 165-168, 1999.

LEITÃO, M. F. F. Conservadores em alimentos e fatores que afetam sua eficiência no controle de micro-organismos. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, v.20, p. 116-127, 1990.

LEITE, T.D; NICOLETI, J.F.; PENNA, A.L.B.; FRANCO, C.M.L. Effect of addition of different Hydrocolloids on pasting, thermal, and Rheological properties of cassava starch. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.32, n.3, p.579-587, 2012.

LIU, R.H. Health benefits of fruits: implications for disease prevention and health promotion. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2003;78 (suppl): 517S–20S, 2003.

LIU, R. H. Dietary Bioactive Compounds and Their Health Implications. *Journal of Food Science*, v. 78, n. s1, p. A18–A25, 2013.

LIVI, C. P. Fundamentos de fenômenos de transporte: um texto para cursos básicos. Rio de Janeiro: LCT, 2004, 224p.

MACHADO, J. C. V. Reologia e escoamento de fluidos - Ênfase na indústria de petróleo. *Interciência: Rio de Janeiro*, p.250, 2002.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. *Alimentos, Nutrição e dietoterapia*. 12. ed. São Paulo: Roca, 2010.

MALIK, A.; JEYARANI, T.; RAGHAVAN, B. A Comparison of Artificial Sweeteners' Stability in a Lime-Lemon Flavored Carbonated Beverage. *Journal of Food Quality*, v. 25, n. 1, p. 75 – 82, 2002.

MANDALA, I. G.; SAVVAS, T. P.; KOSTAROPOULOS, A. E. Xanthan and locust bean gum influence on the Rheology and structure of a White model-sauce. *Journal of Food Engineering*, v. 64, p. 335-342, 2004.

MARIA, Z. L. Estudo da estabilização física de suco de caju (*Anacardium Occidentale* L.). Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas: UNICAMP, 1981. 87p.

- MARTÍ, N.; MENA, P.; CÁNOVAS, J.A.; MICOL, V.; SAURA, D. Vitamin C and the role of citrus juices as functional food. *Natural Product Communications*, v. 4(5), p. 677-700. Review, 2009.
- MARUYAMA, L. Y.; CARDARELLI, H. R.; BURITI, F. C. A.; SAAD, S. M. I. Textura instrumental de queijo petit-suisse potencialmente probiótico: influência de diferentes combinações de gomas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, n. 26, v. 2, p. 386-393, 2006.
- MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; FIGUEIREDO, J. O.; POMPEU JÚNIOR, J. Citros: principais informações e recomendações de cultivo. 2005.
- MATUDA, T. G.; CHEVALLIER, S.; PÊSSOA FILHO, P. A.; BAIL, A. L.; TADINI, C. C. Impact of guar and xanthan gums on proofing and calorimetric parameters of frozen bread dough. *Journal of Cereal Science*, v. 48, p. 741 – 746, 2008.
- MEHYAR, G. F.; AL-QADIRI, H. M.; SWANSON, B. G. Edible coatings and retention of potassium sorbate on apples, tomatoes and cucumbers to improve antifungal activity during refrigerated storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 38, n. 1, p. 175-182, 2012.
- MILLER, G.A. Sucralose. In: NABORS, L.B.; GELARDI, R.C. Alternatives sweeteners. Second edition, revised and expanded. New York: Marcel Dekker, 2 ed., p. 173-195, 1991.
- MISHRA, S.; SEN, G. Microwave initiated synthesis of polymethylmethacrylate grafted guar (GG-g-PMMA), characterizations and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 48, 688-694, 2011.
- MONEGO, E. T.; PEIXOTO, M. R. G.; JARDIM, P. C. V.; SOUZA, A. L. L. Alimentos dietéticos: uma visão prática. *Revista Nutrição PUCAMP*, Campinas, v.7, n.1, p.9-31, 1994.
- MONTENEGRO, F. M.; et al. Biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28 (supl.): 184-191, dez, 2008.
- MOO-HUCHIN, V. M. et al. Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*, London, v. 152, n. 1, p. 508-515, 2014.

- MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M. D. Rheology of commercial chestnut flour doughs incorporated with gelling agents. *Food Hydrocolloids*, Oxford, v. 25, p. 1361-1371, 2011.
- NACHTIGALL, A.; ZAMBIAZI, R.C.; CARVALHO, D.S. Geleia Light de Hibisco: Características Físicas e Químicas. *Alim. Nutr.*, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 155-161, 2004.
- NEGRI, J. D. Citrus. *Citro News*, p. 4-12, nov. – dez, 1999.
- NEVES, M.F. (Coord.). *O retrato da citricultura brasileira*. Ribeirão Preto, 2010, 138p.
- NETO, F. S. P. P., DE CASTILHOS, M. B. M., TELIS, V. R. N., & TELIS-ROMERO, J. Effect of ethanol, dry extract and reducing sugars on density and viscosity of Brazilian red wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95, 1421–1427, 2014.
- NGOUÉMAZONG, D. E.; TENGWEH, F. F.; FRAEYE, I.; DUVETTER, T.; CARDINAELS, R.; LOEY, A. V.; MOLDANAERS, P.; HENDRICKX, M. Effect of de-methylesterification on network development and nature of Ca^{+2} - pectin gels: toward understanding structure-function relations of pectin. *Food Hydrocolloids*, v.26, p. 89-98, 2012b.
- NIKAEDO, P.H.L.; AMARAL, F.F.; PENNA, A.L.B. Caracterização tecnológica de sobremesas lácteas achocolatadas cremosas elaboradas com concentrado proteico de soro e misturas de gomas carragena e guar. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v.40, n. 3, 2004.
- NIKOLIC, M.V.; MOJOVIC, L. Hydrolysis of apple pectin by the coordinated activity of pectin enzymes. *Food Chemistry*. v.101, n.1, p.1-9, 2007.
- OLIVEIRA, E. N. A.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; SANTOS, D. C. Processamento e caracterização físico-química de geleias diet de umbu-cajá (*Spondias spp.*). *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 1007-1016, July/Aug. 2014.
- PAPAS, A. M. Diet and antioxidant status. *Food Chem Toxicol* 1999; 37:999-1007.
- PAUCAR-MENACHO, L. M. et. al. Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose

utilizando páprica como corante. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.28, n. 4, p. 767-778, 2008.

PENNA, A. L. B., Efeito das gomas Carragena, Guar e Xantana sobre as características reológicas e sensoriais de bebidas lácteas a base de iogurte e de soro, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1999.

PEREIRA, P. A. P. Efeitos dos aditivos nas propriedades reológicas e sensoriais de goiabadas funcionais sem açúcar. Lavras, 2012. 242 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos). UFLA, 2012.

PHILLIPS, G.O., e WILLIAMS, P.A. (2000). Handbook of Hydrocolloids. Woodhead Publishing, Cambridge.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B. Influência do CaCl₂ sobre a qualidade pós colheita do abacaxi cv. Pérola. Ciência de Alimentos, Lavras, v.25(1), p.32-36, jan. mar, 2005.

POLESI et al. Caracterização química e física de geleia de manga de baixo valor calórico. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.13, n.1, p.85-90, 2011.

PRANOTO, Y.; RAKSHIT, S. K.; SALOKHE, V. M. Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. LWT – Food Science and Technology, v. 38, p. 859-865, 2005.

PRONCZUK, A.; HAYES, K. C. Hypocholesterolemic effect of dietary polydextrose in gerbils and humans. Nutrition Research, New York, v. 26, p. 27-31, 2006.

PTITCHKINA, N.M.; DANILOVA, I.A.; DOXASTAKIS, G.; KASAPIS, S. & MORRIS, E.R. - Carbohydr. Polym., 23, p. 265 (1994).

PUTAALA, H. Polydextrose in lipid metabolismo. In: BAEZ, R. V. (Ed). Lipid metabolismo. Croatia: InTech, 2013. p. 233-259.

QUEIROZ, E.C.; MENEZES, H. C. Suco de laranja. In: FILHO, W. G. V. (Coord.). Tecnologia de bebidas. Botucatu: Edgar Blucher, 2005, p. 221-254.

RAMÍREZ, J. A.; BARRERA, M.; MORALES, O. G.; VÁSQUEZ, M. Effect of xanthan and locust bean gums on the gelling properties of myofibrillar protein. Food Hydrocolloids, v. 16, p. 11-16, 2002.

- RANINEM, K. et. al. Dietary fiber type reflects physiological functionality: comparison of grain fiber, inulin and polydextrose. *Nutrition Reviews*, Cary, v. 69, n. 1, p. 9-21, 2011.
- RAO, M.A. *Propriedades Reológicas dos Alimentos*. Curso de Atualização do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Universidade de São Paulo, 1996.
- RAO, M. A. *Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications*. New York: Aspen Publishers, 1999.
- REDY, M. B.; LOVE, M. The impact of food processing on the nutritional quality of vitamins and minerals. *Impact of Processing on Food Safety*, v. 459, p. 99-106, 1999.
- RIBEIRO, E. P., SERAVALLI E. A. G; *Química de Alimentos*, São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 2004.
- RIZZOTTI, R.; TILLY, G.; PATTERSON, R. A.; The use of hydrocolloids in the dairy industry. In: *Gums and stabilizers for the food industry: applications of hydrocolloids*. Oxford: Pergamon Press, 1984, p.323-337.
- RONDA, F.; GOMEZ, M.; BLANCO, C. A. & CABALLERO, P. A. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*, v. 90, n. 4, p. 549-555, 2005.
- SÁNCHEZ-MORENO, C.; PLAZA, L.; DE ANCOS, B.; CANO, M. P. Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 83, n. 5, p.430-439, 2003. (a)
- SÁNCHEZ-MORENO, C.; CANO, M.P.; ANCOS, B.; PLAZA, L.; OLMEDILLA, B.; GRANADO, F.; MARTÍN, A. Effect of orange juice intake on vitamin C concentrations and biomarkers of antioxidant status in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 78, p. 454–60, 2003. (b)
- SÁNCHEZ-MORENO, C.; BEGOÑA DE ANCOS, L. P.; CANO, M. P. Effect of high pressure processing on health-promoting attributes of freshly squeezed orange juice (*Citrus sinensis* L) during chilled storage. *Eur. Food Res. Technol.*, v.216, p.18-22, 2003. (c)
- SANDERSON, G.R. *Polysaccharides in foods*. Food Technology, Chicago, p. 50-83, 1981.

SANDOLO C. et al. Effect of temperature and cross linking density on rheology of chemical cross-linked guar gum at the gel point – Food Hydrocolloids, p. 210-220, Itália, 2009. v. 23.

SANTOS, E. F. et. al. Ingestion of polydextrose increase the iron absorption in rats submitted to partial gastrectomy. Acta Cirúrgica Brasileira, São Paulo, v. 25, n. 6, p. 518-524, 2010.

SANTOS, E. F. et. al. Dietary polydextrose increase calcium absorption in normal rats. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 201-205, 2009.

SARAVACOS, D. G.; MAROULIS, Z. B. Transport properties of food. New York: Marcel Dekker, p. 63-105, 2001.

SARTORI, I.A; KOLLER, O.C; SCHWARZ, S.F; BENDER, R.J.; SCHAFFER, G. Maturação de frutos de seis cultivares de laranjas-doces na depressão central do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 24, n.2, p. 364-369, 2002.

SATO, A.C.K. Influencia do tamanho de partículas no comportamento reológico da polpa de jaboticaba. 2005. 73p. Dissertação de mestrado – FEA, UNICAMP, Campinas.

SAYANJALI, S.; GHANBARZADEH, B.; GHIASSIFAR, S. Evaluation of antimicrobial and physical properties of edible film based on carboxymethyl cellulose containing potassium sorbate on some mycotoxigenic Aspergillus species in fresh pistachios. LWT – Food Science and Technology, v. 44, n. 4, p. 1133-1138, 2011.

SCHRAMM, G. Reologia e reometria: fundamentos teóricos e práticos. São Paulo: Artliber, 2006.

SHARMA, S. K., MULVANEY, S. J., RIZVI, S. S. H. Food processing engineering: theory and laboratory experiments. United States of America: Wiley-Interscience. 348p. 2000.

SIGUEMOTO, A. T. Propriedades de pectina – Braspectina. Anais do Simpósio sobre Hidrocolóides, 24 a 25 de abril de 1991 – Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1993.

SOFOS, J. N. Antimicrobial agents. In: MAGA, J. A.; TU, A. T. Food Additive Toxicology. New York: Marcel Dekker, p. 501-529, 1995.

- SOFOS, J. N.; BUSTA, F. F. Sorbic acid and sorbates. In: DAVIDSON, P. M.; BRANEN, A. L. (Ed.) Antimicrobials in Foods, New York: Marcel Dekker, Cap. 3, p. 49-94, 1993.
- SOLER, M. P. Industrialização de geléias. Campinas: ITAL, 1991. 68p. (ITAL. Manual Técnico, 7).
- SOLER, M. P.; FADINI, A. L.; QUEIROZ, M.B.; MORI, E. E. M.; FERREIRA, V. L. P.; FISZMAN, S. Aplicação de hidrocolóides na formulação de goiabada com baixo teor de açúcar. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.32, n.1, p.30-34, 1998.
- SOUZA, A. N. Influência de conservantes químicos na determinação da atividade antioxidante total em suco tropical de acerola. Fortaleza, 2013. 92 p. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). UFC, 2013.
- SPAGNUOLO, P. A.; DALGLEISH, D. G; GOFF, H. D.; MORRIS, E. R. Kappa-carrageenan interactions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers. Food Hydrocolloids, v. 19, p.371-377, 2005.
- STEFFE, J.F. Rheological methods in food process engineering. Michigan: Freeman Press, 1996. 428p.
- STINCO, C. M.; FERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, R.; HERNANZ, D.; HEREDIA, F. J.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M. Industrial orange juice debittering: Impact on bioactive compounds and nutritional value. Journal of Food Engineering, v. 116, n. 1, p.155-161, 2013.
- TABILO-MUNIZAGA, G., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Rheology for the food industry. Journal of Food Engineering, v. 67. Berkeley, P.147-156. 2005.
- TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos -Ed. Campinas: NEPA-UNICAMP- NEPA-UNICAMP, 2011. 161p.
- THAIUDOM, S.; GOFF, H.D. Effect of k-carrageenan on milk protein polysaccharide mixtures. International Dairy Journal, v. 13, p.763–771, 2003.
- THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. Trends in Food Engineering, v. 14, p.71-78, 2003.
- TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v. 7, p. 181-204, 2005.

TORRES, A.; THOMAS, R. D. Polydextrose and its applications in foods. *Food Technology*, Chicago, v. 35, n. 7, p. 44-49, 1981.

TRČKOVÁ, J.; ŠTETINA, J.; KÁNSKÝ, J. Influence of protein concentration on rheological properties of carragenan gels in milk. *International Dairy Journal*, v. 14, p. 337-343, 2004.

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

UMBELINO, D.C. Caracterização sensorial por análise descritiva quantitativa e análise tempo-intensidade de suco e polpa de manga (*Magnífera indica* L.) adoçados com diferentes edulcorantes. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas. 190p., 2005.

USDA. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. Nutrient Database for Standard Reference, Release 18.

VANDERLISE, J. T.; HIGGS, D. J.; HAYES, J.M.; BLOCK, G. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of food-as-eaten. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 3, p. 105-118, 1990.

VELÁZQUEZ-ESTRADA, R. M.; HERNÁNDEZ-HERRERO, M. M.; RUFER, C. E.; GUAMIS-LÓPEZ, B.; ROIG-SAGUÉS, A. X. Influence of ultra-high pressure homogenization processing on bioactive compounds and antioxidant activity of orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 18, p. 89–94, 2013.

VELDE, F. V.; WEINBRECK, F.; EDELMAN, M. W.; LINDEN, L.; TROMP, R. H. Visualisation of biopolymer mixtures using confocal scanning laser microscopy (CSLM) and covalent labelling techniques. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v.31, n.1-4, p.159-168, 2003.

VENDRAMEL, S. M. R.; CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Avaliação reológica e sensorial de geleias com baixo teor de sólidos solúveis com diferentes hidrocolóides obtidas a partir de formulações em pó. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, Curitiba, v.15, n.1, p. 37-56, jan. /jun.1997.

- VERMUNT, S.H.F.; W.J.; SCHAAFSMA, G.; KARDINAAL, A.F.M. Effects of sugar intake on body weight: a review. *Obesity Reviews*, Oxford, v.2, n.4, p. 91-99, 2003.
- VIDECOQ, P.; GARNIER, C.; ROBERT, P.; BONNIN, E. Influence of calcium on pectin methylesterase behaviour in the presence of medium methylated pectins. *Carbohydrate Polymers*, v.86, p. 1657-1664, 2011.
- VISSOTO, F. Z.; GOMES, C. R.; BATISTA, B. J. L. Caracterização do comportamento reológico e da textura de chocolates sem sacarose. *Brazilian Journal of Food Technology*, Chicago, v. 8, n. 2, p. 107-111, 2005.
- VOJDANI, F.; TORRES, J. A. Potassium sorbate permeability of methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose multi-layer film. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 13, n. 6, p. 417-430, 1989.
- WALLIS, K. J. Sucralose: features and benefits. *Food Australia*, North Sidney, v. 45, n. 12, p. 578 - 580, Dec. 1993.
- WILLATS, W.G.T.; KNOX, J.P.; MIKKELSEN, J.D. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science & Technology*, Wageningen, v. 17, p. 94-104, 2006.
- WILLIAMS, P.A., DAY, D.H., LANGDON, M.J., PHILLIPS, G.O., NISHINARI, K. (1991). Synergistic interaction of xanthan gum with glucomannans and galactomannans. *Food hydrocolloids* 4: 489-493.
- WILLIAMS, P.A. *Handbook of Industrial Water Soluble Polymers*. Blackwell Publishing, Oxford, U.K., 2007.
- WITAICENIS, A. et. al. Dietary povidexrose prevents inflammatory bowel disease in trinitrobenzenesulfonic acid model of rat colitis. *Journal of Medicinal Food*, New Rochelle, v. 13, n. 6, p. 1391-1396, 2010.
- WONG, D. W. S. *Química de los alimentos – Mecanismos e teoria*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 1995.
- WURGLER, F. E.; SCHLATTER, J.; MAIER, P. The genotoxicity status of sorbic acid, potassium sorbate and sodium sorbate. *Mutation Research Letters*, v. 283, p. 107-111, 1992.
- XU, G.; LIU, D.; CHEN, J.; YE, X.; MA, Y.; SHI, J. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry*, v.106, n.2, p.545-551, 2008.

YAMASHITA, F. et al. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, n.1, p. 92-94, 2003.

YILMAZ Y, TOLEDO RT. Health aspects of functional grape seed constituents. *Trends Food Sci Technol*. 2004; 15:422-33.

ZAMORA, M. C.; ZARITZKY, N. E. Potassium sorbate inhibition of microorganisms growing on refrigerated packaged beef. *Journal of Food Science*, v. 52, n. 3, p. 257-262, 1987.

ZULUETA, A.; ESTEVE, M. J.; FRÍGOLA, A. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. *Food Chemistry*, vol.114, n. 1, p.310-316, 2009.

CAPÍTULO 2

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE AGENTES GELIFICANTES NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE GELEIAS DE LARANJA DE BAIXO VALOR CALÓRICO

1 Resumo

A indústria de alimentos vem oferecendo uma grande diversidade de produtos de baixas calorias à base de frutas, similares aos convencionais, nos quais o açúcar é substituído por edulcorantes. A redução de carboidratos e calorias nesses produtos têm aplicação nas dietas hipocalóricas e nos regimes para diabéticos. O objetivo deste trabalho foi verificar nas características físicas de diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico, a influência dos agentes gelificantes pectina BTM, goma guar e carragena. As geleias foram submetidas a análises de cor, através da avaliação colorimétrica e a análise reológica foi realizada através dos índices de consistência (k) e fluxo (n). Para a avaliação dos resultados foram utilizadas análises estatísticas baseadas no modelo predito. Por meio dos resultados verificou-se que, concentrações menores que 75% de goma guar e menores que 75% de κ-carragena, e concentrações maiores que 75% de pectina BTM resulta em uma geleia de baixo valor calórico com menos sinérese, textura frágil, falta de transparência e perda de coloração.

Palavras chaves: análise física, reologia, colorimetria

ABSTRACT

The food industry has been offering a wide range of low-calorie, fruit-based products, similar to conventional ones, in which sugar is replaced by sweeteners. The reduction of carbohydrates and calories in these products have application in low-calorie diets and in diabetic regimens. The objective of this work was to verify the physical characteristics of different formulations of low calorie orange jelly, the influence of the gelling agents pectin BTM, guar gum and carrageenan. The jellies were submitted to color analysis through colorimetric evaluation and the rheological analysis was performed through the consistency (k) and flow (n) indices. For the evaluation of the results were used statistical analyzes based on the predicted model. By means of the results it was verified that, concentrations less than 75% guar gum and less than 75% κ -carrageenan, and concentrations higher than 75% pectin BTM results in a low calorie jelly with less syneresis, brittle texture, lack of transparency and loss of color.

2 – INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos vem oferecendo uma grande diversificação em produtos de baixas calorias à base de frutos, similares aos convencionais, nos quais o açúcar é substituído por edulcorantes (CÂNDIDO; CAMPOS; 1995).

Pela redução relativa em carboidratos e calorias, esses produtos têm aplicação nas dietas hipocalóricas e nos regimes para diabéticos, obedecidas às quotas permitidas, baseadas na composição química explicitada no rótulo do produto (CAMPOS; CÂNDIDO; 1994; ORNELLAS; 2001).

A formulação de um produto de teor calórico reduzido é iniciado pelo exame detalhado do produto tradicional (LOBO; SILVA; 2003).

As geleias tradicionais são obtidas utilizando-se pectinas de alto teor de metoxilação (ATM), que podem formar géis firmes e estáveis em meios com conteúdo de sólidos solúveis superior a 55 % e um pH na faixa de 2,8 a 3,5. Valores maiores de pH resultam em géis moles, menores (até pH = 2,0) em géis muito duros e em valores muito baixos de pH (menor que 2,0) a pectina é hidrolisada. Já a pectina BTM pode formar géis estáveis na ausência de açúcares, mas requerem a presença de íons bivalentes, como o cálcio, o qual provoca a formação de ligações cruzadas entre as moléculas. Esse tipo de gel é adequado para produtos de baixa caloria ou dietéticos sem adição de açúcar. É menos sensível ao pH que a ATM, podendo formar géis na faixa de 2,5 a 6,5. Apesar dessa pectina não necessitar da adição de açúcar como a ATM para formar gel, a adição de 10 a 20 g/100 g de sacarose resulta em um gel com textura mais adequada (WONG, 1995; RIBEIRO e SERAVALLI, 2004).

A utilização de pectinas BTM e a redução e/ou substituição de açúcar podem ocasionar sinérese, textura frágil, falta de limpidez, perda de coloração e de sabor, além de aumentar o risco de contaminação por fungos e leveduras, diminuindo a vida-de-prateleira das geleias (CAMPOS, 1993; CAMPOS, CÂNDIDO, 1994; CAMPOS, CÂNDIDO, 1995).

Outros hidrocolóides têm sido incluídos na elaboração destas geleias com o objetivo de se obter melhores características reológicas e evitar sinérese. Vários autores sugerem o uso de: carragenas (MODLISZEWSKI, 1983; DAMÁSIO, COSTELL, DURÁN, 1994) e gomas guar (DURÁN, COSTELL, IZQUIERDO, 1994; COUTANT, 1995).

As gomas são compostos poliméricos que, quando dissolvidos ou dispersos em água, formam soluções ou dispersões viscosas. Pertencem ao grupo dos hidrocolóides ou seus derivados, os quais possuem ampla aplicação como agentes espessantes e estabilizantes (SANDERSON, 1981).

As propriedades funcionais das gomas são afetadas, além de outros, pelo tamanho e orientação molecular, ligações iônicas e de hidrogênios, tamanho da partícula, temperatura e concentração. A escolha da goma adequada para uma formulação específica depende de suas propriedades físicas e químicas e do sinergismo com outros hidrocolóides ou componentes do alimento (CÂNDIDO; CAMPOS, 1996).

Muitos pesquisadores mostram as vantagens do uso de agentes gelificantes combinados (DUNSTAN, et. al., 2001; RAMÍREZ, et. al., 2002; MANDALA, et. al., 2004; ARDA et. al., 2009; PEREIRA, 2012).

Em relação ao sabor doce, os edulcorantes são utilizados no desenvolvimento de produtos com reduzido teor ou ausência de açúcar. São substâncias orgânicas, não glicídicas, capazes de conferir sabor doce que resulta em valor mínimo ou ausência de calorias (BRASIL, 2001). Destacam-se entre os edulcorantes permitidos para uso em produtos alimentícios no Brasil, a sucralose e o acessulfame-k (BRASIL, 2001).

Os agentes de corpo são compostos usados em doces e geleias sem adição de açúcar que possuem a propriedade de dar estrutura ao alimento. As características destes compostos devem ser similares às da sacarose, como, por exemplo, reposição de sólidos, estabilidade em diferentes condições de pH e temperatura, ausência de sabor residual e contribuir com a coloração (CAMPOS, 2000; VISSOTO et al., 2005).

Existem vários compostos usados como agentes de corpo, sendo a polidextrose uma das mais utilizadas. Pois, possui baixo índice glicêmico, comparado à glicose, sendo indicada para consumidores que buscam uma dieta com menos carboidratos, inclusive os diabéticos (LANNES et al. 2007; MONTENEGRO et al. 2008). Em alimentos, o uso da polidextrose está aprovado no FDA (Food and Drugs Administration) e em mais de 50 países (MONTENEGRO et al. 2008).

O sorbato de potássio é um agente químico usado largamente na indústria de alimentos devido a sua forte atividade antimicrobiana (PRANOTO et al, 2005), utilizado como conservante em produtos à base de fruta, como suco de frutas e geléias, tendo sua maior atividade em pH abaixo de 6, sendo o espectro de atividade antimicrobiana muito amplo, eficiente contra bolores, leveduras e bactérias (LEITÃO, 1990).

Soler et al. (1998) compararam formulações de goiabada de baixo teor de açúcar, elaboradas com carragena, carragena associada a goma locusta (LBG) e com pectina de baixo teor de metoxilação (BTM). Estes autores concluíram que goiabadas com 40 % de açúcar e 60 % de polpa de goiaba, tanto a formulação com a pectina BTM (1 %) como a formulação que associou os dois hidrocolóides (0,8 e 0,2 % para carragena e locusta, respectivamente), apresentaram géis firmes, com boa coesividade e aceitação sensorial.

Nachtigall et. al. (2004) comparou quatro formulações *light* e uma convencional de geleia de amora-preta, com diferentes percentuais da associação das gomas carragenas e xantana. Os resultados mostraram que a utilização de goma carragena e xantana não afetou negativamente as características físicas, químicas e sensoriais, tendo contribuído para melhorar a consistência e a redução do sabor estranho das geleias *light*.

No estudo de ZAMBIAZI, CHIM e BRUSCATTO (2006), foram elaboradas quatro formulações de geleias de morango, sendo uma convencional e três *light*. A fórmula tradicional foi feita com pectina de alto teor de metoxilação, as formulações de baixo valor calórico foram elaboradas com pectina de baixo teor de metoxilação, durante um período de armazenamento de 120 dias, nas condições ambientes (25 °C). As geleias apresentaram boa estabilidade ao longo do período de armazenamento de 120 dias, quanto aos seus parâmetros físico-químicos e sensoriais.

Diante disso o objetivo deste trabalho foi verificar as características físicas de diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico, e avaliar a influência dos agentes gelificantes pectina BTM, goma guar e carragena.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Materiais

Foram utilizados os seguintes materiais: laranja (variedade Pêra Rio), açúcar cristal (Alvinho), edulcorantes acessulfame-k (NutraMax) e sucralose (NutraMax), sorbato de potássio (Rica Nata), pectina de baixo teor de metoxilação (Rica Nata), gomas guar (PrymeFoods) e carragena (Gastronomy Lab) e polidextrose (NutraMax).

3.2 - Métodos

O trabalho foi realizado nos laboratórios de Análise Sensorial e de Bromatologia da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, e no laboratório Multiusuário da Escola de Farmácia da UFOP.

3.2.1 - Processamento das laranjas

As laranjas da variedade Pêra Rio utilizadas neste estudo foram adquiridas em mercado local e foram previamente lavadas e higienizadas em solução de hipoclorito de sódio a 2,5 % durante 15 minutos.

Para a extração do suco da laranja, as frutas foram processadas em espremedor elétrico, obtendo-se o suco integral da fruta sem adição de açúcar e água. O suco obtido das laranjas foi armazenado à -18 °C em potes de polietileno com tampa e recobertos por papel alumínio para evitar a decomposição de nutrientes tais como vitaminas e compostos antioxidantes sensíveis à luz e ao oxigênio, e perda de aroma e sabor.

3.2.2 - Delineamento Experimental

Para a elaboração das geleias de laranja de baixo valor calórico utilizou-se o planejamento estatístico simplex-lattice para avaliar o efeito sinérgico dos agentes gelificantes: pectina de baixo teor de metoxilação (X_1), goma guar (X_2) e goma carragena (X_3). O planejamento estatístico e os níveis das variáveis encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Planejamento experimental simplex-lattice das diferentes formulações de geleias de laranja de baixo valor calórico

Formulações	Variáveis		
	X_1	X_2	X_3
F1	1	0	0
F2	0	1	0
F3	0	0	1
F4	0,5	0,5	0
F5	0,5	0	0,5
F6	0	0,5	0,5
F7	0,68	0,16	0,16
F8	0,16	0,68	0,16
F9	0,16	0,16	0,68
F10	0,33	0,33	0,34
F11	0,33	0,33	0,34
F12	0,33	0,33	0,34

X_1 : pectina de baixo teor de metoxilação, X_2 : goma guar, X_3 : goma carragena.

3.2.3 - Elaboração das geleias de laranja de baixo valor calórico

Para a elaboração das geleias, inicialmente, foram adicionados, em tacho aberto de aço inoxidável, 60 % de suco da laranja, 20 % de açúcar cristal e 18,925 % de polidextrose, estes ingredientes foram fixos em todas as formulações. A mistura sofreu o processo de cocção (80 °C) até 30 °Brix. Os agentes gelificantes (pectina de baixo teor de metoxilação, goma guar e goma

carragena) utilizados foram dissolvidos em 5 mL de água e em seguida adicionadas à mistura de acordo com o delineamento experimental (Tabela 2), contendo no total 1 % dos agentes gelificantes. A quantidade total dos agentes gelificantes foi definida por meio de testes prévios.

A mistura foi mantida sob cocção até 60 °Brix. A quantidade de edulcorantes foi de acordo com Souza et al (2013), o qual utilizou um *blend* de acessulfame-k/sucralose na proporção 3:1. Os edulcorantes acessulfame-k (0,01875 %) e sucralose 0,00625 %) e o conservante sorbato de potássio (0,05 %) foram dissolvidos em 2 mL de água e adicionados à mistura. As formulações permaneceram em cocção até alcançarem um teor de sólidos solúveis final de 65 °Brix.

As geleias ainda quentes foram envasadas em recipientes de vidro com tampa, previamente esterilizados, fechados, resfriados em temperatura ambiente e estocados em incubadora de BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) a temperatura de 20 °C.

3.3 - Avaliação física das geleias de laranja de baixo valor calórico

3.3.1 – Avaliação colorimétrica

A cor das geleias foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Lau et al (2000) em triplicata. Os valores de L, a e b foram determinados utilizando aparelho colorímetro Konica Minolta modelo CR 400, trabalhando com D65 (luz do dia) e usando-se os padrões CIELab: em que L varia de 0 (preto) a 100 (branco), a varia de verde (-) ao vermelho (+), b varia de azul (-) ao amarelo (+).

3.3.3 - Análise reológica

As determinações foram realizadas em Reômetro (Brookfield modelo RV-III) tipo cone/placa, acoplado a um *software* Rheocalc versão V. 3.0, utilizando *spindle* CP52 e 0,5 g de amostra a 25 °C. As medidas foram feitas utilizando de 1 a 250 rpm, com variação em intervalo de 50 em 50 rpm, para se obter uma

curva ascendente. O procedimento foi repetido no sentido inverso, com velocidades progressivamente decrescentes (250 a 1 rpm), para a curva descendente. As medidas foram realizadas em duplicatas.

3.4 - Análise dos resultados

As análises estatísticas foram baseadas no modelo predito para as avaliações físicas das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico. O modelo geral da função da regressão foi ajustado aos valores das variáveis respostas. Estes valores possuem termos lineares e não lineares conforme a Equação 2.

$$Y_1 = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad \text{Eq. 2}$$

Para avaliar o ajuste dos dados, observou-se a análise de variância (ANOVA) e o coeficiente de determinação (R^2) de cada parâmetro analisado em *software* Statistica 6.0 (StatSoft Inc., U.S.A., 2007). Para os parâmetros que não houveram ajuste de modelo, fez-se teste de médias (Scott-Knott) a 5,0 % de probabilidade em *software* Sisvar (FERREIRA, 2000).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. – Avaliação colorimétrica

A adequação do modelo completo do parâmetro L da análise de cor foi verificado pelo coeficiente de determinação (R^2), que explica 72 % da variância total das respostas (Tabela 3 e Figura 15).

Tabela 3 - Modelo predito para os parâmetros L das geleias de laranja de baixo valor calórico

Parâmetro	Modelo predito	R ²
L	$30,84X_1^* + 29,90X_2^* + 29,09X_3^* + 31,44X_1X_2^* - 5,31X_1 X_3 - 0,02X_2X_3$	0,72

X₁, pectina BTM; X₂, goma guar; X₃, carragena. * Significativo ao nível de 0,05

Para o parâmetro L da análise de cor (Tabela 3), houve efeito positivo significativo ($p \leq 0,05$) em X₁ (pectina BTM), X₂ (goma guar) e X₃ (carragena) e entre X₁X₂ (pectina BTM e goma guar), sendo estes efeitos semelhantes (coeficientes próximos).

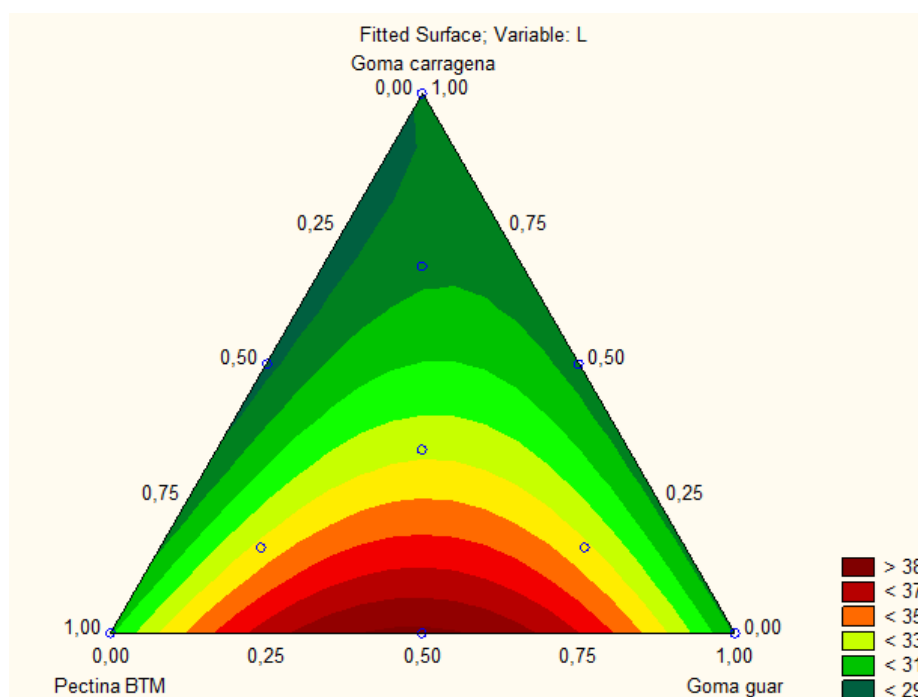


Figura 15. Gráfico de contorno relativa ao parâmetro de cor L das geleias de laranja de baixo valor calórico.

De acordo com o gráfico de contorno (Figura 15), as geleias que apresentaram os maiores valores de L (luminosidade) foram aquelas obtidas em regiões com combinação entre 25 a 75% de pectina BTM e 25 a 75% de goma guar, já os menores valores de L estão nas regiões que tendem a 100% de cada agente gelificante usado isoladamente. Assim a adição da pectina

BTM combinada com a goma guar tornaram as geleias de laranja mais claras e os agentes gelificantes (pectina BTM, carragena e goma guar) usados isoladamente tornou as geleias mais escuras.

Oliveira et. al., (2014) no estudo do processamento e caracterização físico-química de geleias *diet* de umbu-cajá durante o armazenamento em condições ambientais, utilizando pectina BTM em diferentes concentrações (0,5%, 1,0%, 1,5%) como agente gelificante, observaram que todas as formulações apresentaram tendência ao escurecimento obtendo-se luminosidade L^* inferior a 45. Corroborando com os resultados deste estudo que verificaram que, o uso da pectina BTM usada isoladamente apresentou tendência ao escurecimento do produto.

Antunes et. al. (2014) analisando a influência do emprego associado de diferentes concentrações de hidrocolóides (goma guar e goma xantana) na cor instrumental de *topping* de azeitona verificaram que a formulação que apresentou menor valor para L^* , foi a que apresentou a maior concentração de goma guar.

Os resultados obtidos no estudo de Rather et al., (2016) sobre os efeitos da goma guar como substituto de gordura em alguns parâmetros de qualidade do goshtaba de carneiro, foi verificado que nos produtos com a adição de goma guar (0,5-1,5%) o aumento da concentração desta goma diminuiu os valores de L^* , corroborando com os resultados do nosso estudo que verificaram que, o uso da goma guar isoladamente provocou uma tendência a diminuição dos valores de L^* e assim levou ao escurecimento da geleia.

No estudo de Pietrasik (2003) das propriedades ligantes e texturais de géis de carne processados com *kappa* carragena, albumina de ovo e transglutaminase microbiana, observou-se que os ingredientes não cárneos influenciaram os parâmetros de cor, mas que a adição de carragena gerou produtos com valores mais baixos de L^* . A presença de carragena, de maneira geral, resultou em produtos mais escuros quando comparados com aqueles sem esta adição. Sendo que a luminosidade dos géis foi afetada através de efeitos interativos da *kappa* carragena e da albumina do ovo com a transglutaminase microbiana.

Para os parâmetros de cor a e b observou-se por meio dos valores obtidos que não se adequaram ao modelo estatístico predito. Desta forma foi realizado teste de médias dos valores (Tabela 4).

Tabela 4 - Avaliação dos parâmetros de cor a e b das diferentes formulações de geleias de laranja de baixo valor calórico

Formulações	Parâmetro de cor a*	Parâmetro de cor b*
F1	4,01 ± 0,12 b	9,50 ± 1,58 c
F2	3,62 ± 0,07 c	12,12 ± 0,27 c
F3	3,62 ± 0,08 c	9,21 ± 1,73 c
F4	4,84 ± 0,53 a	21,36 ± 4,35 a
F5	3,66 ± 0,06 c	11,20 ± 0,73 c
F6	4,21 ± 0,22 b	10,70 ± 0,98 c
F7	3,22 ± 0,28 c	13,44 ± 0,38 c
F8	2,63 ± 0,57 d	9,82 ± 1,42 c
F9	3,76 ± 0,01 c	16,88 ± 2,11 b
F10	4,16 ± 0,19 b	12,44 ± 0,11 c

Valor médio ± desvio padrão; Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste Scott-Knott a 5 % de significância. F1, 1 % pectina BTM; F2, 1 % goma guar; F3, 1 % goma carragena F4, 0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma guar; F5, 0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma carragena; F6, 0,5 % goma guar e 0,5 % goma carragena; F7, 0,68 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,16 % goma carragena; F8, 0,16 % pectina BTM, 0,68 % goma guar e 0,16 % goma carragena; F9, 0,16 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,68 % goma carragena; F10, 0,33 % pectina BTM, 0,33 % goma guar e 0,34 % goma carragena. *Formulação 10: média dos valores dos parâmetros físicos obtidos para formulações 10, 11 e 12.

Para a Formulação 4 (0,5 % de pectina BTM e 0,5 % de goma guar) obteve-se maior média tanto para o parâmetro de cor a (vermelhidão) quanto para o parâmetro de cor b (amarelamento), diferindo estatisticamente das demais formulações ($p \leq 0,05$) (Tabela 4).

Considera-se que a adição destes agentes gelificantes, goma guar e pectina BTM, influenciaram os parâmetros de cor a* e b* das geleias de laranja, tornando-as um produto com características de cor tendendo ao amarelo e ao

vermelho, devido os valores dos parâmetros de cor a^* e b^* obtidos apresentarem médias com baixos valores positivos.

No estudo de Oliveira, (2015) da qualidade de pão de forma sem glúten a base de co-produtos de arroz e soja, com hidrocolóides e/ou transglutaminase, com o objetivo de avaliar a qualidade (perfil textural, cor do miolo e da crosta e volume específico) em função do tipo de hidrocolóides (gomas guar, xantana, carboximetilcelulose e pectina) e doses (1 e 2g 100g⁻¹ em base da mistura total destes três co-produtos) adicionados na formulação, observou-se que a goma guar afetou significativamente os parâmetros instrumentais a^* e b^* do miolo dos pães de forma. As coordenadas a^* e b^* foram maiores nos miolos dos pães de forma fabricados com goma guar (mais amarelados, levemente avermelhados e com cor mais intensa).

De Oliveira et. al. (2014) no estudo do processamento e caracterização físico-química de geleias *diet* de umbu-cajá durante o armazenamento em condições ambientais, utilizando pectina BTM em diferentes concentrações (0,5%, 1,0%, 1,5%) como agente gelificante, observaram que os resultados dos parâmetros de cor a^* e b^* das geleias *diet* de umbu-cajá apresentaram efeito significativo, indicando que a variação das concentrações de pectina influenciou nessas características físicas do produto. Verificou-se que as geleias revelaram leve tonalidade avermelhada $+a^*$, e a coloração mais perceptível foi a amarela $+b^*$ (DE OLIVEIRA et. al., 2014).

Em relação à pectina BTM, diferente dos resultados obtidos neste estudo (tem sido reportado, em alguns trabalhos na literatura) a adição de pectina de baixo ou alto teor de metoxilação diminui a intensidade de cor (parâmetros a^* e b^*) de geleias (VENDRAMEL et al., 1997; DERVISI et al., 2001; NACHTIGALL et al., 2004; POLICARPO et al., 2007).

4.1.3 – Análise Reológica (comportamento reológico das formulações)

O comportamento reológico das formulações foi avaliado utilizando o modelo da Lei das Potências, os parâmetros relativos ao modelo são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros da análise reológica das diferentes formulações de geleias de laranja de baixo valor calórico

Formulações	Índice de fluxo (n)	Índice de consistência (k)
F1	0,30	78.712
F2	0,60	4.037
F3	0,34	34.856
F4	0,56	5.201
F5	0,33	40.565
F6	0,42	21.074
F7	0,55	7.525
F8	0,59	9.877
F9	0,24	55.344
F10	0,44	37.968

*Formulação 10: média dos valores dos valores reológicos obtidos para formulações 10, 11 e 12.

Na Tabela 5, todas as formulações apresentaram índice de fluxo $n < 1$, o que significa que possuem comportamento pseudoplástico, uma vez que, esses fluidos em repouso apresentam um estado desordenado, e quando submetidos a uma tensão de cisalhamento suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada. Quanto maior a tensão aplicada, maior será a ordenação. Consequentemente, a viscosidade aparente será menor (HOLDSWORTH, 1971).

Segundo Steffe (1996), quando o valor de K (índice de consistência do fluido) é maior que zero e o valor de n está entre $0 < n < 1$, o fluido é considerado não newtoniano e pseudoplástico.

O comportamento pseudoplástico é frequente relatado em formulações que contém gomas naturais ou sintéticas e polímeros (YASAR, TOGRUL; ARSLAN, 2007).

No estudo de Sora et. al., (2011) da caracterização reológica de geleia *diet* de pimenta *capsicum baccatum*, utilizando pectina BTM também foi observado que a geleia de pimenta *diet* apresentou um comportamento

pseudoplástico em todas as temperaturas ensaiadas, sendo bem ajustados pelo modelo de Lei de Potência.

A adequação do modelo completo para o parâmetro do índice de consistência e índice de fluxo da análise de reologia das geleias de laranja de baixo valor calórico foi verificado pelo coeficiente de determinação (R^2), que explicam 85 % a 91% da variância total das respostas (Tabela 6 e Figuras 17a e 17b).

Para o parâmetro índice de consistência (Tabela 6), houve efeito positivo significativo ($p \leq 0,05$) em X1 (pectina BTM), X3 (carragena) e entre X2X3 (goma guar e carragena) e um efeito negativo significativo ($p \leq 0,05$) entre X1X2 (pectina BTM e goma guar). Já para o parâmetro índice de fluxo (Tabela 6), houve efeito positivo significativo ($p \leq 0,05$) em X1 (pectina BTM) e um efeito negativo significativo ($p \leq 0,05$) entre X1X2 (pectina BTM e goma guar) e entre X1X3 (pectina BTM e carragena). As superfícies de contorno dos dois parâmetros reológicos estão apresentados da Figura 16a e 16b.

Tabela 6 - Modelo predito para o parâmetro do índice de consistência e índice de fluxo das geleias de laranja de baixo valor calórico

Parâmetro	Modelo predito	R²
Índice de consistência(k)	$35832,0X_1^* + 4029,0X_2 + 25964,4X_3^* - 84336,2X_1X_2^* - 43021,0X_1 X_3 + 99381,4X_2X_3^*$	0,85
Índice de fluxo (n)	$8,4667X_1^* + 0,7298X_2 + 0,4201X_3 - 15,8869X_1X_2^* - 16,2941X_1 X_3^* + 2,8066X_2X_3$	0,91

X₁, pectina BTM; X₂, goma guar; X₃, carragena. * Significativo ao nível de 0,05

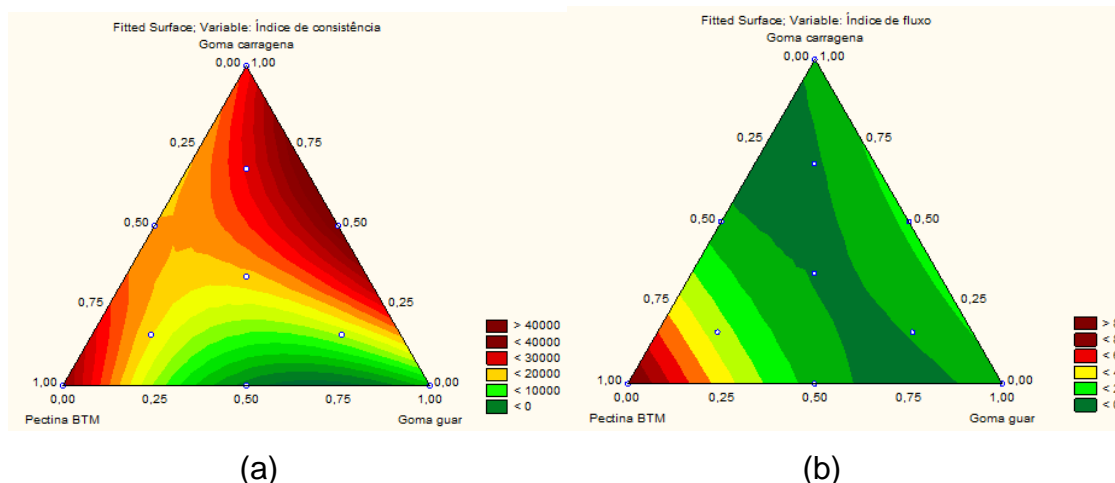


Figura 16. Gráfico de contorno relativo ao parâmetro do índice de consistência (a) e índice de fluxo (b) das geleias de laranja de baixo valor calórico.

Através do Modelo Lei da Potência é possível definir o comportamento do fluido em newtoniano ou não newtoniano, e estabelecer os parâmetros k (índice de consistência) sendo uma medida da consistência do fluido e n (índice de fluxo), como sendo o índice de comportamento de fluxo, ou seja, mede a “pseudoplasticidade” do fluido (BRETAS & D’ÁVILA, 2005).

Desta forma, observou-se que as geleias que apresentaram os maiores valores do índice de consistência (Figura 16a) foram aquelas obtidas em regiões com concentrações maiores que 75% de pectina BTM e na combinação entre 0 a 75% de goma guar e 25 a 100% de carragena, já os menores valores do índice de consistência está nas regiões que possuem entre 25 a 100% de goma guar e 0 a 75% de pectina BTM. Assim podemos considerar que o uso dos agentes gelificantes (pectina BTM, goma guar e carragena) influenciaram nos valores obtidos do índice de consistência. Dessa forma podemos verificar que a combinação entre goma guar e carragena tendeu a aumentar os valores desse índice.

De acordo com Cui (2005) há um aumento sinérgico na viscosidade ou resistência do gel em função da mistura de gomas galactomanana (goma guar) com certos polissacarídeos, como xantana, κ -carragena, e agarose. O que corrobora com os resultados obtidos neste estudo.

No caso da pectina BTM o aumento do índice de consistência pode ter ocorrido devido a presença de cálcio na polpa da laranja pêra rio, que contém entre 7 e 11 mg de cálcio por 100g de parte comestível da fruta (TACO, 2011;

USDA, 2005), pois as moléculas de pectina BTM interagiram com os íons cálcio presente no suco e assim a formação do gel foi assegurada por ligação iônica estabelecida por íons metálicos bivalentes como o cálcio (FENNEMA, 2010), sendo o efeito mais pronunciado para altas concentrações de pectina BTM, acarretando o aumento do índice de consistência.

Grande parte do cálcio necessário para formar o gel é originário da fruta. A determinação do teor de cálcio livre da fruta é de vital importância durante a formação da rede de gel para a maioria dos hidrocolóides (CAMPOS, 1993; CAMPOS; CÂNDIDO, 1994).

Os fatores que condicionam o comportamento de formação do gel das pectinas BTM são o grau de esterificação, a porcentagem de cálcio e de sacarose adicionados (DICKINSON, 2003).

DIAS et al., (2009), no estudo de elaboração e avaliação de iogurte adicionado de pectina obtida da casca de laranja pêra (*Citrus sinensis* L. Osbeck), as amostras de iogurte foram preparadas sem adição de pectina, com pectina extraída em laboratório de baixo teor de metoxilação (BTM) e com pectinas comerciais de alto (ATM) e baixo teor de metoxilação. A partir dos resultados obtidos foi possível observar que a viscosidade das amostras de iogurte aumentou com a adição de pectina BTM. Os iogurtes adicionados de pectina BTM apresentaram menor sinérese, em relação ao iogurte adicionado de pectina ATM e ao iogurte sem adição de pectina. A presença da pectina não alterou os parâmetros físico-químicos das amostras de iogurte.

Em relação a *kappa*-carragena, no estudo de Pietrasik (2003) das propriedades ligantes e texturais de géis de carne processados com *kappa* carragena, albumina do ovo e transglutaminase microbiana, constatou-se que as amostras de produtos cárneos, preparados com *kappa*-carragena tiveram um aumento substancial de dureza.

Em temperaturas acima de 60 °C, as carragenanas existem como estruturas de novelo aleatório (desordenadas) como resultado das repulsões eletrostáticas entre as cadeias de polímero. Uma vez resfriadas, as cadeias poliméricas mudam de conformação para uma estrutura de hélice (ordenada). Resfriamento adicional e presença de cátions (K^+ , Ca^{+2} , Na^+) levam a agregação das hélices e formação de um gel estável, formado através de

interações intermoleculares entre as cadeias de carragenanas (PEREIRA, 2004; WEBBER, 2010; RHEIN-KNUDSEN; ALE; MEYER, 2015; TAVASSOLI-KAFRANI; SHEKARCHIZADEH; MASOUDPOUR-BEHABADI, 2016). Tendo ocorrido interações das carragenas com os íons cálcio da polpa de laranja neste estudo e conseqüentemente aumento do índice de consistência.

De acordo com o gráfico de contorno (Figura 16b), é possível observar que as geleias que apresentaram os maiores valores do índice de fluxo foram obtidas em regiões com concentrações maiores que 75% de pectina BTM, já os menores valores do índice de fluxo estão nas regiões que possuem entre 0 a 75% de pectina BTM e 25 a 100% de goma guar e entre 0 a 75% de pectina BTM e 25 a 100% de carragena. Assim considerou-se que altas concentrações de pectina BTM aumentaram os valores do índice de fluxo, já baixas concentrações de pectina BTM, a combinação entre pectina BTM e goma guar e a combinação de pectina BTM e carragena diminuíram os valores dos índices de fluxo.

Por meio do n avalia-se o desvio em relação ao comportamento newtoniano, indicando o grau de pseudoplasticidade dos sucos de frutas, de forma que, quanto mais afastado o n se encontra da unidade, maior a pseudoplasticidade do produto (SILVA, 2000).

Evidencia-se no gráfico de contorno (Figura 16b) que o índice de comportamento de fluxo tem um acréscimo com o aumento da quantidade de pectina BTM nas geleias. Isso denota que ocorreu uma redução da pseudoplasticidade das geleias com altas concentrações de pectina BTM. No entanto como os valores de $n < 1$ para todas as formulações de geleias, concluiu-se que todas as formulações tiveram comportamento pseudoplástico.

O efeito significativo positivo da pectina BTM em relação ao índice de fluxo é devido ao progressivo aumento das moléculas rígidas da pectina com a força de cisalhamento (FERREIRA et. al., 2007).

Analisando os resultados, observou-se que, a pectina BTM em concentrações acima de 75% elevou o índice de consistência e também o índice de fluxo, sendo esses resultados coerentes, pois um maior índice de consistência sugere uma maior viscosidade, e sendo a viscosidade a propriedade associada à resistência interna que o fluido oferece à deformação

por cisalhamento (LIVI, 2004). Verificamos dessa forma um maior índice de fluxo.

5 – CONCLUSÃO

A interação entre os agentes gelificantes influenciou as características físicas, das geleias de laranja de baixo valor calórico, sendo que os valores obtidos indicaram que a combinação entre pectina BTM e a goma guar causaram efeito positivo para o parâmetro L^* , maior média para os parâmetros a^* e b^* , e um efeito negativo para o índice de consistência (k) e índice de fluxo (n). As formulações com altas concentrações de pectina BTM, aumentou os parâmetros reológicos, índices de consistência (k) e fluxo (n). Sugere-se que concentrações menores que 75% de goma guar e menores que 75% de carragena, e concentrações acima de 75% de pectina BTM resulta em uma geleia de baixo valor calórico com menos sinérese, textura frágil, falta de transparência e perda de coloração.

6 – REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Bruna et al. Análise de cor instrumental e sensorial de topping de azeitona. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 6, n. 2, 2014.
- ARDA, E.; KARA, S.; PEKCAN, Ö. Synergistic effect of the locust bean gum on the thermal phase transitions of k-carragena gels. Food Hydrocolloids, v. 23, p. 451-459, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 3, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico que aprova o uso de aditivos edulcorantes em alimentos, estabelecendo seus limites máximos para os alimentos.
- BRETAS, R. E. S.; D'ÁVILA, M. A. Reologia de polímeros fundidos. 2 ed. São Carlos: EdUFSCar, 2005.

CAMPOS, A.M. Efeito de adoçantes e edulcorantes na formulação de geléias de fruta com pectina amidada. Curitiba, 1993. 166 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) - Universidade Federal do Paraná.

CAMPOS, M. B. Chocolates sem adição de açúcar: matérias-primas, formulações, processos de produção e análise sensorial. In: MANUAL Técnico do Seminário de Produtos Diet e Light. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos. 154p. 2000.

CAMPOS, A. M.; CÂNDIDO, L. M. B. Comportamento de géis de pectinas amidadas em presença de diferentes adoçantes e teores variados de cálcio. Bol. Centro Pesq. Processamento Alim., Curitiba, v. 12, n. 1, p. 39-54, jan./jun. 1994.

CAMPOS, A.M.; CÂNDIDO, L.M.B. Formulação e avaliação físico-química e reológica de geléias de baixo teor de sólidos solúveis com diferentes adoçantes e edulcorantes. Ciênc. Tecnol. Alim., Campinas, v.15, n.3, p. 268-278, dez. 1995.

CÂNDIDO, L. M.B.; CAMPOS, A. M. Alimentos para fins especiais: dietéticos. São Paulo: Varela, 423p.1995.

CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M.. Alimentos para fins especiais: dietéticos. São Paulo: Varela, 1996. 411p.

COUTANT, A. Guar gum, locust bean gum and xanthan gum: functional agents for texture of food products. In: FOOD INGREDIENTS SOUTH AMERICA (São Paulo :1995). São Paulo: Rhodia/Rhone Poulenc Group, Sept. 12, 39 p. 1995.

CUI, Steve W. Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications, CRC Press, Boca Raton, Flórida, 2005.

DAMÁSIO, M. H., COSTELL, E., DURÁN, L. Influence of composition on non-oral texture of k-carragena, LBG, guar gum mixed gels. Food Quality and Preference, Reading, v. 5, p. 195-201, 1994.

DE OLIVEIRA, E. N. A. et al. Processamento e caracterização físico-química de geleias diet de umbu-cajá (Spondias spp.) = Processing and physicochemical characterization of diet umbu-cajá (Spondias spp.) jellies. Bioscience Journal, v. 30, n. 4, 2014.

DERVISI, P.; LAMB, J.; ZABETAKIS, I. High pressure processing in jam manufacture: effects on textural and colour properties. *Food Chem.*, United Kingdom, v. 73, n. 1, p. 85-91, Apr. 2001.

DIAS, B. M.; PULZATTO, M. E. Elaboração e avaliação de iogurte adicionado de pectina obtida da casca de laranja pêra (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 64, n. 367, p. 26-35, 2009.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, v.17, n.1, p.25-39, 2003.

DUNSTAN, D. E.; CHEN, Y.; LIAO, M.L.; SALVATORE, R.; BOGER, D. V.; PRICA, M. Structure and Rheology of the k-carrageenan/locust bean gum gels. *Food Hydrocolloids*, v. 15, p. 475-484, 2001.

DURÁN, L., COSTELL, E., IZQUIERDO, L. Low sugar bakery jams with gellan gum-guar gum mixtures. Influence of composition on texture. *Food Hydrocolloids*, Oxford, v. 8, n. 3-4, p. 373-381, 1994.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. *Química de Alimentos de Fennema – 4ª ed.* - Editora Artmed, 2010.

FERREIRA, D. F. (2000). Programa Sisvar: versão 3,04. Lavras: UFLA/DEX.

FERREIRA, G. M.; GUIMARÃES, M. J. O. C.; MAIA, M. C. A. Interações sinérgicas entre polpa de fruta e polissacarídeos em cisalhamento estacionário e dinâmico. In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 9, 2007, Curitiba. Anais... Curitiba: Editora TecArt, p. 654-660. 2007.

FERREIRA, C. A. D.; GUIMARÃES, M. J. O. C.; MAIA, M. C. A. Efeito da temperatura e taxa de cisalhamento nas propriedades de escoamento da polpa de cupuaçu (*T. grandiflorum* schum) integral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.30, n. 2, p. 385-389, 2008.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. *Journal of Texture Studies*, v.2, n.4, p. 393-418, 1971.

LANNES, S. C. S; RICHTER, M. Ingredientes usados na indústria de chocolates. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, vol. 43, n. 3, jul./set., 2007.

LAU, M. H.; TANG, J.; SWANSON, B. G. Kinetics of textural and colour changes in green asparagus during thermal treatments. *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 45, n. 4, p. 231-236, 2000.

LEITÃO, M. F. F. Conservadores em alimentos e fatores que afetam sua eficiência no controle de micro-organismos. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, v.20, p. 116-127, 1990.

LIVI, C. P. Fundamentos de fenômenos de transporte: um texto para cursos básicos. Rio de Janeiro: LCT, 2004, 224p.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Aspectos Tecnológicos de Produtos de Panificação e Massas Alimentícias com Teor Calórico Reduzido. *Bol. sbCTA*, v. 37, n. 1, p 1-8, 2003.

MANDALA, I. G.; SAVVAS, T. P.; KOSTAROPOULOS, A. E. Xanthan and locust bean gum influence on the Rheology and structure of a White model-sauce. *Journal of Food Engineering*, v. 64, p. 335-342, 2004.

MODLISZEWSKI, J.J. Carragena (reprodução de demonstração técnica). Philadelphia: FMC Corporation, Food Ingredients Division, 12 p. 1983.

MONTENEGRO, F. M.; et al. Biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28 (supl.): 184-191, dez, 2008.

NACHTIGALL, A. M.; SOUZA, E. L.; MALGARIM, M. B.; ZAMBIAZI, R. C. Geléias light de amora-preta. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 337-353, 2004.

OLIVEIRA de DEUS, K. "Qualidade de pão-de-forma sem glúten a base co-produtos de arroz e soja, com hidrocolóides e ou transglutaminase." (2015). 117 f. Dissertação mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

ORNELLAS, L. H. Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos. 6. ed. São Paulo: Atheneu, 330p. 2001.

PEREIRA, L. C. R. T. Estudos em macroalgas carragenófitas (Gigartinales, Rhodophyceae) da costa portuguesa: aspectos ecológicos, bioquímicos e citológicos. 2004. 325 f. Tese (Doutorado em Biologia) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2004.

- PEREIRA, P. A. P. Efeitos dos aditivos nas propriedades reológicas e sensoriais de goiabadas funcionais sem açúcar. Lavras, 2012. 242 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos). UFLA, 2012.
- PIETRASIK, Z. Binding and textural properties of beef gels processed with k-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase. *Meat Science*, Oxford, v. 63, p. 317-324, 2003.
- POLICARPO, et. al. Estabilidade da cor de doces em massa de polpa de umbu (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam.) no estágio de maturação verde. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1102-1107, jul./ago., 2007.
- PRANOTO, Y.; RAKSHIT, S. K.; SALOKHE, V. M. Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *LWT – Food Science and Technology*, v. 38, p. 859-865, 2005.
- RAMÍREZ, J. A.; BARRERA, M.; MORALES, O. G.; VÁSQUEZ, M. Effect of xanthan and locust bean gums on the gelling properties of myofibrillar protein. *Food Hydrocolloids*, v. 16, p. 11-16, 2002.
- RATHER, S. A.; MASOODI, F. A.; AKHTER, R.; GANI, A.; WANI, S. M.; MALIK, A. H. Effects of guar gum as fat replacer on some quality parameters of mutton goshtaba, a traditional Indian meat product. *Small Ruminant Research*, v. 137, p. 169-176. 2016.
- RHEIN-KNUDSEN, N.; ALE, M.; MEYER, A. Seaweed Hydrocolloid Production: An update on enzyme assisted extraction and modification technologies. *Marine Drugs*, v. 13, n. 6, p. 3340-3359, 27 maio 2015.
- RIBEIRO, E. P., SERAVALLI E. A. G; *Química de Alimentos*, São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 2004.
- SANDERSON, G.R. Polysaccharides in foods. *Food Technology*, Chicago, p. 50-83, 1981.
- SILVA, F. C. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e da temperatura. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas: UNICAMP, 2000. 130p.
- SOLER, M. P.; FADINI, A. L.; QUEIROZ, M.B.; MORI, E. E. M.; FERREIRA, V. L. P.; FISZMAN, S. Aplicação de hidrocolóides na formulação de goiabada com baixo teor de açúcar. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.32, n.1, p.30-34, 1998.

SORA et al. Caracterização reológica de geleia *diet* de pimenta *capsicum baccatum*. Revista Tecnológica, Edição Especial V Simpósio de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos, pp. 43-48, 2011.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; PINHEIRO, A. C. M.; BOLINI, H. M. A.; BORGES, S. V.; QUEIROZ, F. Analysis of various sweeteners in low-sugar mixed fruit jam: equivalent sweetness, time-intensity analysis and acceptance test. International Journal of Food Science and Technology, v. 48, p. 1541-1548, 2013.

STEFFE, J.F. Rheological methods in food process engineering. Freeman Press, 2.ed., Michigan, p. 418. 1996.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos -Ed. Campinas: NEPA-UNICAMP- NEPA-UNICAMP, 161p. 2011.

TAVASSOLI-KAFRANI, E.; SHEKARCHIZADEH, H.; MASOUDPOUR-BEHABADI, M. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. Carbohydrat Polymers, v. 137, p. 360-374, fev. 2016.

USDA. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. Nutrient Database for Standard Reference, Release 18.

VENDRAMEL, S. M. R.; CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Avaliação reológica e sensorial de geléias com baixo teor de sólidos solúveis com diferentes hidrocolóides obtidas a partir de formulações em pó. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (Ceppa) v. 15, n.01, p.37-56,1997.

VISSOTO, F. Z.; GOMES, C. R.; BATISTA, B. J. L. Caracterização do comportamento reológico e da textura de chocolates sem sacarose. Brazilian Journal of Food Technology, Chicago, v. 8, n. 2, p. 107-111, 2005.

WEBBER, V. Extração e caracterização de carragenana obtida de *Kappaphycus alvarezii*. 2010. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

WONG, D. W. S. Química de los alimentos – Mecanismos e teoria. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.,1995.

YASAR, F.; TOGRUL, H.; ARSLAN, N. Flow properties of cellulose and carboxymethyl cellulose from Orange peel. *Journal Food Engineering*, London, v. 81, p. 187-199, 2007.

ZAMBIAZI, R. C.; CHIM, J. F.; BRUSCATTO, M. Avaliação das características e estabilidade de geléias light de morango. *Alim. Nutr.*, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 165-170, 2006.

CAPÍTULO 3

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE AGENTES GELIFICANTES NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GELEIAS DE LARANJA DE BAIXO VALOR CALÓRICO

1 Resumo

Geleias de frutas constituem um mercado que vem crescendo devido à aceitabilidade sensorial, alto valor agregado e qualidade nutricional. As geleias tradicionais são obtidas utilizando-se pectinas de alto teor de grupos metoxilas (ATM), que geleificam em presença de elevada concentração de sólidos solúveis provenientes da adição de açúcar. As geleias com baixo teor de sólidos solúveis são comumente formuladas utilizando pectina de baixo teor de metoxilação (BTM), destinadas a dietas de restrição calórica. Estas pectinas formam gel em presença de íons metálicos bivalentes, normalmente cálcio, não necessitando da presença de açúcares, o que proporciona a obtenção de geleias de baixo valor calórico. A utilização de pectinas BTM e emprego de substitutos do açúcar na elaboração de produtos de baixas calorias induz alterações na formação de gel de pectina e nas condições para obtenção do produto, podendo, quando não utilizadas adequadamente, resultar em uma textura frágil e até mesmo ocasionar sinérese. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito dos agentes gelificantes (pectina BTM, goma guar e goma carragena) sobre as características físico-químicas de geleias de laranja de baixo valor calórico. Foram realizadas análise de acidez (%), açúcares totais (g de glicose/100g de geleia) e umidade (%). Para a avaliação dos resultados foram utilizadas análises estatísticas baseadas no modelo predito e teste de médias (Scott-Knott) a 5,0 % de probabilidade. Por meio dos resultados concluiu-se que concentrações menores que 25% de pectina BTM e menores que 25% de goma guar, e concentrações maiores que 25% de carragena resulta em uma geleia de baixo valor calórico menos ácidas, com maior vida útil e com baixa quantidade de açúcares totais.

Palavras chaves: análise físico-química, acidez, açúcares totais, umidade

ABSTRACT

Fruit jellies are a growing market due to sensory acceptability, high added value and nutritional quality. The traditional jellies are obtained by using high methoxylated (HM) group pectins, which gel in the presence of high concentration of soluble solids from the addition of sugar. Low solids jellies are commonly formulated using low methoxylation pectin (LM) intended for calorie restriction diets. These pectins form a gel in the presence of bivalent metal ions, usually calcium, which does not require the presence of sugars, which results in obtaining low-calorie jellies. The use of LM pectins and the use of sugar substitutes in the manufacture of low calorie products induces changes in pectin gel formation and conditions for obtaining the product and may, when not properly used, result in a brittle texture and even cause syneresis. The objective of this study was to evaluate the effect of gelling agents (LM pectin, guar gum and carrageenan gum) on the physical-chemical characteristics of low-calorie orange jellies. Analysis of acidity (%), total sugars (g glucose / 100 g jelly) and moisture (%) were performed. For the evaluation of the results were used statistical analyzes based on the predicted model and test of means (Scott-Knott) at 5.0% probability. From the results it was concluded that concentrations less than 25% pectin LM and less than 25% guar gum, and concentrations greater than 25% carrageenan result in a less acidic, lower-calorie jelly with longer life and with low amount of total sugars.

2 – INTRODUÇÃO

A preocupação com a estética corporal ou mesmo situação de obesidade, diabetes, hipertensão e outras estimulam a pesquisa e o desenvolvimento de novos produtos de baixo valor calórico (LOBO & SILVA, 2003).

O consumidor percebeu na alimentação saudável uma forma de manter a boa saúde. (CHOW, 2000; HOFFMAN, 2008). Neste contexto, a indústria alimentícia tem acompanhado essa tendência de preocupação com a saúde, de forma que uma série de edulcorantes e espessantes estão sendo utilizados no Brasil, a fim de reduzir o valor calórico dos alimentos (MENDONÇA, 1999).

Geleias de frutas representam objeto de um mercado que vem crescendo devido à aceitabilidade sensorial, alto valor agregado e qualidade nutricional (FERREIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2016).

Geleias tradicionais são obtidas utilizando-se pectinas de alto teor de grupos metoxilas (ATM), que geleificam em presença de alto teor de sólidos solúveis provenientes da adição de açúcar. Geleias com baixo teor de sólidos solúveis são formuladas com o uso de pectina de baixo teor de metoxilação (BTM), destinadas à dietas de restrição calórica. Estas pectinas formam gel em presença de íons metálicos bivalentes, normalmente cálcio, não necessitando da presença de açúcares (ZAMBIAZI et al., 2006).

A utilização de pectinas BTM e emprego de substitutos do açúcar na elaboração de produtos de baixas calorias, induz alterações na formação de gel de pectina e nas condições para obtenção do produto, podendo, quando não utilizadas adequadamente, resultar em uma textura frágil ou ocasionar sinérese (CAMPOS; CÂNDIDO, 1995; VENDRAMELL; CÂNDIDO; CAMPOS, 1997; GAJAR; BADRIE, 2001).

A característica principal que define as propriedades da pectina como agente gelificante é o teor de metoxilação (GM) (NGOUÉMAZONG et. al., 2012b). Com base neste teor obtêm-se géis com características diferentes. A pectina ATM (Figura 3) é utilizada para produção de geleias convencionais por formar géis firmes e estáveis em meios com conteúdo de sólidos solúveis superior a 55 % e um pH na faixa de 2,8 a 3,5. Valores maiores de pH resultam em géis moles, menores (até pH = 2,0) em géis muito duros e em valores muito baixos

de pH (menor que 2,0) a pectina sofre hidrólise. A pectina BTM forma géis estáveis na ausência de açúcares, mas requer a presença de íons bivalentes, como o cálcio, os quais provocam a formação de ligações cruzadas entre as moléculas. Esse tipo de gel é adequado para produtos de baixa caloria ou dietéticos sem adição de açúcar. É menos sensível ao pH que a ATM, formando géis na faixa de 2,5 a 6,5. Apesar dessa pectina não necessitar da adição de açúcar como a ATM para formar gel, a adição de 10 a 20 g/100 g de sacarose resulta em um gel com textura mais adequada (WONG, 1995; RIBEIRO e SERAVALLI, 2004).

Hidrocolóides, conhecidos como gomas, também têm sido incluídos na elaboração das geleias de baixo valor calórico com a finalidade de melhorar e manter as características reológicas, tais como a textura, a viscosidade, o aspecto e o corpo, tão importantes quanto o sabor e o aroma do produto. A ação dessas substâncias envolve basicamente a retenção de água e o aumento da viscosidade (DZIEZAK, 1991).

Vendramel et al. (1997), desenvolveram formulações em pó para o preparo doméstico de geleias destinadas para diabéticos modificadas em seu teor de carboidratos, com diferentes hidrocolóides, incluindo as gomas guar e carragena e substitutos de açúcar. Géis modelo obtidos a partir de pectinas, gomas, ou associações de ambas foram previamente avaliados reologicamente, quanto à fluidez, viscosidade e força de gel, visando identificar as associações com melhores características. Estes autores observaram que formulações com associações de gomas apresentaram força de gel maior do que aquelas formuladas com gomas isoladamente, indicando assim, o efeito sinérgico destes hidrocolóides (VENDRAMEL et al., 1997).

Em estudos relacionando a pectina e a carragena em sobremesas lácteas, Arltoft et al. (2008), observaram que a utilização destes dois agentes gelificantes aumentam a força do gel da sobremesa láctea aumentando a sua aceitação.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito dos agentes gelificantes sobre as características físico-químicas de geleias de laranja de baixo valor calórico.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Materiais

Ver página 80.

3.2 - Métodos

O trabalho foi realizado nas plantas piloto de Produtos Amiláceos e de Produtos Carneos e de Base Lipídica e nos laboratórios de Análise Sensorial, Bromatologia e Microbiologia de Alimentos da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto.

3.2.1 - Processamento das laranjas

Ver página 80.

3.2.2 - Delineamento Experimental

Ver página 81.

3.2.3 - Elaboração das geleias de laranja de baixo valor calórico

Ver página 81.

3.4 - Avaliação físico-química das geleias de laranja de baixo valor calórico

3.4.1 - Análise de umidade

A umidade foi determinada conforme à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida, obtendo-se o

resíduo seco através do método mais usual de aquecimento direto da amostra a 105 °C (IAL, 2008). O procedimento para análise de umidade, de acordo com Adolfo Lutz (2008), consistiu na pesagem de 10 gramas da amostra, e posteriormente aquecimento em estufa. Após o tempo determinado de secagem, as placas de Petri foram resfriadas em dessecador e pesadas para obtenção dos pesos da matéria seca restante, indicando assim a quantidade de umidade perdida na geleia. A análise foi realizada em triplicata.

A análise de umidade foi realizada e para a obtenção dos resultados, foi feito o cálculo abaixo:

$$(100 \cdot N) / P$$

Onde,

N=número de gramas de umidade (perda de massa em g)

P=número de gramas da amostra

3.4.2 - Análise de acidez titulável

A acidez titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1 M, adaptando-se a metodologia citada por AOAC (2000). Foram pesados 10 gramas da amostra e adicionados 50 mL de água destilada. A mistura foi homogeneizada por 30 minutos, em frascos Erlenmeyer, utilizando o agitador magnético. Em seguida, realizou-se a filtragem em papel de filtro e foi retirado 5 mL da solução filtrada, colocando-a em um erlenmeyer com cerca de 50 ml de água destilada. Acrescentaram-se 2 gotas de fenolftaleína e em seguida, titulou-se até a viragem com NaOH 0,1M.

3.4.3 - Análise de Açúcares Totais

A determinação do teor de açúcares solúveis totais (AST) foi realizada espectrofotometricamente pelo método de Antrona (DISCHE, 1962). Os açúcares presentes em cada formulação foram extraídos com álcool etílico e os resultados foram expressos em gramas de glicose por 100 g de geleia.

3.5 - Análise dos resultados

Realizaram-se análises estatísticas baseadas no modelo predito para as avaliações físico-químicas das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico. O modelo geral da função da regressão foi ajustado aos valores das variáveis respostas. Estes valores possuem termos lineares e não lineares conforme a Equação 3.

Ver página 83

Eq. 3

Para avaliar o ajuste dos dados, observou-se a análise de variância e o coeficiente de determinação (R^2) de cada parâmetro analisado em software Statistica 6.0 (StatSoft Inc., U.S.A., 2007). Para os parâmetros que não houveram ajuste de modelo, fez-se teste de médias (Scott-Knott) a 5,0 % de probabilidade em software Sisvar (FERREIRA, 2000).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adequação do modelo completo para acidez (% ácido cítrico) e açúcares totais (%) foi estabelecido por meio do coeficiente de determinação (R^2), que explicaram entre 71% a 78 % da variância total das respostas (Tabela 7 e Figuras 17a e 17b).

Para a acidez, houve efeito positivo significativo ($p \leq 0,05$) apenas entre os agentes gelificantes isolados X_1 (pectina BTM), X_2 (goma guar) e X_3 (carragena), sendo que estes agentes gelificantes afetaram este parâmetro de forma semelhante (coeficientes próximos), porém a pectina X_1 apresentou o maior coeficiente. Já para os valores de açúcares totais (Tabela 7) houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) entre X_1 (pectina BTM), X_2 (goma guar) e X_3 (carragena) e entre X_1X_2 (pectina BTM e goma guar), sendo que a interação entre X_1X_2 apresentou o maior efeito.

Tabela 7 - Modelo predito para os valores de acidez e açúcar total das geleias de laranja de baixo valor calórico

Parâmetro	Modelo predito	R ²
Acidez (%) ácido cítrico)	$0,45X_1^* + 0,41X_2^* + 0,40X_3^* - 0,21X_1X_2 - 0,10X_1X_3 - 0,18X_2X_3$	0,71
Açúcares totais (%)	$8,68X_1^* + 11,96X_2^* + 9,03X_3^* + 22,45X_1X_2^* - 14,02X_1X_3 - 14,26X_2X_3$	0,78

X₁, pectina BTM; X₂, goma guar; X₃, carragena. * Significativo ao nível de 0,05.

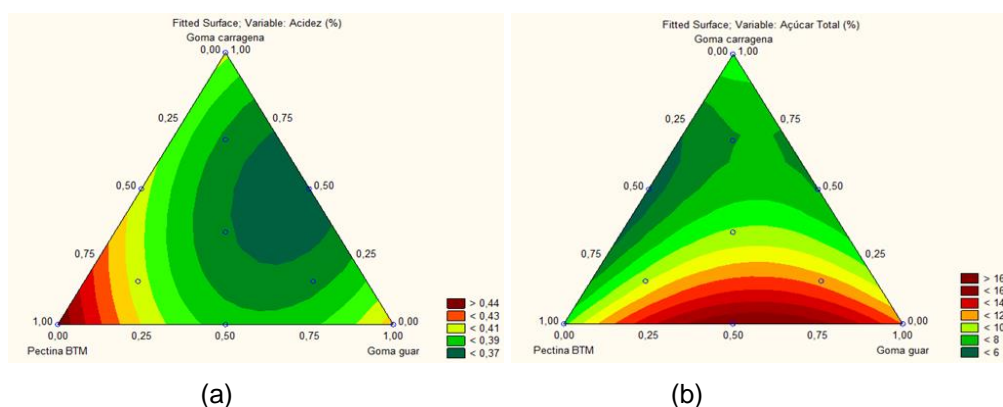


Figura 17. Gráficos de contorno relativa ao parâmetro de acidez (a) e aos teores de açúcares totais (b) das geleias de laranja de baixo valor calórico.

Observou-se (Figura 17a) que as geleias que apresentaram os maiores valores de acidez foram obtidas em regiões com concentrações maiores que 75% de pectina BTM, já os menores valores de acidez foram obtidos em regiões com combinação de 25 a 75% de goma guar e 25 a 75% de carragena (Figura 18 a). Assim podemos considerar que a adição de altas concentrações de pectina BTM tornou as geleias mais ácidas.

A estrutura química da pectina é constituída de uma cadeia principal linear de unidades repetidas de ácido D-galacturônico ligados covalentemente por ligações α -(1,4), onde os grupos carboxílicos podem ser metil esterificados em diferentes extensões (SANTOS & JANDREY, 2009). Em temperaturas acima de 10°C em meio ácido um mecanismo de despolimerização (diminuição do tamanho da cadeia polimérica), acontece por hidrólise (ácida ou enzimática)

das ligações $\alpha(1-4)$ liberando, unidades de ácidos galacturônicos (THIBAULT & PETIT, 1979; CANTERI et al. 2012).

Durante o processamento das formulações de geleia de laranja, os ingredientes foram expostos a temperaturas maiores que 10 °C, e, conseqüentemente, a alta temperatura contribuiu para a degradação da pectina, causando quebra das ligações $\alpha(1-4)$ liberando ácidos galacturônicos (THIBAULT & PETIT, 1979; CANTERI et al. 2012), e assim aumentando a acidez da geleia.

Em relação aos valores de açúcares totais observa-se que os maiores teores estão nas formulações contendo na faixa de concentrações entre 25 a 100 % de goma guar e 25 % a 75 % de pectina BTM (Figura 17b). Já os menores valores de açúcares totais estão nas formulações contendo na faixa de concentrações que possuem entre 25 a 100 % de carragena, concentrações menores de 25 % de pectina BTM e de 0 a 25 % de goma guar, mostrando que o uso dos agentes gelificantes (pectina BTM, goma guar e carragena) influenciaram nos valores obtidos de açúcar total. A combinação de pectina BTM e goma guar tendeu a aumentar os valores de açúcar total.

Segundo Cavalcanti et al. (2004) a goma guar é um polissacarídeo constituído por unidades de $\beta-1,4$ manose glicosídica e apresenta uma unidade $\alpha-1,6$ galactose a cada duas unidades de manose, formando ramificações.

Alguns açúcares, como galactose, glicose, ramnose, arabinose e xilose, também estão presentes na estrutura química da pectina, normalmente entre 5 a 10 % da massa de ácido galacturônico, inseridos como cadeias laterais, ou apresentando-se como contaminantes isolados (YAPO E KOFFI, 2006; YAPO et al., 2007).

Em altas temperaturas ocorre despolimerização da pectina BTM, por hidrólise das ligações $\alpha(1-4)$ liberando, assim, unidades de ácidos galacturônicos (THIBAULT & PETIT, 1979; CANTERI et al. 2012).

As características físico-químicas dos polissacarídeos dependem da sequência em que os açúcares estão dispostos na molécula, da presença de resíduos iônicos e da forma como as cadeias se entrelaçam (KUMAR, et. al., 2007; VIJAYENDRA, et. al., 2008).

No presente estudo, o aumento dos teores de açúcares totais nas geleias de laranja pela utilização da combinação pectina BTM/goma guar, provavelmente, aconteceu em consequência da degradação destes agentes gelificantes em razão da temperatura elevada, ocorrendo assim a hidrólise da molécula da pectina BTM e da goma guar provocando a liberação de açúcares presentes em suas moléculas, aumentando assim, o teor de açúcar total da geleia.

Como não houve ajuste de modelo para os valores de umidade (%) realizou-se teste de médias (Scott-Knott) (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios da umidade (%) das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico

Formulações	Umidade %
F1	62,20 ± 3,02 a
F2	59,61 ± 1,72 b
F3	44,04 ± 6,07 c
F4	42,49 ± 6,84 c
F5	68,37 ± 6,10 a
F6	64,29 ± 4,05 a
F7	47,25 ± 4,47 c
F8	56,50 ± 0,17 b
F9	61,89 ± 2,85 a
F10	55,13 ± 0,52 b

Valor médio ± desvio padrão; Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste Scott-Knott a 5 % de significância. F1, 1 % pectina BTM; F2, 1 % goma guar; F3, 1 % goma carragena; F4, 0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma guar; F5, 0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma carragena; F6, 0,5 % goma guar e 0,5 % goma carragena; F7, 0,68 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,16 % goma carragena; F8, 0,16 % pectina BTM, 0,68 % goma guar e 0,16 % goma carragena; F9, 0,16 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,68 % goma carragena; F10, 0,33 % pectina BTM, 0,33 % goma guar e 0,34 % goma carragena. *Formulação 10: média dos valores das análises físico-químicas obtidos pelas formulações 10, 11 e 12.

O teor de umidade das formulações variou entre 42,49 % a 68,37 % (Tabela 8). As formulações que apresentaram as maiores médias foram F1 (1 % de pectina BTM), F5 (0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma carragena), F6 (0,5 % goma guar e 0,5 % goma carragena) e F9 (0,16 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,68 % goma carragena), indicando assim a ocorrência de maior quantidade de água nestas formulações. Já as formulações que apresentaram as menores médias foram F3 (1% de carragena), F4 (0,5 pectina BTM e 0,5% de goma guar) e F7 (0,68 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,16 % goma carragena).

A umidade é um parâmetro de qualidade para os alimentos processados. O excesso de umidade favorece deteriorações no alimento influenciando diretamente na sua conservação (SANTOS, 2012).

A determinação desse fator é de grande importância para definir a estabilidade, qualidade e composição dos alimentos, podendo afetar a estocagem, a embalagem e o processamento do alimento. O conteúdo de umidade varia de acordo com o alimento (FELLOWS, 2006, CECCHI, 2007). A água presente nos alimentos pode apresentar-se na forma de molécula livre ou ligada ao substrato. A atividade de água (a_w) é um dos fatores intrínsecos dos alimentos e é uma medida qualitativa que possibilita avaliar a disponibilidade de água livre que é suscetível a diversas reações, é medida para determinar a suscetibilidade do produto à degradação (CORREIA-OLIVEIRA et al., 2008). Já o teor de umidade é uma medida quantitativa do percentual em massa da água presente no alimento, tanto livre quanto ligada (SCOTT, 1957; RIBEIRO e SERAVALLI, 2004).

A RDC n. 272, de 22 de setembro de 2005 ANVISA, Regulamento técnico para produtos vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis, não estabelece valor limite para umidade de geleia de frutas (BRASIL, 2005). De acordo com Damiani et al. (2009), o alto teor de umidade diminui a vida de prateleira, uma vez que facilita o crescimento de fungos filamentosos e leveduras.

As formulações F3 (1 % de carragena), F4 (0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma guar) e F7 (0,68 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,16 % goma

carragena) resultaram em geleias com menor probabilidade de multiplicação destes microrganismos, uma vez que apresentam menor umidade ($p \geq 0,05$).

As variações de umidade das geleias ocorreram, provavelmente, devido às diferenças das ligações químicas para formação do gel, que é influenciada por diferentes ânions e suas frações iônicas em direção à capacidade de se ligar a água no gel devido a presença de cálcio e/ou açúcar (SANTOS, 2012).

O termo goma (também denominado hidrocolóide) é utilizado para designar os polissacarídeos que apresentam a propriedade de reter moléculas de água, formando soluções coloidais e controlando desse modo a atividade de água de um sistema (MOREIRA; CHENLO; TORRES, 2011).

Em relação a goma guar, 85 % deste hidrocolóide é formado por polissacarídeos solúveis em água, cuja estrutura consiste, em geral, em galactomanana, com cadeias lineares de D-manose ligadas entre si por ligações glicosídicas β -(1-4) às quais estão ligadas a unidades de D-galactose por ligações glicosídicas α -(1-6) (CHAWLA & PATIL, 2011). Os resíduos de galactose dificultam a aproximação das cadeias e impedem uma coesão forte, permitindo assim que a água penetre entre elas e hidrate a goma (CUBERO et al., 2002).

A formação do gel das pectinas de baixo teor de metoxilação se baseia na ligação iônica assegurada por íons metálicos bivalentes (FENNEMA, 2010). A estrutura tridimensional do gel da BTM envolve sequências de dois ácidos galacturônicos dispostos paralelamente, formando a ponte íons Ca^{+2} e carboxilas livres, entrelaçando-as, estando suplementadas por pontes de hidrogênio com moléculas de água e açúcar (FISZMAN, 1989).

O acréscimo da pectina BTM isoladamente acarretou maiores valores de umidade, pois a estrutura química da molécula envolvendo maior número de ramificações, causou maior interação com moléculas de água e conseqüentemente aumento de sua retenção. Já a pectina BTM em combinação com a goma guar resultou em menores valores de umidade podendo atribuir esse fato à tendência de associação intermolecular destas gomas.

5 – CONCLUSÃO

Os agentes gelificantes influenciaram as características físico-químicas das geleias de laranja de baixo valor calórico.

Com relação à acidez, a geleia com concentrações tendendo a equivalência dos três agentes se mostrou menos ácida. Em relação aos valores de açúcares totais a geleia com concentrações acima de 25 % de carragena, obteve os menores valores. Para a umidade a formulação com alta concentração de carragena também apresentou os menores valores de umidade.

Desta forma, sugere-se que concentrações menores que 25% de pectina BTM e menores que 25% de goma guar, e concentrações maiores que 25% de carragena resultaria em uma geleia de baixo valor calórico menos ácidas, com maior vida útil e com baixa quantidade de açúcares totais.

6 - REFERÊNCIAS

AOAC: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL. 17th ed., AOAC International, Arlington, 2000.

ARLTOFT, D.; MADSEN, F.; IPSEN, R. (2008). Relating the microstructure of pectin and carrageenan in dairy desserts to rheological and sensory characteristics. *Food Hydrocolloids*, v. 22, p. 660-673.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC, n. 272, de 22 de Setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. *Diário Oficial da União, Poder Executivo*, de 23 de Setembro de 2005.

CAMPOS, A.M.; CÂNDIDO, L.M.B. Formulação e avaliação físico-química e reológica de geléias de baixo teor de sólidos solúveis com diferentes adoçantes e edulcorantes. *Ciênc. Tecnol. Alim.*, Campinas, v.15, n.3, p. 268-278, dez. 1995.

CANTERI, M. H. G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A. P. Pectina: da matéria-prima ao produto final. *Polímeros*, v. 22, n. 2, p. 149-157. 2012.

- CAVALCANTI, A. O.; FREITAS, R. B. A. Goma guar como excipiente em matrizes hidrofílicas: avaliação do índice de hidratação, Ccta Farmacêutica Bonaerense - vol. 23, nº 3. 2004.
- CHAWLA, R., E. PATIL, G. R. Soluble dietary fiber. Comprehensive Reviews. In: Food Science and Food Safety, v. 9, p. 178-196, 2011.
- CHOW, C.K. Fatty acids in foods and their health implications. 2ª ed. USA: Marcel Dekker, Inc., 1045p. 2000.
- CORREIA-OLIVEIRA, M. E. et al. Atividade de água (Aw) em amostras de pólen apícola desidratado e mel do estado de Sergipe. Revista da Fapese, Aracaju. v. 4, n.2, p. 27-36, jul./dez. 2008.
- CUBERO, N., MONFERRER A., VILLALTA J. Aditivos Alimentarios. Mundi-Prensa Libros, Madrid, 2002.
- DAMIANI, C.; BOAS, E. V. B. V.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; PAULA, M. L.; ASQUIERI, E. R. Avaliação química de geleias de manga formuladas com diferentes níveis de casca em substituição à polpa. Ciência e Agrotecnologia, v. 33, n. 1, p. 177-184. 2009.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: Whistler, R. L.; Wolfran, M. L. Carbohydrate chemistry. New York: Academic, p. 477-512. 1962.
- DZIEZAK, J. D. A focus on gums. Food Technol., v. 45, n. 3, p. 117-120, 122-124, 126, 128, 130-132. 1991.
- FELLOWS, P.J. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática. 2 ed. São Paulo: Artmed, 301p. 2006.
- FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Química de Alimentos de Fennema – 4ª ed. - Editora Artmed, 2010.
- FERREIRA, D. F. Programa Sisvar: versão 3,04. Lavras: UFLA/DEX. 2000.
- FERREIRA, R. M. A.; Aroucha, E. M. M.; Góis, A. V.; Silva, K. D.; Sousa, C. M. G. S. Qualidade sensorial de geleia mista de melancia e tamarindo. Revista Caatinga. Mossoró-RN, v. 24, n. 2, p. 202-206, 2011.
- FISZMAN, S.M. Propiedades funcionales de los hidrocoloides polisacáridicos-mecanismos de gelificación. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Valencia, v.29, n.4, p. 415-429, 1989.

GAJAR, A.M.; BADRIE, N. Processing and quality evaluation of a low-calorie Christophene jam (*Scchium edule* (Jacq.)) Swartz. *J. Food Sci.*, v. 67, n.1, p. 341-345, 2001.

HOFFMAN, L. C. The yield and nutritional value of meat from African ungulates, camelidae, rodents, ratites and reptiles. *Meat Science*, v. 80, p. 94–100, 2008.

IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: IAL, 1018p. 2008.

KUMAR, A. S.; MODY, K.; JHA, B.; *J Basic Microbiol.*, 47, 103. 2007.

LOBO, A. R.; SILVA, G.M.L. Aspectos tecnológicos de produtos de panificação e massas alimentícias com teor calórico reduzido. *Boletim sbCTA*, v.37, n.1, p.1-8, 2003.

MENDONÇA, C.R.B. Sucralose e acesulfame-k em compotas de pêssgo com reduzido teor calórico. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, (Dissertação de Mestrado), 1999.

MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M. D. Rheology of commercial chestnut flour doughs incorporated with gelling agentes. *Food Hydrocolloids*, Oxford, v. 25, p. 1361-1371, 2011.

NGOUÉMAZONG, D. E.; TENGWEH, F. F.; FRAEYE, I.; DUVETTER, T.; CARDINAELS, R.; LOEY, A. V.; MOLDANAERS, P.; HENDRICKX, M. Effect of de-methylesterification on network development and nature of Ca^{+2} - pectin gels: toward understanding structure-function relations of pectin. *Food Hydrocolloids*, v.26, p. 89-98, 2012.

OLIVEIRA, C. F. D.; PINTO, E. G.; TOMÉ, A. C.; QUINTANA, R. C.; DIAS, B. F. Desenvolvimento e caracterização de geleia de laranja enriquecida com aveia. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.3, n.3, p.20-23, 2016.

RIBEIRO, E. P., SERAVALLI E. A. G; *Química de Alimentos*, São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 2004.

SANTOS, C. O. Aproveitamento industrial de “mel” de cacau (*Theobroma cacao* L) na produção de geléia sem adição de açúcar. Salvador, 2012. 92 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos). UFBA, 2012.

SANTOS, C. I. S.; JANDREY, P. H. Beneficiamento e Caracterização de Subprodutos da Indústria de Maracujá: Aproveitamento da Casca.

- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). Universidade tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão. Acervo 664.02 – S237b, 2009.
- SCOTT, W. J. Water relation of food spoilage microorganisms. *Advances in Food Research*, San Diego. v. 7, p. 83-127, 1957.
- SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; PINHEIRO, A. C. M.; BOLINI, H. M. A.; BORGES, S. V.; QUEIROZ, F. Analysis of various sweeteners in low-sugar mixed fruit jam: equivalent sweetness, time-intensity analysis and acceptance test. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 48, p. 1541-1548, 2013.
- THIBAUT, J. F., PETIT, R. Les substances pectiques: généralités et domaine d'application dans les industries alimentaires. *Industries alimentaires et agricoles*. v. 96 (12), 1979.
- VENDRAMEL, S. M. R.; CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Avaliação reológica e sensorial de geléias com baixo teor de sólidos solúveis com diferentes hidrocolóides obtidas a partir de formulações em pó. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (Ceppa)* v. 15, n.01, p.37-56, 1997.
- VIJAYENDRA, S. V. N.; PALAVINEL, G.; MAHADEVAMMA, S.; THARANATHAN, R. N.; *Carbohydr. Polym.*, 72, 300. 2008.
- YAPO, B.M., KOFFI, K.L. Yellow passion fruit rind – a potential source of low-methoxyl pectin. *J. Agric. Food Chem.* 54, 2738–2744. 2006.
- YAPO, B.M., Robert, C., ETIENNE, I., WATHELET, B., PAQUOT, M. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. *Food Chem.* 100, 1356–1364. 2007.
- YAPO, B.M., WATHELET, B., PAQUOT, M. Comparison of alcohol precipitation and membrane filtration effects on sugar beet pulp pectin chemical features and surface properties. *Food Hydrocolloid.* 21, 245–255. 2007.
- WONG, D. W. S. *Química de los alimentos – Mecanismos e teoria*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 1995.
- ZAMBIAZI, R. C.; CHIM, J. F.; BRUSCATTO, M. (2006). Avaliação das características e estabilidade de geléias light de morango. *Alim. Nutr.*, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 165-170, 2006.

CAPÍTULO 4

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE AGENTES GELIFICANTES NAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE GELEIAS DE LARANJA DE BAIXO VALOR CALÓRICO

Resumo

O desenvolvimento de produtos de reduzido valor calórico com alto valor nutricional, e características sensoriais iguais ou superiores aos alimentos processados tradicionalmente constitui um desafio para a indústria de alimentos, devendo-se levar em conta a introdução de novas técnicas e matérias-primas, já que a textura, a palatabilidade e o sabor são propriedades de importância crítica ao desenvolvimento desses novos produtos. Em produtos como doces de baixo teor de sólidos solúveis, outra categoria de aditivos com primordial importância são os hidrocolóides, ou gomas, substâncias capazes de aumentar a viscosidade e auxiliar na formação e manutenção de emulsões e suspensões nos alimentos; além de possibilitar que as características desejáveis do produto como textura, corpo, odor e sabor, não sejam perdidas. As geleias que apresentam reduzido teor de sólidos solúveis, como as geleias *light*, são muito suscetíveis a sinérese, apresentam textura frágil, podendo ocorrer a perda da coloração e de sabor. O sucesso de um alimento no mercado depende de seu desempenho junto ao consumidor. Por isso no processo de desenvolvimento de novos produtos, a determinação da aceitação e/ou preferência do produto torna-se indispensável. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da concentração de agentes gelificantes nas características sensoriais de geleias de laranja de baixo valor calórico. Foi realizado teste de aceitação para os atributos aparência, cor, sabor, consistência, doçura e impressão global. Avaliou-se também a escala do ideal em relação a doçura e a consistência das amostras. Para a avaliação dos resultados foram utilizadas análises estatísticas baseadas no modelo predito e Mapa de preferência interno de três vias (Parafac). Em relação à aceitabilidade, as formulações adicionadas apenas de pectina BTM apresentaram melhores respostas. As formulações com altas concentrações de goma guar obtiveram menor aceitação, porém para os atributos de ideal de doçura e ideal de consistência apresentou os melhores valores. Conclui-se que concentrações maiores que 75% de pectina BTM e menores que 75% de goma guar e menores que 75% de carragena resulta em uma geleia de baixo valor calórico mais aceita pelos consumidores.

Palavras chaves: análise sensorial, ideal de consistência, ideal de doçura

ABSTRACT

The development of low-calorie products with high nutritional value and sensory characteristics equal to or greater than traditionally processed foods poses a challenge for the food industry, taking into account the introduction of new techniques and raw materials, since texture, palatability and flavor are properties of critical importance to the development of these new products. In products such as low solids sweets, another category of additives of paramount importance are hydrocolloids, or gums, substances capable of increasing viscosity and assisting in the formation and maintenance of emulsions and suspensions in foods; besides allowing the desired characteristics of the product such as texture, body, odor and taste, are not lost. Jellies that have a low content of soluble solids, such as light jellies, are very susceptible to syneresis, have a brittle texture, and loss of color and taste may occur. The success of a food in the market depends on its performance with the consumer. Therefore in the process of developing new products, the determination of acceptance and / or preference of the product becomes indispensable. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of the concentration of gelling agents on the sensorial characteristics of low calorie orange jellies. Acceptance test was performed for the attributes appearance, color, taste, consistency, sweetness and overall impression. The ideal scale was also evaluated for sweetness and sample consistency. Statistical analysis based on predicted model and three-way internal preference map (Parafac) were used to evaluate the results. Regarding acceptability, the formulations added only of pectin BTM presented better responses. The formulations with high concentrations of guar gum obtained lower acceptance, but for the ideal attributes of sweetness and ideal of consistency presented the best values. It is concluded that concentrations greater than 75% pectin BTM and less than 75% guar gum and less than 75% carrageenan result in a low calorie jelly more accepted by consumers.

2 – INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos está sendo desafiada a redesenhar alimentos tradicionais em alimentos mais saudáveis e com baixos teores de açúcar e gordura, tornando-os tão saborosos ou melhores do que o original, uma vez que o excesso de calorias e conseqüentemente a obesidade que é frequentemente citada como um grave problema de saúde (RONDA et al., 2005).

A proposta da indústria de alimentos é desenvolver esses produtos sem comprometimento do sabor, sendo esta melhora possível devido a tecnologia aplicada e melhoria dos ingredientes, como por exemplo, no desenvolvimento de produtos *diet* e *light* (GRANADA et al., 2005; SPANHOLI e OLIVEIRA, 2009; MAIA, 2007; DERIVI e MENDEZ, 2001).

O desenvolvimento de produtos de reduzido valor calórico com alto valor nutricional, e características sensoriais iguais ou superiores aos alimentos processados tradicionalmente constitui um desafio para a indústria de alimentos, levando-se em conta a introdução de novas técnicas e matérias-primas, já que a textura, a palatabilidade e o sabor são propriedades de importância crítica ao desenvolvimento desses novos produtos (VENTURA, 2004).

A decisão de compra do consumidor parte de uma avaliação visual, na qual se considera entre outros aspectos, a cor e aparência do produto. Posteriormente, o sabor do alimento é outro critério que influencia na decisão de compra, razão pela qual, o sabor de produtos com reduzido teor de calorias não pode apresentar diferenças marcantes, comparando com os produtos convencionais quanto ao sabor doce, que deve ser agradável ao paladar e característico a açúcar, e pela ausência de sabores residuais. Embora não seja uma tarefa fácil, alguns edulcorantes e suas associações, já conseguem competir com o açúcar tradicional (CARDELLO, 2000; GRANADA, 2005).

Em produtos como doces de baixo teor de sólidos solúveis, outra categoria de aditivos com primordial importância são os hidrocolóides, ou gomas, substâncias capazes de aumentar a viscosidade e auxiliar na formação e manutenção de emulsões e suspensões nos alimentos (BRASIL, 2001); além

de possibilitar que as características desejáveis do produto como textura, corpo, odor e sabor, não sejam perdidas.

Porém, as geleias que apresentam reduzido teor de sólidos solúveis, como as geleias *light*, são mais suscetíveis a sinérese, apresentam textura frágil, podendo ocorrer a perda da coloração e de sabor (GRANADA, 2005).

O sucesso de um alimento no mercado depende de seu desempenho junto ao consumidor. No processo de desenvolvimento de novos produtos, a determinação da aceitação e/ou preferência do produto torna-se indispensável, e, neste aspecto, os métodos sensoriais mais empregados para obter informações sobre a aceitação de um novo produto são os testes afetivos de aceitação e de preferência (STONE; SIDEL, 2004).

Os testes afetivos têm por objetivo conhecer a opinião pessoal de um determinado grupo de consumidores, em relação a um ou mais produtos. Essa opinião é dada em relação ao produto de forma global ou algumas características específicas deste. Testes afetivos utilizados por fabricantes ou prestadores de serviços, constituem uma ferramenta fundamental e valiosa no desenvolvimento, otimização e garantia da qualidade dos produtos (TOLEDO, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da concentração de agentes gelificantes nas características sensoriais de geleias de laranja de baixo valor calórico.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Materiais

Ver página 80.

3.2 - Métodos

O trabalho foi realizado no laboratório de Análise Sensorial da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto.

3.2.1 - Processamento das laranjas

Ver página 80.

3.2.2 - Delineamento Experimental

Ver página 81.

3.2.3 - Elaboração das geleias de laranja de baixo valor calórico

Ver página 81.

3.3 - Avaliação sensorial das geleias de laranja de baixo valor calórico

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial localizado na Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto.

O teste de aceitação foi realizado em relação aos atributos aparência, cor, sabor, consistência, doçura e impressão global usando escala hedônica de 9 pontos (1 = desgostei extremamente, 9 = gostei extremamente). Avaliou-se também a escala do ideal em relação à doçura e à consistência das amostras de geleias de laranja de baixo valor calórico (-4 extremamente menos doce/consistente que o ideal, +4 extremamente mais doce/consistente que o

ideal) (STONE E SIDEL, 1985). Os provadores foram recrutados entre alunos, funcionários e visitantes da Escola de Nutrição, totalizando 100 consumidores.

A avaliação sensorial foi realizada em três sessões (quatro amostras por sessão), em cabines individuais. Durante a análise sensorial as amostras foram mantidas à temperatura de 20 °C. As amostras, de aproximadamente 5 g cada, foram servidas em copos plásticos descartáveis e codificadas por três dígitos aleatórios (ACOSTA et al, 2008).

3.4 - Análise dos resultados

As análises estatísticas foram baseadas no modelo predito para as avaliações sensoriais das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico. O modelo geral da função da regressão foi ajustado aos valores das variáveis respostas. Estes valores possuem termos lineares e não lineares conforme a Equação 4.

Ver página 83.

Eq. 4

Para avaliar o ajuste dos dados, observou-se a análise de variância e o coeficiente de determinação (R^2) de cada parâmetro analisado em software Statistica 6.0 (StatSoft Inc., U.S.A., 2007). Além disso, para correlacionar os parâmetros sensoriais fez-se Mapa de Preferência Interno obtido por PARAFAC *software* SensoMaker versão 1.0 (Nunes et al., 2011).

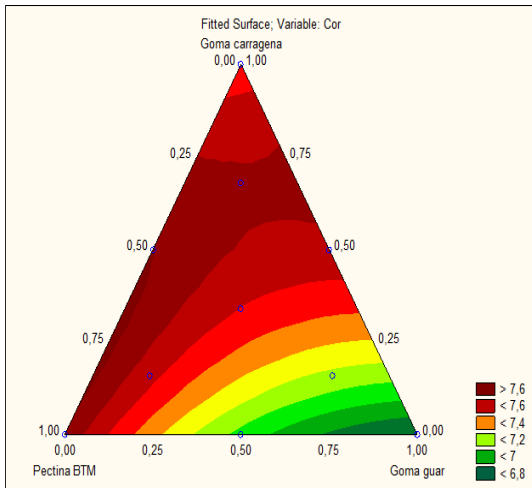
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para todos os valores obtidos dos parâmetros sensoriais avaliados (Tabela 9), foi possível obter um modelo predito, podendo ser verificados pelos coeficientes de regressão, que explicam entre 76 a 96% da variância total das respostas.

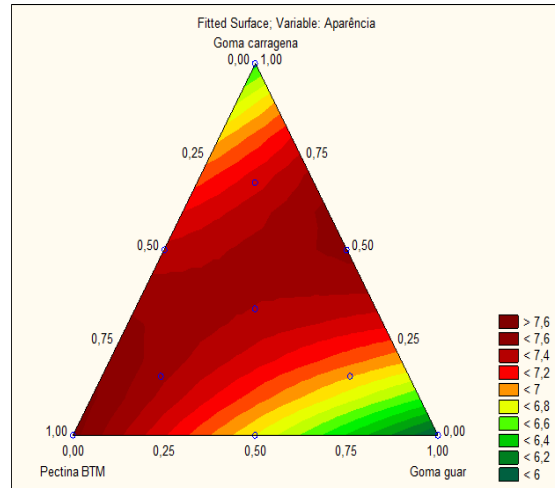
Tabela 9 - Modelos preditos da análise sensorial das geleias de laranja de baixo valor calórico

Atributo	Modelo predito	R²
Cor	$7,68X_1^* + 6,80X_2^* + 7,42X_3^* - 0,67X_1X_2 + 0,59X_1X_3 + 1,83X_2X_3^*$	0,93
Aparência	$7,63X_1^* + 5,98X_2^* + 6,46X_3^* - 0,06X_1X_2 + 1,13X_1X_3 + 5,25X_2X_3^*$	0,95
Sabor	$7,44X_1^* + 5,70X_2^* + 5,65X_3^* + 1,01X_1X_2 - 0,67X_1X_3 + 2,83X_2X_3^*$	0,94
Consistência	$7,02X_1^* + 4,09X_2^* + 5,70X_3^* + 2,82X_1X_2^* + 2,69X_1X_3^* + 7,02X_2X_3^*$	0,96
Doçura	$7,18X_1^* + 6,06X_2^* + 6,07X_3^* + 0,50X_1X_2 - 1,30X_1X_3 + 2,07X_2X_3$	0,76
Impressão global	$7,35X_1^* + 5,62X_2^* + 6,17X_3^* + 1,47X_1X_2 - 0,15X_1X_3 + 3,79X_2X_3^*$	0,94
Ideal de doçura	$0,85X_1^* + 0,06X_2 + 0,14X_3 - 0,16X_1X_2 + 2,49X_1X_3^* + 0,34X_2X_3$	0,84
Ideal de consistência	$0,60X_1 - 0,63X_2 + 1,05X_3^* - 1,68X_1X_2 - 1,45X_1X_3 + 1,25X_2X_3$	0,77

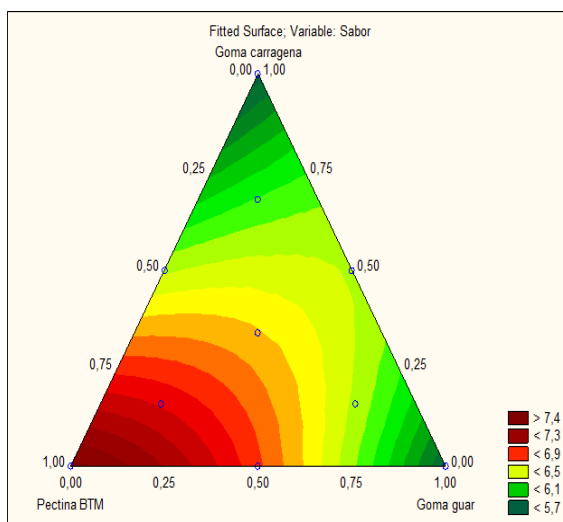
X₁, pectina BTM; X₂, goma guar; X₃, carragena. * Significativo ao nível de 0,05.



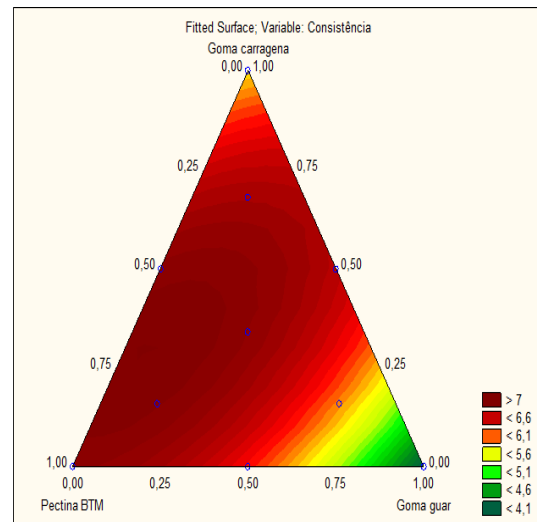
(a)



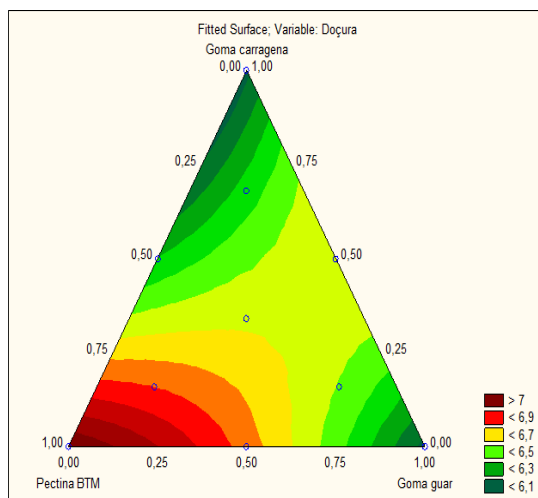
(b)



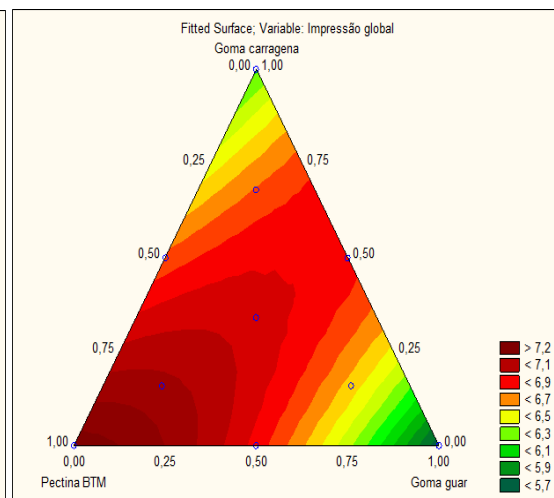
(c)



(d)



(e)



(f)

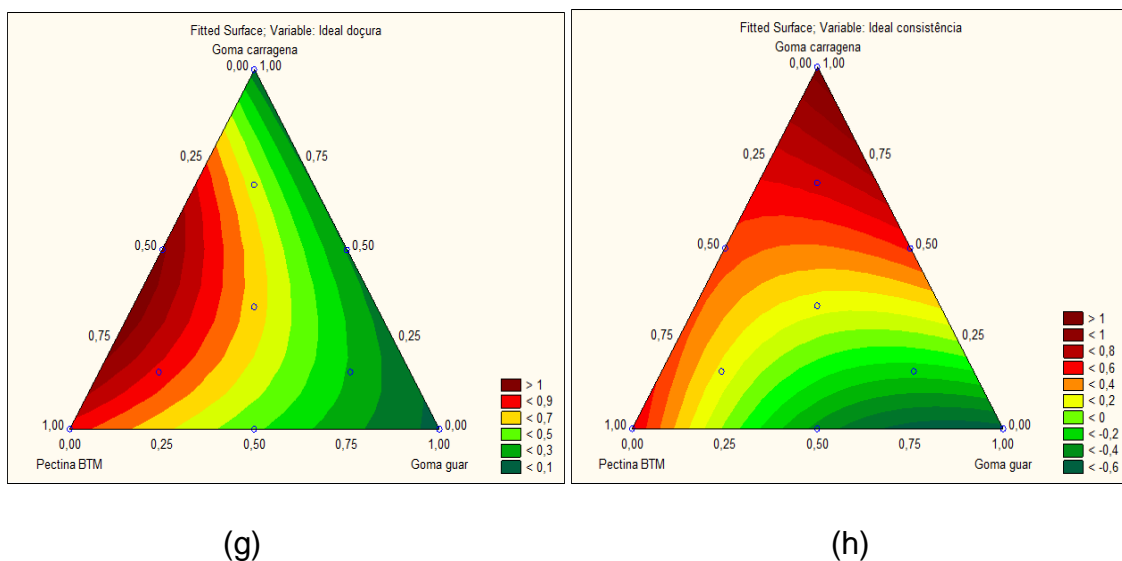


Figura 18. Gráficos de contorno relativo aos atributos sensoriais (a) cor; (b) aparência; (c) sabor; (d) consistência; (e) doçura; (f) impressão global; (g) ideal de doçura; (h) ideal de consistência.

Em relação ao atributo cor (Figura 18a), observou-se que as geleias que apresentaram os maiores valores de notas ($> 7,6$) foram obtidas em regiões com concentrações maiores que 75% de pectina BTM e maiores que 50% de carragena, já os menores valores de notas ($< 6,8$) foram obtidos em regiões com concentrações maiores que 75% de goma guar.

Na análise física de cor das formulações de geleias de laranja de baixo valor calórico (capítulo 2), a pectina BTM utilizada isoladamente tornou as geleias mais escuras. Correlacionando a análise física de cor com a análise sensorial para atributo cor inferiu-se que os provadores preferem geleias mais escuras.

De Oliveira et. al. (2014) estudando o processamento e caracterização físico-química de geleias *diet* de umbu-cajá durante o armazenamento em condições ambientais, utilizando pectina BTM em diferentes concentrações (0,5%, 1,0%, 1,5%) como agente gelificante, observaram que os resultados dos parâmetros de intensidade de cor (a^* e b^*) das geleias *diet* de umbu-cajá apresentaram efeito significativo, indicando que a variação das concentrações de pectina influenciou nessas características físicas do produto. Verificou-se

que as geleias revelaram leve tonalidade avermelhada $+a^*$, e a coloração mais perceptível foi a amarela $+b^*$ (DE OLIVEIRA et al., 2014).

Em relação à pectina BTM, diferente dos resultados obtidos neste estudo tem sido reportado, em alguns trabalhos na literatura, que a adição de pectina de baixo ou alto teor de metoxilação diminui a intensidade de cor (parâmetros a^* e b^*) de geleias (VENDRAMEL et al., 1997; DERVISI et al., 2001; NACHTIGALL et al., 2004; POLICARPO et al., 2007). No entanto, neste estudo não foi verificada influência negativa da pectina BTM sobre a coloração das formulações em relação a aceitabilidade do atributo cor.

Para o atributo aparência (Figura 18b), observou-se que as geleias que apresentaram os maiores valores de notas ($> 7,6$) foram obtidas em regiões com concentrações maiores que 75% de pectina BTM ou com concentração igual de goma guar e carragena, os menores valores de notas (< 6) foram obtidos em regiões tendendo a 100% de goma guar. A goma guar produz soluções viscosas e é usada em aplicações, nas quais é necessário espessamento, estabilização, controle reológico e de viscosidade, suspensão e formação de corpo, modificação de textura e consistência e retenção de água (DZIEZAK, 1991; SANDERSON, 1996). Porém não forma géis (BOBBIO & BOBBIO, 1992). Aravind et al. (2012), em estudos sobre o efeito da adição de fibra solúvel (goma de guar e carboximetilcelulose) nas propriedades tecnológicas, sensoriais e estruturais do espaguete de trigo duro, foi observado uma redução significativa na viscosidade das massas com o aumento do teor de goma guar.

Provavelmente os menores valores de notas obtidos em regiões tendendo a 100% de goma guar para o atributo aparência obtidos no presente estudo, ocorreram em decorrência dessa goma não formar gel (Dziezak, 1991; Sanderson, 1996), tornando-a indesejável.

Para o atributo sabor (Figura 18c), observou-se que as geleias que apresentaram os maiores valores de notas ($< 7,4$) foram obtidas em regiões com concentrações maiores que 75% de pectina BTM, os menores valores de notas ($< 5,7$) foram obtidas em regiões com concentrações maiores de 75% de goma guar e maiores que 75% de carragena usados isoladamente. No estudo de Kostyra e Baryłko-Pikielna (2007) sobre o efeito dos níveis de gordura e

adição de goma de guar em emulsões tipo maionese na percepção sensorial de sabor, os autores avaliaram o efeito da adição de diferentes concentrações de gordura e de goma guar em maioneses e observaram que a adição de goma guar diminuiu a percepção do sabor no produto. Estes autores relataram que este resultado está associado à estrutura da goma guar que forma um sistema de elevada viscosidade.

No estudo de Pereira (2012), sobre o efeito dos aditivos nas propriedades reológicas e sensoriais de goiabadas funcionais sem adição de açúcar onde avaliou-se o efeito de três agentes gelificantes (goma locusta, goma carragena e pectina BTM) verificou-se que o aumento da adição de carragena gerou menores notas para o atributo sabor. De acordo com Bayarri et al. (2004) e Bayarri et al. (2006), a concentração de agentes gelificantes modifica as propriedades mecânicas (difusão) dos géis, influenciando a percepção de sabor, corroborando com os resultados obtidos neste estudo.

Chai et al. (1991) em um estudo de géis adoçados e aromatizados preparados com alginato, carragena ou ágar, observaram que as percepções sensoriais dependem não apenas da força do gel, mas também da concentração do agente gelificante.

Em relação ao atributo consistência (Figura 18d), observou-se que as geleias que apresentaram os maiores valores de notas (>7) foram obtidas em regiões com concentrações maiores que 75% de pectina BTM. Os menores valores de notas (< 5,6) foram obtidos em regiões com concentrações maiores que 75% de goma guar. Possivelmente a baixa aceitabilidade em relação ao atributo consistência ocorreu devido à característica da goma guar em não formar gel (BOBBIO & BOBBIO, 1992; NIKAEDO et al., 2004). Contudo, ao interagir sinergicamente com os outros agentes gelificantes a goma guar melhorou a característica do gel, aumentando, assim, a aceitabilidade das geleias quanto a consistência.

Com relação ao atributo doçura (Figura 18e), observou-se que as geleias que apresentaram os maiores valores de notas (> 7) foram obtidas em regiões com concentrações maiores que 75% de pectina BTM (Fig. 19d), os menores valores de notas (< 6,1) foram obtidos em regiões com concentrações maiores de 75% de goma guar e maiores que 75% de carragena usados isoladamente.

Alguns açúcares, como galactose, glicose, ramnose, arabinose e xilose, também podem estar presentes na estrutura química da pectina, normalmente entre 5 a 10 % da massa de ácido galacturônico, podendo estar inseridos na cadeia principal, ligados como cadeias laterais, ou apresentando-se como contaminantes isolados (YAPO E KOFFI, 2006; YAPO et al., 2007). Em altas temperaturas pode ocorrer a despolimerização da pectina BTM, por hidrólise das ligações $\alpha(1-4)$ liberando (THIBAUT & PETIT, 1979; CANTERI et al. 2012), assim estes açúcares em razão da temperatura elevada (CAVALCANTI et al., 2004). Podendo dessa forma causar uma maior percepção do açúcar presente na geleia.

Para o atributo sensorial impressão global observou-se por meio do gráfico de contorno (Figura 18f) que notas maiores que 7,2 são adquiridas em regiões tendendo a 100 % de pectina BTM. As menores notas foram adquiridas em regiões com concentrações de goma guar maiores que 75 %.

Em relação ao atributo sensorial ideal de doçura (Figura 18g) observou-se que a região próxima a zero ($< 0,1$), que indica uma doçura ideal, são adquiridas em regiões tendendo a 100% de goma guar ou 100% de carragena. Regiões maiores que 1, indicando uma doçura acima do ideal foram adquiridas com proporção de combinação entre 50% a 75% de pectina BTM e 50 a 75% de carragena.

A estrutura química da pectina contém alguns açúcares, como galactose, glicose, ramnose, arabinose e xilose, podendo estar ligados como cadeias laterais (YAPO E KOFFI, 2006; YAPO et al., 2007). Em altas temperaturas ocorre despolimerização da pectina BTM, por hidrólise de ligações $\alpha(1-4)$ liberando (THIBAUT & PETIT, 1979; CANTERI et al. 2012), açúcares em razão da temperatura elevada (CAVALCANTI et al., 2004). A hidrólise da molécula da pectina BTM e libera açúcares presentes em suas moléculas, aumentando assim, o teor de açúcar total da geleia e consequente causando um aumento no ideal de doçura. Dessa forma, as formulações que apresentaram o melhor ideal de doçura foram aquelas com maior concentração de goma guar e carragena isoladamente.

No que se refere ao atributo sensorial ideal de consistência (Figura 18h) observou-se que a região próxima a zero ($< 0,6$) que indica uma consistência

ideal, são adquiridas em regiões com concentrações de goma guar maiores que 75%. Regiões maiores que 1, indicando uma consistência acima do ideal são adquiridas em regiões tendendo a 100% de carragena.

A goma guar quando hidratada com água fria forma dispersões coloidais, porém não possui a propriedade de formar gel. Em concentrações relativamente baixas, forma soluções mais viscosas que são pouco afetadas pelo pH (4 – 9), pela presença de íons e processamento térmico (CAVALLIERI, 2007). Goma guar é usada quando é necessário obter espessamento, estabilização, controle reológico e de viscosidade, suspensão e formação de corpo, modificação de textura e consistência e retenção de água (DZIEZAK,1991; SANDERSON,1996). Possivelmente o ideal de consistência das geleias com alta concentração de goma guar ocorreu devido a característica desta em não formar gel e a capacidade de promover a formação de soluções muito viscosas. Neste contexto o ideal de consistência foi afetado por altas concentrações de goma guar.

A carragena é um polissacarídeo de alta massa molecular (200 a 400. 10³) com um conteúdo de 40% de éster sulfato, formando unidades alternadas de D-galactose e 3,6-anidro galactose de éster sulfato (3-6-anidro-D-galactose), unidas por ligações α -(1,3) e β -(1,4) glicosídica. O conteúdo e distribuição de grupos éster sulfato nas moléculas de carragena são responsáveis pelas diferenças primárias entre os diversos tipos, sendo que a carragena tipo Kappa contém de 25-30% de éster sulfato e de 28-35% de 3,6-AG (3-6-anidro-D-galactose). Devido a esse alto teor de 3,6-AG, essas carragenas formam géis firmes e quebradiços em água (NUSSINOVITCH, 1997). Constatou-se que a carragena influenciou no ideal de consistência das geleias obtidas no presente estudo.

Mapa de preferência interno de três vias (PARAFAC) para as diferentes formulações de geleias de laranja de baixo valor calórico

O mapa de preferência interno é multidimensional, obtido através da avaliação de fatores paralelos (PARAFAC) tornando possível a análise simultânea entre as interações das preferências a partir dos dados sensoriais,

considerando todos os atributos avaliados para cada produto, facilitando a interpretação de quais amostras obtiveram maior preferência, auxiliando na avaliação de testes de aceitação de determinados produtos (Nunes et al., 2011).

Na Figura 19 temos o Mapa de Preferência de três vias (Parafac) para as diferentes formulações de geleias de laranja de baixo valor calórico.

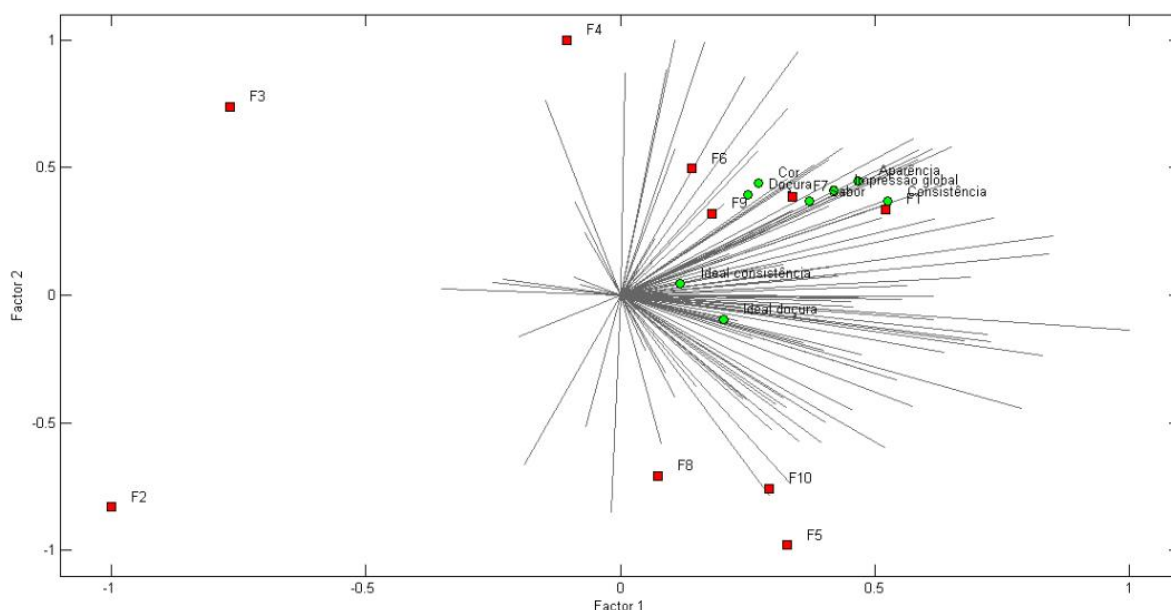


Figura 19. Mapa de Preferência de três vias (Parafac) para as diferentes formulações de geleias de laranja de baixo valor calórico. *Formulação 10: média dos valores das análises sensoriais obtidas pelas formulações 10, 11 e 12.

Na Figura 19 está representado o mapa de preferência interno de três vias, onde os quadrados representam as formulações de geleia de laranja, os vetores representam os consumidores e os círculos representam os atributos avaliados.

Pode-se observar por meio da distribuição dos vetores, uma maior aceitação das geleias obtidas via formulações F1 (1% pectina BTM), F6 (0,5 % goma guar e 0,5 % goma carragena), F7 (0,68 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,16 % goma carragena) e F9 (0,16 % pectina BTM, 0,16 % goma guar

e 0,68 % goma carragena), sendo que todos os fatores avaliados influenciaram esse resultado. As formulações F2, F3, F4, F5, F8 e F10 apresentaram-se mais distantes dos vetores, sendo menos aceitas.

Comparando os dados de impressão global das geleias (Figura 18f) com os dados obtidos através do Mapa de Preferência Interno (Figura 19) observou-se que os consumidores preferem as geleias com maior concentração de pectina BTM. A formulação com 100% de pectina BTM apareceu como a mais aceita nas duas análises. As formulações com altas concentrações de goma guar foram as menos aceitas, e o ideal de doçura e o ideal de consistência, foram afetados por altas concentrações de goma guar, indicando melhores valores.

5 – CONCLUSÃO

Os agentes gelificantes utilizados (pectina BTM, goma guar e goma carragena) influenciaram as características sensoriais das geleias de laranja de baixo valor calórico.

Em relação à aceitabilidade, as formulações adicionadas apenas de pectina BTM apresentaram melhores respostas. Já as formulações contendo alta concentração de goma guar obtiveram menor aceitação, porém para os atributos de ideal de doçura e ideal de consistência foi a que proporcionou os melhores valores. No que diz respeito ao Parafac por meio dos vetores observou-se maior aceitação pelas formulações F1, F6, F7 e F9, sendo que todos os fatores avaliados influenciaram esse resultado, as formulações F2, F3, F4, F5, F8 e F10 apresentaram-se mais distantes dos vetores, sendo menos aceitas. Desta forma, sugere-se que concentrações maiores que 75% de pectina BTM e menores que 75% de goma guar e menores que 75% de carragena resultaram em geleias de baixo valor calórico mais aceitas pelos consumidores.

6 - REFERÊNCIAS

ACOSTA, O.; VÍQUEZ, F.; CUBERO, E. Optimization of low calorie mixed fruit jelly by response surface methodology. *Food Quality and Preference*, Barking v. 19, n. 1, p. 79-85, 2008.

ARAVIND, N.; SISSONS, M.; FELLOWS, C. M. Effect of soluble fibre (guar gum and carboxymethylcellulose) addition on technological, sensory and structural properties of durum wheat spaghetti. *Food Chemistry*, v. 131, p. 893-900. 2012.

BAYARRI, S.; DURAN, L.; COSTELL, E. Influence of sweeteners on the viscoelasticity of hydrocolloids gelled systems. *Food Hydrocolloids*, Cardiff, v.18, n.4, p.611-619, 2004.

BAYARRI, S.; IZQUIERDO, L.; DURÁN, L.; COSTELL, E. Effect of addition of sucrose and aspartame on the compression resistance of hydrocolloids gels. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 41, p. 980-986, 2006.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. Q. *Introdução à Química de Alimentos*. 2.ed. São Paulo: Varela, 223p. 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 3, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico que aprova o uso de aditivos edulcorantes em alimentos, estabelecendo seus limites máximos para os alimentos.

CANTERI, M. H. G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A. P. Pectina: da matéria-prima ao produto final. *Polímeros*, v. 22, n. 2, p. 149-157. 2012.

CARDELLO, H. M. A. Análise quantitativa de edulcorantes em diferentes concentrações. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, Campinas, v.20, pp. 318-328, 2000.

CHAI, E.; OAKENFULL, D. G.; MCBRIDE, R. L.; LANE, A. G. Sensory perception and rheology of flavoured gels. *Food Australia*, v.43, p.256-261. 1991.

CAVALCANTI, A. O.; FREITAS, R. B. A. Goma guar como excipiente em matrizes hidrofílicas: avaliação do índice de hidratação, *Ccta Farmacêutica Bonaerense* - vol. 23, nº 3, 2004.

- CAVALLIERI, A. L. F. Gelificação a frio de proteínas do soro do leite: efeito da taxa de acidificação, pH final e adição de polissacarídeos. 218p.Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- DE OLIVEIRA, E. N. A. et al. Processamento e caracterização físico-química de geleias diet de umbu-cajá (*Spondias spp.*) = Processing and physicochemical characterization of diet umbu-cajá (*Spondias spp.*) jellies. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 4, 2014.
- DERIVI, S. C. N.; MENDEZ, M. H. M. Uma visão retrospectiva da fibra e doenças cardiovasculares. São Paulo: Varela, 2001.
- DZIEZAK, J. D. A focus on gums. *Food Technol.*, v. 45, n. 3, p. 117-120, 122-124, 126, 128, 130-132. 1991.
- FERREIRA, D. F. Programa Sisvar: versão 3,04. Lavras: UFLA/DEX, 2000.
- GRANADA, G. G. et al. Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de geléias light de abacaxi. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 25, n. 4, p. 629-635, 2005.
- KOSTYRA, E.; BARYŁKO-PIKIELNA, N. The effect of fat levels and guar gum addition in mayonnaise-type emulsions on the sensory perception of smoke-curing flavour and salty taste. *Food Quality and Preference*, v.18, p.872–879. 2007.
- MAIA, S. M. P. C; Aplicação da farinha de maracujá no processamento do bolo de milho e aveia para fins especiais. Dissertação (Mestre em Tecnologia em Alimentos). 2007. 78 f. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - 2007.
- NACHTIGALL, A. M.; SOUZA, E. L.; MALGARIM, M. B.; ZAMBIAZI, R. C. Geléias light de amora-preta. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 337-353, 2004.
- NIKAEDO, P.H.L.; AMARAL, F.F; PENNA, A.L.B. Caracterização tecnológica de sobremesas lácteas achocolatadas cremosas elaboradas com concentrado proteico de soro e misturas de gomas carragena e guar. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v.40, n. 3, 2004.
- NUNES, C. A. et al. Evaluating consumer acceptance tests by three-way internal preference mapping obtained by parallel factor analysis (PARAFAC). *Journal of Sensory Studies*, Westport, v. 26, n. 2, p. 167-174, 2011.

- NUSSINOVITCH, A. Hydrocolloids applications. New York: Chapman & Hall. n. 8, p. 140-151, 1997.
- PEREIRA, P. A. P. Efeito dos aditivos nas propriedades reológicas e sensoriais de goiabadas funcionais sem adição de açúcar. 242p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- POLICARPO, et. al. Estabilidade da cor de doces em massa de polpa de umbu (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam.) no estágio de maturação verde. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1102-1107, jul./ago., 2007.
- RONDA, F.; GOMEZ, M.; BLANCO, C. A. & CABALLERO, P. A. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*, v. 90, n. 4, p. 549-555, 2005.
- SANDERSON, G.R. Gums and their use in food systems. *Food Technol.*, v. 50, n. 3, p. 81-84, 1996.
- SPANHOLI, L.; OLIVEIRA, V. R. Utilização de farinha de albedo de maracujá (*Passiflora edulis flavicarpa* degener) no preparo de massa alimentícia. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara. v. 20, n. 4, p. 599-603, out./dez. 2009.
- SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; PINHEIRO, A. C. M.; BOLINI, H. M. A.; BORGES, S. V.; QUEIROZ, F. Analysis of various sweeteners in low-sugar mixed fruit jam: equivalent sweetness, time-intensity analysis and acceptance test. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 48, p. 1541-1548, 2013.
- STONE, H.; SIDEL, J. L. Substituição de sacarose por frutooligosacarídeo em sorvete. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, p. 227-252, 1985.
- STONE, H.; SIDEL, J. L. Sensory evaluation practices. 3rd ed. London: Academic Press, 408p. 2004.
- THIBAUT, J. F., PETIT, R. Les substances pectiques: généralités et domaine d'application dans les industries alimentaires. *Industries alimentaires et agricoles*. v. 96 (12), 1979.
- TOLEDO, P. F. Propriedades reológicas de doce de banana. 76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas – São Paulo, 2004.
- VENDRAMEL, S. M. R.; CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Avaliação reológica e sensorial de geléias com baixo teor de sólidos solúveis com

diferentes hidrocolóides obtidas a partir de formulações em pó. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (Ceppa) v. 15, n.01, p.37-56,1997.

VENTURA, F. C. V. Desenvolvimento de doce de fruta em massa funcional de valor calórico reduzido, pela combinação de goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente e acerola. 194p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas – São Paulo, 2004.

YAPO, B.M., KOFFI, K.L. Yellow passion fruit rind – a potential source of low-methoxyl pectin. *J. Agric. Food Chem.* 54, 2738–2744. 2006.

YAPO, B.M., Robert, C., ETIENNE, I., WATHELET, B., PAQUOT, M. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. *Food Chem.* 100, 1356–1364. 2007.

YAPO, B.M., WATHELET, B., PAQUOT, M. Comparison of alcohol precipitation and membrane filtration effects on sugar beet pulp pectin chemical features and surface properties. *Food Hydrocolloid.* 21, 245–255. 2007.

CAPÍTULO 5

**ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS VITAMINA C E
FENÓLICOS TOTAIS E REDUÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM
GELEIAS DE BAIXO VALOR CALÓRICO E SUCO DE LARANJA**

Resumo

Alimentos com menos calorias e gordura saturada e a exigência dos consumidores por produtos de alta qualidade gera a necessidade da utilização de tecnologias que propiciem segurança química e microbiológica e aumento de sua validade comercial, com o mínimo de alteração. O objetivo do processamento de alimentos é retardar a atividade microbiana e possíveis alterações químicas que podem influenciar na qualidade do produto, podendo ocorrer alterações desejáveis como a criação de aromas e aumento da biodisponibilidade de antioxidantes, ou indesejáveis, como a perda de vitaminas e mudanças na coloração. As geleias tradicionais são obtidas utilizando em sua formulação pectinas de alto teor de metoxilação (ATM), que geleificam somente na presença de alto teor de sólidos solúveis provenientes da adição de grandes quantidades de açúcar. As geleias destinadas a dietas de restrição calórica são formuladas por meio do uso de pectinas de baixo teor de metoxilação (BTM), que possuem a propriedade de formar gel em meios com baixa concentração de sólidos solúveis e em presença de íons bivalentes, não necessitando de açúcares, mas do controle do pH para estabilização do gel. O processamento é similar ao da geleia tradicional, porém o volume de água a ser evaporado é menor, acarretando em menor exposição ao calor, supostamente preservando melhor os constituintes nutricionais. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi estudar a degradação de compostos bioativos e redução da atividade antioxidante de geleias de baixo valor calórico e suco de laranja. Os resultados foram avaliados por meio da análise de variância e teste de médias (Scott-Knott) a 5,0 % de probabilidade. Através dos resultados concluiu-se que as diferentes concentrações dos agentes gelificantes (pectina BTM, goma guar e carragena) nas formulações F5, F6, F8 e F9 causou a menor degradação dos compostos bioativos e atividade antioxidante, preservando melhor os componentes nutricionais.

Palavras chaves: vitamina C, fenólicos totais, capacidade antioxidante

ABSTRACT

Foods with lower calories and saturated fat and consumer demand for high quality products generate the need to use technologies that provide chemical and microbiological safety and increase their commercial validity with minimal change. The purpose of food processing is to slow down microbial activity and possible chemical changes that may influence product quality. There may be desirable changes such as the creation of aromas and increased bioavailability of antioxidants, or undesirable ones, such as loss of vitamins and changes in coloring. The traditional jellies are obtained using in its formulation high methoxylation (TM) pectins, which gellify only in the presence of high soluble solids content from the addition of large amounts of sugar. Jellies for caloric restriction diets are formulated using low methoxylation pectins (BTM), which have the property of forming gel in media with low concentration of soluble solids and in the presence of bivalent ions, without the need of sugars, but from pH control to gel stabilization. The processing is similar to traditional jelly, but the volume of water to be evaporated is lower, resulting in less heat exposure, supposedly preserving the nutritional constituents better. Therefore, the objective of this work was to study the degradation of bioactive compounds and reduction of the antioxidant activity of low calorie jellies and orange juice. The results were evaluated through analysis of variance and means test (Scott-Knott) at 5.0% probability. It was concluded that the different concentrations of gelling agents (BTM pectin, guar gum and carrageenan) in the formulations F5, F6, F8 and F9 caused the lower degradation of the bioactive compounds and antioxidant activity, thus preserving the nutritional components.

2 – INTRODUÇÃO

O aumento da oferta de mercado por alimentos *light* estimulou o uso de frutas como ingredientes, pois permite a obtenção de produtos com baixo valor calórico e com características semelhantes aos alimentos convencionais, impulsionados por consumidores preocupados com uma alimentação mais saudável e com a forma física (CHIM, 2004; NACHTIGALL et al., 2004).

Alimentos com menos calorias e gordura saturada e a exigência dos consumidores por produtos de alta qualidade estabelece a necessidade da utilização de tecnologias que propiciem segurança microbiológica e aumento de sua validade comercial, com o mínimo de alteração (CHOW, 2000; HOFFMAN, 2008).

O suco de laranja constitui um alimento singular devido ao alto conteúdo de vitamina C e quantidades apreciáveis de outros nutrientes essenciais, tais como carotenóides, folato e potássio. Sendo assim considerado um alimento saudável. Frutas cítricas e respectivos sucos, são fontes de flavonóides hesperidina e naringenina, que protegem contra o câncer e a aterosclerose (JAYAPRAKASHA; GIRENNAVAR; PATIL, 2008).

O objetivo do processamento de alimentos é retardar a atividade microbiana e possíveis alterações químicas que influenciam a qualidade do produto, causando alterações desejáveis, como a criação de aromas e aumento da biodisponibilidade de antioxidantes, ou indesejáveis, como a perda de vitaminas e mudanças na coloração (BRECHT et al., 2008; FERNANDES et al., 2007). Neste contexto, as geleias constituem uma importante alternativa para o processamento, aproveitamento e consumo de frutas.

Geleias tradicionais são obtidas utilizando em sua formulação pectinas de alto teor de metoxilação (ATM), que geleificam somente na presença de alto teor de sólidos solúveis provenientes da adição de grandes quantidades de açúcar. As geleias destinadas a dietas de restrição calórica são formuladas por meio do uso de pectinas de baixo teor de metoxilação (BTM), que possuem a propriedade de formar gel em meios com baixa concentração de sólidos solúveis e em presença de íons bivalentes (CAMPOS; CÂNDIDO, 1994), não necessitando da presença de açúcares, mas sendo importante o controle do

pH para estabilização do gel. O processamento é similar ao da geleia tradicional, porém o volume de água a ser evaporado é menor, acarretando menor exposição ao calor, supostamente preservando melhor os nutrientes. (CHIM, 2004; FISZMAN, 1989).

A vitamina C representa o componente mais avaliado em alimentos e sua perda varia de acordo com o processo e equipamentos utilizados (ACHINEWHU e HARD, 1994; GIMENEZ et al., 2002; MATSUURA et al., 2002; GAHLER, OTTO e BOHM, 2003; YAMASHITA et al., 2003), sendo que matérias-primas fontes dessa vitamina ainda retêm alto conteúdo após o processamento (SEMENSATO, 1997).

Durante o processamento, a concentração de fenóis é modificada por escurecimento enzimático, devido à ação da polifenoloxidase, formando precipitados (LEA; TIMBERLAKE, 1978; CLIFF; DEVER; GAYTON, 1991). A oxidação enzimática é bloqueada utilizando inibidores como o dióxido de enxofre e o ácido ascórbico, que atuam sobre a enzima e interagem com intermediários do processo oxidativo ou atua mesmo como agente redutor, revertendo quinonas a compostos fenólicos originais (SHAHIDI; NACZK, 1995; SAYAVEDRA-SOTO; MONTGOMERY, 1986; NICOLAS et al., 1994).

O mecanismo de atuação de compostos antioxidantes presentes em matrizes alimentícias é medido, dentre outras maneiras, por meio de ensaios colorimétricos *in vitro*, os quais medem a propriedade desses compostos em doar hidrogênios ou elétrons a radicais livres, estabilizando-os e também impedindo ou retardando a etapa de propagação desses radicais no meio. Os métodos colorimétricos tais como a avaliação do conteúdo de fenólicos totais por meio do reagente Folin Ciocalteu, ou do radical livre DPPH (1,1-difenil-2-pictrazil), são avaliados por espectrofotômetro, nos diferentes comprimentos de onda necessários a cada ensaio e constituem sistemas simples de avaliação dos mais diversos alimentos existentes, devido ao fato de não serem específicos para uma determinada matriz (ARNOUS, MAKRRIS e KEFALAS, 2002; SELLAPPANS, AKOH e KREWER, 2002; HERTOOG, HOLLMAN e KATAN, 1992; MILLER 1971; MARCO, 1968).

A efetividade dos compostos bioativos em produtos alimentícios é afetada pelo tipo de processamento (DEKKER et al., 1999; KLOPOTEK, OTTO e BOHM, 2005).

O objetivo do presente trabalho foi estudar a degradação de compostos bioativos e redução da atividade antioxidante de geleias de baixo valor calórico e suco de laranja.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Materiais

Ver página 80.

3.2 - Métodos

O trabalho foi realizado nas plantas piloto de Produtos Amiláceos e de Produtos Cárneos e de Base Lipídica e nos laboratórios de Análise Sensorial, Bromatologia e Microbiologia de Alimentos da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto.

3.2.1 - Processamento das laranjas

Ver página 80.

3.2.2 - Delineamento Experimental

Ver página 81.

3.2.3 - Elaboração das geleias de laranja de baixo valor calórico

Ver página 81.

3.3 - Avaliação de compostos bioativos das geleias de laranja de baixo valor calórico

Para a avaliação dos compostos bioativos presentes nas geleias de laranja de baixo valor calórico, foram determinados, em triplicata, os teores de vitamina C, de fenólicos totais, atividade antioxidante pelos métodos de DPPH, ABTS e β -caroteno/ácido linoléico.

3.3.1 - Determinação de ácido ascórbico (Vitamina C)

A determinação do teor de ácido ascórbico foi realizada utilizando o método padrão da AOAC (1995), modificado por Benassi & Antunes (1988), que substituíram a solução de extração padrão (ácido metafosfórico) por ácido oxálico. As diluições foram feitas diretamente em ácido oxálico 2%.

Amostras, de 1g de geleia de laranja de baixo valor calórico, foram diluídas para 100,0 mL com solução de ácido oxálico 2% e uma alíquota de 25,0 mL foi titulada com solução de DCFI (2,6 – diclorofenolindofenol) a 0,025% até coloração rósea.

A solução de 2,6-diclorofenolindofenol a 0,025% foi padronizada com solução de ácido L-ascórbico (0,2mg ácido ascórbico/100mL em solução de ácido oxálico 2%, preparada e mantida ao abrigo da luz), imediatamente antes das determinações do teor de ácido ascórbico das amostras de geleias de laranja de baixo valor calórico.

3.3.2 - Obtenção dos extratos das amostras para análise de compostos fenólicos e para a atividade antioxidante

O procedimento da obtenção do extrato foi adaptado de Larrauri et al. (1997).

Para cada amostra de geleia pesou-se cerca de 10 g em frascos de erlemeyer, sendo adicionados 40 ml de solução metanol/água (50:50 v/v), mantidos sob agitação (200 rpm) à temperatura ambiente durante 60 minutos. Posteriormente, a solução foi mantida em repouso em ambiente refrigerado (8 °C) por 30 minutos. O sobrenadante foi filtrado, recuperado e transferido para um balão de 100 ml. Em seguida, 40 ml de acetona/água (70:30 v/v) foram adicionados ao resíduo, sob agitação (200 rpm) à temperatura ambiente durante 60 minutos. A solução também foi mantida em repouso em ambiente refrigerado (8 °C) por 30 minutos. Completado o período, o sobrenadante foi transferido para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e completado o volume para 100 ml com água destilada. Todo o procedimento foi

realizado ao abrigo da luz, e o extrato estocado à temperatura de -80 °C. Para uso o descongelamento foi realizado em temperatura ambiente.

3.3.3 – Determinação de fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais das geleias de laranja de baixo valor calórico foram quantificados de acordo com o método adaptado de Folin-Ciocalteu (Waterhouse, 2002). Uma alíquota 0,5 mL da solução do extrato foi pipetada e transferida para tubos de ensaio contendo 2,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu 10% (v/v) e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio 4% (p/v). Os tubos foram homogeneizados e mantidos em repouso por 120 minutos, ao abrigo de luz, e a absorbância foi determinada 750nm, tendo o etanol absoluto como branco.

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada por meio da interpolação da absorbância das amostras contra a curva de calibração construída com padrões de ácido gálico (5, 10, 15, 20, 30 e 40 µg/mL). Os resultados foram expressos em equivalente de ácido gálico (AGE) / g de geleia de laranja.

3.4 - Análise da atividade antioxidante

3.4.1 - Avaliação da capacidade antioxidantes pelo método DPPH

A capacidade antioxidante das geleias de laranja de baixo valor calórico, foram avaliadas conforme metodologia descrita por Rufino et al. (2007), com a utilização do DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila).

Alíquotas de 0,1 mL dos extratos foram adicionadas a 3,9 mL da solução de DPPH (0,06 mM), e mantidas à temperatura ambiente, ao abrigo da luz, por 120 minutos. A leitura da absorbância foi determinada a 515 nm em espectrofotômetro. A curva padrão foi preparada com soluções de DPPH em diferentes concentrações (10 µM, 20 µM, 30 µM, 40 µM, 50 µM e 60 µM). Os resultados foram expressos em EC50 (g de geleia/g DPPH).

3.4.2 - Análise da Atividade Antioxidante pelo Método ABTS^{•+}

Este método foi utilizado para medir a atividade antioxidante por meio da captura do radical 2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) ou ABTS^{•+}, de acordo com a metodologia proposta por Rufino et al (2007). Foram preparadas soluções de ABTS adicionando-se 5 mL da solução de ABTS com 88 µL da solução de persulfato de potássio em tubo de ensaio, o qual foi mantido ao abrigo da luz e em temperatura ambiente durante 16 horas. Em seguida, 1 mL da solução ABTS^{•+} foi diluída em álcool etílico absoluto, até obter absorvância de $0,700 \pm 0,05$ nm a 734 nm. Então, foram adicionados 30 µL de cada diluição do extrato para 3 mL da solução do radical ABTS^{•+} em tubo de ensaio. Após foi homogeneizado em agitador de tubos, e foi deixado em repouso ao abrigo da luz por 6 minutos. Após 6 minutos foi realizada a leitura a 734 nm em triplicata. O álcool etílico foi usado para calibrar o espectrofotômetro.

3.4.3 - Método Sistema β-caroteno/ácido linoléico

A determinação da inibição da peroxidação lipídica pelo método β-caroteno/ácido linoleico, foi feito conforme a metodologia desenvolvida por Rufino et al. (2007). Para o preparo da solução sistema β-caroteno/ácido linoleico, foi utilizado 50 ml de β-caroteno e para solubilizar, foi adicionado 1 ml de clorofórmio, homogeneizar e, posteriormente foi evaporado o clorofórmio com o auxílio do oxigenador. Após foram adicionados 40 ml de ácido linoleico e 530 ml de tween 40. Em seguida foi adicionada água saturada de oxigênio (água destilada tratada com oxigênio por 30 minutos) até obter absorvância entre 0,6 nm e 0,7 nm a 470 nm. A solução sistema apresentou uma coloração amarelo-alaranjada. Após, misturar 0,4 ml de cada diluição do extrato com 5 ml da solução sistema (sistema β-caroteno/ácido linoléico). Foi utilizado como controle 0,4 ml da solução de trolox com 5 ml da solução sistema β-caroteno/ácido linoléico, sendo homogeneizados os tubos de ensaio em agitador e mantidos em banho-maria a 40 °C. Em seguida foi realizada a primeira leitura (470 nm) após 2 minutos de efetuada a mistura e depois em

intervalos de quinze minutos até 120 minutos. O espectrofotômetro foi calibrado com água destilada.

3.5 - Análise dos resultados

Os resultados foram avaliados por meio da análise de variância e teste de médias (Scott-Knott) a 5,0 % de probabilidade em software Sisvar (FERREIRA, 2000) para as avaliações de determinação da degradação dos compostos bioativos e da atividade antioxidante das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico e também para o suco integral da polpa da laranja.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. – Vitamina C e compostos fenólicos totais

Foram obtidos os valores médios da vitamina C (mg/100g) e de fenólicos totais (geleia - mg AGE/g geleia; suco – mg AGE/g suco) das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico e do suco de laranja.

Tabela 10. Valores médios do teor de vitamina C e compostos fenólicos totais na geleia e suco de laranja

Amostras	Vitamina C	Compostos fenólicos totais
Suco	381,63 ± 60,09 a	0,122 ± 0,008 a
F1	316,14 ± 28,82 a	0,077 ± 0,014 c
F2	295,92 ± 42,27 a	0,075 ± 0,004 c
F3	225,30 ± 35,48 b	0,080 ± 0,001 c
F4	199,31 ± 65,51 b	0,067 ± 0,002 d
F5	282,02 ± 48,85 a	0,087 ± 0,004 b
F6	336,11 ± 48,02 a	0,092 ± 0,009 b
F7	209,91 ± 19,13 b	0,062 ± 0,005 d
F8	219,99 ± 47,63 b	0,090 ± 0,001 b
F9	326,05 ± 29,72 a	0,092 ± 0,003 b
F10	250,06 ± 67,81 b	0,097 ± 0,014 b

Valor médio ± desvio padrão; Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste Scott-Knott a 5 % de significância. F1, 1 % pectina BTM; F2, 1 % goma guar; F3, 1 % goma carragena; F4, 0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma guar; F5, 0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma carragena; F6, 0,5 % goma guar e 0,5 % goma carragena; F7, 0,68 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,16 % goma carragena; F8, 0,16 % pectina BTM, 0,68 % goma guar e 0,16 % goma carragena; F9, 0,16 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,68 % goma carragena; F10, 0,33 % pectina BTM, 0,33 % goma guar e 0,34 % goma carragena. *Formulação 10: média dos valores da vitamina C e dos compostos fenólicos totais obtidos para as formulações 10, 11 e 12.

Em relação as formulações, os valores médios de vitamina C variaram entre 199,31 mg/100g a 336,11 mg/100g (Tabela 10). As formulações que apresentaram as maiores médias foram F1 (1 % de pectina BTM), F2 (1% goma guar), F5 (0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma carragena), F6 (0,5 % goma guar e 0,5 % goma carragena) e F9 (0,16 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,68 % goma carragena). Menores médias foram detectadas nas geleias obtidas por meio da F3 (1% de carragena), F4 (0,5 pectina BTM e 0,5% de goma guar), F7 (0,68 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,16 % goma carragena), F8 (0,16 % pectina BTM, 0,68 % goma guar e 0,16 % goma carragena) e F10 (0,33 % pectina BTM, 0,33 % goma guar e 0,34 % goma carragena).

As gomas ou hidrocolóides são polissacarídeos que apresentam a propriedade de reter moléculas de água, formando soluções coloidais e controlando desse modo a atividade de água de um sistema, sendo muito utilizados como estabilizantes (BOBBIO & BOBBIO, 1992; MOREIRA; CHENLO; TORRES, 2011).

Em relação a goma guar, esta apresenta alta massa molecular, é estável ao calor, e não forma géis (BOBBIO & BOBBIO, 1992). Sendo que 85 % deste hidrocolóide é formado por um polissacarídeo solúvel em água, cuja estrutura consiste, em geral, em galactomanana, com cadeias lineares de D-manose ligadas entre si por ligações glicosídicas β -(1-4) às quais estão ligadas a unidades de D-galactose por ligações glicosídicas α -(1-6) (CHAWLA & PATIL, 2011). Os resíduos de galactose dificultam a aproximação das cadeias e impedem uma coesão forte, permitindo assim que a água penetre entre elas e hidrate a goma (CUBERO et al., 2002). Provavelmente a propriedade de formar soluções altamente viscosas (GOLDSTEIN et al., 1973) permitiu uma proteção da vitamina C das geleias em comparação a vitamina C do suco de laranja, pois a formulação com alta concentração de goma guar obteve uma das maiores médias juntamente com o suco de laranja neste estudo.

No caso do gel de pectina BTM a estrutura tridimensional envolve sequências de dois ácidos galacturônicos dispostos paralelamente, formando a ponte entre íons Ca^{+2} e carboxilas livres, entrelaçando-as, estando suplementadas por pontes de hidrogênio. Zonas de junção secundárias podem

surgir das pontes de hidrogênio com moléculas de água e açúcar (FISZMAN, 1989).

A pectina BTM tem a propriedade de formar complexos com outros polímeros devido seu balanço de cargas. Em pH acima de 2,9 encontra-se carregada negativamente, em pH abaixo deste valor, o polissacarídeo encontra-se não dissociado, portanto sem cargas (pKa de 2,9). Mediante suas características eletrostáticas e propriedade de formação de gel da pectina intacta ou modificada e pectina associada a outros polímeros naturais ou sintéticos, esta tem sido estudada como material de revestimento em microcápsulas (RALET et al., 2001).

Considerando que entre os hidrocolóides mais utilizados como barreira na proteção de alimentos, quer na forma de filmes ou microcápsulas, encontram-se amidos, maltodextrinas, pectinas de baixo teor de esterificação, além de gomas como glucanas, carragena e alginato de cálcio, sendo que os quatro últimos requerem um íon para a reticulação da matriz (MUKAI-CORREA et al., 2007; XIONG et al., 2006; ERSUS & YURDAGEL, 2007).

Silva et. al., (2006) avaliaram o efeito de diferentes processamentos sobre o teor de ácido ascórbico em suco de laranja utilizado na elaboração de bolo, pudim e geléia, embora o teor médio de Acido Ascorbico da geléia tenha sido significativamente inferior ao do suco de laranja *in natura*, uma retenção de aproximadamente 75% desta vitamina foi verificada no produto final.

Teixeira e Monteiro (2004) compararam o teor de ácido ascórbico de suco de laranja recém-extraído (fresco) e de sucos recém-processados (pasteurizado; concentrado e congelado). O suco fresco apresentou o maior conteúdo de ácido ascórbico (81,4 mg/100 mL suco). As perdas de ácido ascórbico decorrentes do tratamento térmico foram de 6,7% para o suco pasteurizado e de 8,8% para o suco concentrado e congelado.

Mélo, Lima & Nascimento (1999), no estudo da formulação e avaliação físico-química e sensorial de geleia mista de pitanga e acerola, avaliaram a estabilidade do AA e observaram um percentual de retenção de aproximadamente 93%.

As formulações com os maiores valores de vitamina C (F1, F2, F5, F6 e F9), propiciaram a formação de géis com estruturas que conferiram uma maior

capacidade de proteção da vitamina C. Nestas amostras foram encontrados valores médios semelhantes ao do suco de laranja, ocorrendo desse modo 0% de degradação desta vitamina nestas formulações.

No que se refere aos compostos fenólicos totais, os valores das formulações de geleia de laranja variaram entre 0,062 (mg AGE/g geleia) a 0,097 (mg AGE/g geleia) (Tabela 10). As formulações que apresentaram as maiores médias foram F5 (0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma carragena), F6 (0,5 % goma guar e 0,5 % goma carragena), F8 (0,16 % pectina BTM, 0,68 % goma guar e 0,16 % goma carragena), F9 (0,16 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,68 % goma carragena) e F10 (0,33 % pectina BTM, 0,33 % goma guar e 0,34 % goma carragena). Já as formulações que apresentaram as menores médias foram F4 (0,5 pectina BTM e 0,5% de goma guar) e F7 (0,68 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,16 % goma carragena).

Dessimoni-Pinto et al., (2011), mostraram valores de compostos fenólicos totais para a geleia de jabuticaba de 2,16 mg AGE/g de geleia.

Rababah et al., (2011), estudou a concentração de compostos fenólicos totais e o efeito do processamento da geleia sobre estes, sendo que os resultados foram expressos em equivalente de ácido gálico em várias geleias, com isso mostrou teor de compostos fenólicos na geleia de morango de 0,455 mg AGE/g de geleia, enquanto o fruto apresentou 8,503 mg AGE/g de fruta, isto mostra que o processamento da geléia causou uma perda de 93,2% do total de compostos fenólicos, geleia de cereja 0,523 mg AGE/g de geleia e a cereja 4,512 mg AGE/g de fruta, expondo uma perda 87,9% no total de compostos fenólicos, geleia de damasco 0,0002 mg AGE/g de geleia, já o damasco 1,859 mg AGE/g de fruta, revelando queda de 99,9% após o processamento da geleia, geleia de figo 0,131 mg AGE/g geleia, enquanto o figo 1,224 mg AGE/g fruta, ou seja, houve uma diminuição de 76,2% no teor de compostos fenólicos, geleia de laranja 0,319 mg AGE/g geleia, enquanto a laranja 1,390 mg AGE/g de fruta, esponto uma diminuição no teor destes compostos de 68,6% no total de compostos fenólicos (RABABAH et al., 2011).

A combinação entre os agentes gelificantes utilizados neste estudo diminuiu a degradação de fenólicos totais sendo que as maiores médias foram

obtidas para as formulações (F5, F6, F8, F9, F10) que possuíam a mistura de mais de um hidrocolóide, podendo estes terem influenciado a formação de géis com estruturas que conferiram uma maior capacidade de proteção aos compostos. Ocorrendo desse modo 30% de degradação do índice de fenólicos totais nas amostras de geleia com maiores médias em comparação ao suco de laranja.

4.2 – Atividade antioxidante

Foram obtidos os valores médios da atividade antioxidante das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico e também do suco de laranja por meio dos métodos do DPPH (g geleia/g DPPH), ABTS (μM trolox/g de geleia) e sistema β -caroteno/ácido linoléico (% Proteção).

Tabela 11. Valores médios da atividade antioxidante das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico e do suco de laranja segundo o método do DPPH, ABTS e sistema β -caroteno/ácido linoléico

Amostras	DPPH	Sistema β- caroteno/ácido linoléico	ABTS
Suco	41908,76 \pm 71,95 h	48,02 \pm 7,44 a	6,20 \pm 0,046 b
F1	75919,70 \pm 505,92 e	47,38 \pm 5,60 a	6,09 \pm 0,229 b
F2	60157,41 \pm 152,13 g	69,55 \pm 10,33 a	1,09 \pm 0,005 d
F3	72845,35 \pm 237,15 f	49,49 \pm 18,58 a	0,75 \pm 0,005 e
F4	90706,30 \pm 182,92 d	31,37 \pm 8,55 a	0,38 \pm 0,002 e
F5	11766,01 \pm 120,76 j	44,99 \pm 13,25 a	3,27 \pm 0,087 c
F6	11519,31 \pm 123,32 j	51,24 \pm 23,81 a	0,35 \pm 0,009 e
F7	22220,29 \pm 720,94 i	49,22 \pm 20,46 a	0,70 \pm 0,007 e
F8	104682,28 \pm 637,82 c	56,02 \pm 3,10 a	11,19 \pm 1,071 a
F9	122241,09 \pm 81,47 a	63,20 \pm 2,07 a	1,47 \pm 0,040 d
F10	107565,17 \pm 69861,77 b	53,05 \pm 2,38 a	1,46 \pm 0,084 d

Valor médio \pm desvio padrão; Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste Scott-Knott a 5 % de significância. F1, 1 % pectina BTM; F2, 1 % goma guar; F3, 1 % goma carragena F4, 0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma guar; F5, 0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma carragena; F6, 0,5 % goma guar e 0,5 % goma carragena; F7, 0,68 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,16 % goma carragena; F8, 0,16 % pectina BTM, 0,68 % goma guar e 0,16 % goma carragena; F9, 0,16 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,68 % goma carragena; F10, 0,33 % pectina BTM, 0,33 % goma guar e 0,34 % goma carragena. *Formulação 10: média dos valores das atividades antioxidante obtidos para as formulações 10, 11 e 12.

A propriedade de captura de radicais livres foi quantificada por meio do parâmetro EC_{50} que representa a concentração do material em análise necessária para inibir 50% de radicais livres. Portanto, quanto menor o EC_{50} , maior será a atividade antioxidante do extrato analisado.

Os valores médios da atividade antioxidante pelo método DPPH (EC_{50}/g DPPH) das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico variaram entre 11519,31(EC_{50}/g DPPH) a 122241,09(EC_{50}/g DPPH) (Tabela 11). As formulações que apresentaram as maiores médias de atividade antioxidante pelo método DPPH foram F5 (0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma carragena), F6 (0,5 % goma guar e 0,5 % goma carragena), F7 (0,68 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,16 % goma carragena). Já a formulação que apresentou a menor média foi a F9 (0,16 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,68 % goma carragena).

No mecanismo de antioxidação, a propriedade de uma molécula de doar átomos de hidrogênio aos radicais e a propensão de doação de hidrogênio é o fator crítico que influencia a atividade contra os danos causados pelos radicais livres (CETKOVIC et. al., 2004). Os polissacarídeos são moléculas com boa capacidade de hidratação em decorrência principalmente dos grupos hidroxilas, que podem servir como doadores e aceptores de hidrogênio. Entretanto, os grupos hidroxilas são também sítios ativos para o sequestro de radicais através da doação de átomos de hidrogênio (ALIMI et. al., 2011). Essas características tornam os polissacarídeos moléculas antioxidantes multipotentes. Porém há outras características que fazem com que alguns polissacarídeos sejam melhores antioxidantes do que outros. Características estruturais, como tipo de açúcar, massa molar, arranjo estrutural da cadeia polimérica e a presença de grupamentos químicos ligados ao polímero, como grupamentos sulfato, carboxílico ou metil estão intimamente relacionados com a atividade antioxidante de polissacarídeos (CHEN, 2008).

Carragenas são polissacarídeos sulfatados lineares de D-galactose e 3,6-anidro-Dgalactose extraídos de certas algas vermelhas da classe Rhodophyceae (CAMPO et al., 2009). A avaliação in vivo de galactana sulfatada, proveniente de fração da alga vermelha *Porphyra haitanensis*, demonstrou expressiva atividade antioxidante em ratos. A administração

intraperitoneal da fração contendo o composto diminuiu significativamente a peroxidação lipídica em ratos, além de aumentar a capacidade antioxidante e a atividade da superóxido dismutase e glutathione peroxidase (ZHANG et al., 2004).

Atividades antioxidantes também têm sido relatadas para a pectina. A adição de oligossacarídeos oriundos de pectina na dieta de camundongos obesos levou a uma maior atividade da enzima superóxido dismutase (SOD), além da diminuição da peroxidação lipídica (LIU et al., 2010). Gan e Latiff (2011) e Patra et al. (2012) observaram uma significativa capacidade sequestrante do radical DPPH pelas pectinas.

Dewanto et al. 2002 observaram aumento da atividade antioxidante total medida pelo método DPPH de tomates processados termicamente por 2, 15 e 30 minutos a 88 °C. Os autores observaram aumento de 26,5% da AAT após 30 minutos.

Desse modo, os valores médios de atividade antioxidante pelo método DPPH obtidos para as amostras F5, F6 e F7 foram os menores, assim foram obtidas formulações com maior capacidade antioxidante que o suco de laranja, possivelmente devido aos polissacarídeos carragena e pectina BTM que influenciaram a propriedade antioxidante nestas formulações. À vista disso estas amostras apresentaram 0% de degradação da atividade antioxidante pelo método DPPH em comparação ao suco de laranja.

Os valores médios da atividade antioxidante pelo método sistema β -caroteno/ácido linoléico (% de proteção) das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico foram todas iguais ao do suco de laranja (Tabela 11).

Segundo Hassimoto, Genovese e Lajolo (2005), a capacidade antioxidante, referente ao método β -caroteno/ácido linoleico é classificada, como: i) níveis elevados (>70%); ii) intermediário (40-70%) e iii) baixo (<40%), na inibição da oxidação. Neste sentido os valores de atividade antioxidante pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico obtidos das formulações revelaram uma capacidade antioxidante intermediária.

No estudo de Cunha, (2016), sobre o impacto do processamento, da embalagem e do tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de

murici, verificou-se que, o impacto do processamento referente ao método β -caroteno/ácido linoleico, no tempo inicial, foi classificado com um nível intermediário da percentagem de inibição da oxidação ($35,12\% \pm 11,93$).

Os valores médios da atividade antioxidante pelo método ABTS (μM trolox/g de geleia) das diferentes formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico variaram entre 11,19 (μM trolox/g de geleia) a 0,35 (μM trolox/g de geleia) (Tabela 11). As formulações que apresentaram as maiores médias de atividade antioxidante pelo método ABTS foram F1 (1 % pectina BTM) e F8 (0,16 % pectina BTM, 0,68 % goma guar e 0,16 % goma carragena). Já as formulações que apresentaram as menores médias foram a F3 (1 % goma carragena), F4 (0,5 % pectina BTM e 0,5 % goma guar), F6 (0,5 % goma guar e 0,5 % goma carragena) e F7 (0,68 % pectina BTM, 0,16 % goma guar e 0,16 % goma carragena).

Segundo a capacidade de sequestrar o radical ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico), Leong e Shui (2002) classificaram a goiaba com elevada capacidade, a laranja, mamão, manga e abacaxi com média e a melancia com baixa.

No estudo de Cunha, (2016), observou-se que por meio do método DPPH, a quantidade de polpa reconstituída necessária para reduzir o radical DPPH em 50% ($397,98 \pm 36,78\text{g}$ de amostra. g^{-1}) foi relativamente superior quando comparado os resultados com a geleia ($132,32 \pm 34,43\text{g}$ de amostra. g^{-1}), o mesmo é observado para o método ABTS⁺⁺ de $362,50 \pm 11,90$ (μmol de trolox. g^{-1}) (polpa reconstituída) para $1.581,78 \pm 723,77$ (μmol de trolox. g^{-1}) (geleia).

Neste contexto, o valor atingido pela amostra F8 foi superior ao do suco de laranja, provavelmente devido a atividade antioxidante dos polissacarídeos carragena e pectina BTM que influenciaram a capacidade antioxidante nesta formulação. Desse modo esta amostra apresentou 0% de degradação da atividade antioxidante pelo método ABTS em comparação ao suco de laranja.

5 – CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para os compostos bioativos e atividade antioxidante no presente trabalho mostraram que os agentes gelificantes utilizados (pectina BTM, goma guar e goma carragena) influenciaram as características antioxidantes das geleias de laranja de baixo valor calórico.

Em relação à vitamina C e aos compostos fenólicos totais as formulações F5, F6 e F9 apresentaram 0% de degradação em comparação ao suco de laranja.

Para a atividade antioxidante as formulações F5, F6 e F8 obtiveram 0% de degradação em comparação ao suco de laranja.

Desta forma, podemos sugerir que as diferentes concentrações dos agentes gelificantes (pectina BTM, goma guar e carragena) nas formulações F5, F6, F8 e F9 causou a menor degradação dos compostos bioativos e atividade antioxidante, preservando melhor os componentes nutricionais.

6 - CONCLUSÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que a produção da geleia de laranja de baixo valor calórico é viável, uma vez que, o produto obteve boa aceitação por parte dos provadores.

As formulações adicionadas apenas de pectina BTM apresentaram melhores respostas. Já as formulações contendo alta concentração de goma guar obtiveram menor aceitação.

Com relação à acidez, a geleia com concentrações tendendo a equivalência dos três agentes se mostrou menos ácida. Em relação aos valores de açúcares totais a geleia com concentrações acima de 25 % de carragena, obteve os menores valores. Para a umidade a formulação com alta concentração de carragena também apresentou os menores valores de umidade.

As formulações com altas concentrações de pectina BTM, aumentou também os parâmetros reológicos, índices de consistência (k) e fluxo (n).

Assim sugere-se que as geleias com concentrações tendendo a equivalência dos três hidrocoloides pode produzir geleias com melhores características físicas e físico-químicas, com boa aceitação sensorial e com maiores concentrações de antioxidantes (vitamina C e fenólicos totais).

7 - PERSPECTIVAS

Estudos futuros são necessários para avaliar a estabilidade ao longo do tempo das formulações de geleia de laranja de baixo valor calórico e compreender a vida de prateleira.

8- REFERÊNCIAS

- ACHINEWHU, S.C.; HART, A.D. Effect of processing and storage on the ascorbic acid (vitamin C) content of some pineapple varieties grown in the Rivers State of Nigeria. *Plant Foods for Human Nutrition*, Dordrecht, v. 46, n. 4, p. 335-337, 1994.
- ALIMI, H; HFAIEDH, N; BOUONI, Z; SAKLY, M; BEN RHOUMA, K. Evaluation of antioxidant and antiulcerogenic activities of *Opuntia ficus indica* f. *inermis* flowers extract in rats. *Environmental Toxicology and Farmacology*. v. 32, n. 3, p. 406-416, 2011.
- ARNOUS, A.; MAKRRIS, D.; KEFALAS, P. Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 655-665, 2002.
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v.31, n.4, p.507-513, 1988.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. Q. *Introdução à Química de Alimentos*. 2.ed. São Paulo: Varela, 223p., 1992.
- BRECHT, J. K. et al. Postharvest physiology of edible plant tissue. In: DAMORADAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. *Fennema's food chemistry*. Boca Raton: CRC, 2008. p. 1042-1043, 2008.

- CAMPO, V.L.; KAWANO, D.F.; DA SILVA, J.R.; CARVALHO, I. Carrageenans: biological properties, chemical modifications and structural analysis - a review. *Carbohydrate Polymers*, v. 77, p. 167-180, 2009.
- CAMPOS, A. M.; CÂNDIDO, L. M. B. Comportamento de géis de pectinas amidadas em presença de diferentes adoçantes e teores variados de cálcio. *Bol. Centro Pesq. Processamento Alim., Curitiba*, v. 12, n. 1, p. 39-54, jan./jun. 1994.
- CETKOVIC, G.S.; DJILAS, S.M.; CANADANOVIC-BRUNET, J.M.; TUMBAS, V.T. Antioxidant properties of marigold extracts. *Food Research International*, v. 37, p. 643-650, 2004.
- CHAWLA, R., E. PATIL, G. R. Soluble dietary fiber. *Comprehensive Reviews. In: Food Science and Food Safety*, v. 9, p. 178-196, 2011.
- CHEN, H., ZHANG, M., QU, Z., XIE, B. Antioxidant activities of different fractions of polysaccharide conjugates from green tea (*Camellia Sinensis*). *Food Chemistry*. v.106, p.559–563, 2008.
- CHIM, J.F. Influência da combinação de edulcorantes sobre as características e retenção de vitamina C em geléias light mista de pêssego (*Prunus persica*) e acerola (*Malpighia punicifolia*). Pelotas, 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de concentração Ciência e Tecnologia Agroindustrial), Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2004.
- CHOW, C.K. Fatty acids in foods and their health implications. 2ª ed. USA: Marcel Dekker, Inc. 1045p. 2000.
- CLIFF, M.; DEVER, M. C.; GAYTON, R. Juice extraction process and apple cultivar influences on juice properties. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1614-1627, 1991.
- CUBERO, N., MONFERRER A., VILLALTA J. *Aditivos Alimentarios*. Mundi-Prensa Libros, Madrid, 2002.
- CUNHA, M. C. D. Impacto do processamento, da embalagem e do tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich). 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

DEKKER, M.; VERKERK, R.; VAN DER SLUIS, A.A.; KHOKHAR, S.; JONGEN, W.M.F. Analysing the antioxidant activity of food products: processing and matrix effects. *Toxicology in Vitro*, London, v.13, p. 797-799, 1999.

DESSIMONI-PINTO, V. A.; N. MOREIRA, A. W.; CARDOSO, M. L.; ARAÚJO PANTOJA, A. L. Jaboticaba peel for jelly preparation: an alternative technology. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, V. 31(4), p. 864-869, 2011.

DEWANTO, V. et al. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.*, Easton, v. 50, p. 3010-3014, 2002.

ERSUS, S.; YURDAGEL, U. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucuscarota L.*) by spray dryer. *J. Food Eng.*, 80, 805-812, 2007.

FERNANDES, A. G. et al. Comparação dos teores em vitamina C, carotenoides totais, antocianinas totais e fenólicos totais do suco tropical de goiaba nas diferentes etapas de produção e influência da armazenagem. *Alimentos e Nutrição*, Marília, v. 18, n. 4, p. 431-438, 2007.

FERREIRA, D. F. Programa Sisvar: versão 3,04. Lavras: UFLA/DEX, 2000.

FISZMAN, S.M. Propiedades funcionales de los hidrocoloides polisacarídicos-mecanismos de gelificación. *Revista de Agroquímica y Tecnologia de Alimentos*, Valencia, v.29, n.4, p. 415-429, 1989.

GAHLER, S.; OTTO, K.; BOHM, V. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.51, n.27, p.7962-7968, 2003.

GAN, C-Y.; LATIFF, A. A. Extraction of antioxidant pectic-polysaccharide from mangosteen (*garcinia mangostana*) rind: optimization using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, London, v. 83, n. 2, p. 600–607, Jan. 2011.

GIMENEZ, R.; CABRERA, C.; OLALLA, M.; RUIZ, M.D.; LÓPEZ, M.C. Ascorbic acid in diet supplements: loss in the manufacturing process and storage. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, London, v. 53, n. 6, p. 509-518, 2002.

GOLDSTEIN, A. M.; ALTER, E. N.; SEAMAN, J. K. Guar gum: In: WHISTLER, R. *Industrial Gums*. 2.ed. New York: Associated Press, p.303-332. 1973.

- HASSIMOTO, N. M.; GENOVESE, I. S.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.
- HERTOG, M.G.L.; HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M.B. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the The Netherlands. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 40, 2379-2383, 1992.
- HOFFMAN, L. C. The yield and nutritional value of meat from African ungulates, camelidae, rodents, ratites and reptiles. *Meat Science*, v. 80, p. 94–100, 2008.
- JAYAPRAKASHA, G. K.; GIRENNAVAR, B.; PATIL, B. S. Antioxidant capacity of pummelo and navel oranges: Extraction efficiency of solvents in sequence. *LWT*, v.41, p. 376-84, 2008.
- KLOPOTEK, Y.; OTTO, K.; BOHM, V. Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 53, n.14, p.5640-5646, 2005.
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.
- LEA, A. G. H.; TIMBERLAKE, C. F. The phenolics of ciders: Effect of processing conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 29, n. 5, p. 484-492, 1978.
- LEONG, L.P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. *Food Chem.*, Washington, v.76, p.69-75, 2002.
- LIU, L. et al. Extraction of pectins with different degrees of esterification from mulberry branch bark. *Bioresource Technology*, Barking, v. 101, n. 9, p. 3268–3273, May 2010.
- MARCO, G.J. A rapid method for evaluation of antioxidants. *Journal of the American Oil Society*, 45, 594-598, 1968.
- MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. L. S.; FERREIRA, D. C.; CARDOSO, R.L. Produção de geléia mista de maracujá e acerola com alto teor de vitamina

- C. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. Anais. Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. 1 CD-ROM.
- MÉLO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, P. P. Formulação e avaliação físico-química e sensorial de geleia mista de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e acerola (*Malpighia* sp). Boletim CEPPA, v. 17, n. 1, p. 33-44, 1999.
- MILLER, H.E. A simplified method for the evaluation of antioxidant. Journal of the American Oil Society, 48, 91, 1971.
- MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M. D. Rheology of commercial chestnut flour doughs incorporated with gelling agents. Food Hydrocolloids, Oxford, v. 25, p. 1361-1371, 2011.
- MUKAI-CORREA, R.; PRATA, A. S.; ALVIM I. D.; GROSSO, C. R. F. Controlled release of protein microencapsulated by ionic gelation. Curr. Drug Deliv., 1, 265-273, 2007.
- NACHTIGALL, A.M.; SOUZA, E.L.de; MALGARIM, M.B.; ZAMBIAZI, R.C. Geléias light de amora-preta. B. CEPPA, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 337-354, jul/dez. 2004.
- NICOLAS, J. J.; RICHARD FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; AMIOT, M. J.; AUBERT, S. Y. Enzymatic browning reactions in apple and apple products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Boca Raton, v. 34, n. 2, p. 109-157, 1994.
- PATRA, P. et al. Structure elucidation of an immunoenhancing pectic polysaccharide isolated from aqueous extract of pods of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Carbohydrate Polymers, London, v. 87, n. 3, p. 2169-2175, Feb. 2012.
- RABABAH, M. T.; AL-MAHASNEH, A. M.; KILANI, I.; YANG, W.; ALHAMAD, N. M. KHALIL EREIFEJA and MUHAMMAD AL-U'DATTA. Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits J Sci Food Agric v. 91, p. 1096–1102, 2011.
- RALET, M. C., DRONNET, V., BUCHHOLT, H. C., & THIBAUT, J. F. Enzymatically and chemically de-esterified lime pectins: Characterisation, polyelectrolyte behaviour and calcium binding properties. Carbohydrate Research, 336, 117–125, 2001.

- RUFINO, M. S. M. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa, 2007a. (Comunicado Técnico, 127).
- RUFINO, M. S. M. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS*+. Fortaleza: Embrapa, 2007b. (Comunicado Técnico, 128).
- RUFINO, M. S. M. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β -caroteno/ácido linoleico. Fortaleza: Embrapa, 2006. (Comunicado Técnico).
- SAYAVEDRA-SOTO, L. A.; MONTGOMERY, M. W. Inhibition of polyphenoloxidase by sulfite. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 51, n. 6, p. 1531-1536, 1986.
- SELLAPPANS, S.; AKOH, C.C.; KREWER, G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-Grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50, 2432-2438, 2002.
- SEMENSATO, L.R. Caracterização físico-química de frutos genótipos de acerola (*Malpighia* sp.), cultivados em Anápolis-GO, processamento e estabilidade de seus produtos. Goiânia, 74 p. Dissertação (Mestrado em Agronomias), Universidade Federal de Goiânia (UFG), 1997.
- SHAHIDI, F.; NACZK, M. Food phenolics: sources, chemistry, effect, applications. Pennsylvania: Technomic, 1995.
- SILVA, P. D., LOPES, M. L. M., & VALENTE-MESQUITA, V. L. Efeito de diferentes processamentos sobre o teor de ácido ascórbico em suco de laranja utilizado na elaboração de bolo, pudim e geléia. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(3), 678-682, 2006.
- SOUZA, V. R; PEREIRA, P. A. P.; PINHEIRO, A. C. M.; BOLINI, H. M. A; BORGES, S. V.; QUEIROZ, F. Analysis of various sweeteners in low-sugar mixed fruit jam: equivalent sweetness, time-intensity analysis and acceptance test. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 48, p. 1541-1548, 2013.
- TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Caracterização físico-química e sensorial de suco de laranja processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004, Recife. Anais... Recife: SBCTA, 2004. CD-ROOM.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: Wrolstad, R. E. (Ed.). Current protocols in food analytical chemistry. New York: J. Wiley and Sons, 2002.

XIONG, S.; MELTON, L. D.; EASTEAL, A.; SIEW, D. Stability and antioxidant activity of black currant anthocyanins in solution and encapsulated in glucan gel. J. Agric. Food Chem., 54, 6201-6208, 2006.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 23, n. 1, p. 92-4, 2003.

ZHANG, Q.; LI, N.; LIU, X.; ZHAO, Z.; LI, Z.; XU, Z. The structure of a sulfated galactan from *Porphyra haitanensis* and its "in vivo" antioxidant activity. Carbohydrate Research, v. 339, p. 105-111, 2004.