UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

ANA PAULA VIANA TEIXEIRA

APLICAÇÃO DA PECTINA DO FRUTO DE *Solanum lycocarpum* A. ST. HIL. (LOBEIRA) COMO AGENTE EMULSIFICANTE E REDUTOR DE COLESTEROL EM SORVETE

Goiânia
2017

sistema de bibliotecas ufg

PRPG
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

UFG

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **[X] Dissertação** **[ ] Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Ana Paula Viana Teixeira

Título do trabalho: APLICAÇÃO DA PECTINA DO FRUTO DE *Solanum lycocarpum* A. ST. HIL. (LOBEIRA) COMO AGENTE EMULSIFICANTE E REDUTOR DE COLESTEROL EM SORVETE.

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento [ ] SIM [X] NÃO[1]

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Ana Paula Viana Teixeira
Assinatura do(a) autor(a)[2]

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)[2] Data: 01 / 11 / 2017

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:
- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

[2] A assinatura deve ser escaneada.

ANA PAULA VIANA TEIXEIRA

APLICAÇÃO DA PECTINA DO FRUTO DE *Solanum lycocarpum* A. ST. HIL. (LOBEIRA) COMO AGENTE EMULSIFICANTE E REDUTOR DE COLESTEROL EM SORVETE

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Alves da Silva
Coorientadora: Profª. Drª. Kátia Flávia Fernandes

Goiânia
2017

Viana Teixeira, Ana Paula
APLICAÇÃO DA PECTINA DO FRUTO DE Solanum lycocarpum A. ST. HIL. (LOBEIRA) COMO AGENTE EMULSIFICANTE E REDUTOR DE COLESTEROL EM SORVETE [manuscrito] / Ana Paula Viana Teixeira. - 2017.
0 64 f.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Alves da Silva; co-orientadora Dra. Kátia Flávia Fernandes.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2017.
Bibliografia. Apêndice.
Inclui abreviaturas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Pectina. 2. Lobeira. 3. Capacidade emulsificante. 4. Estabilidade da emulsão. 5. Digestibilidade. I. Alves da Silva, Flávio, orient. II. Título.

CDU 664

UFG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
MESTRADO

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE ANA PAULA VIANA TEIXEIRA. Aos vinte e oito dias do mês de agosto de 2017 (28/08/2017), as 14h30min, reuniram os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Flávio Alves da Silva – Orientador – PPGCTA/EA/UFG, a Profa. Dra. Rosângela Vera– EA-UFG e o Prof. Dr. Ailton Lemes – ICB - UFG, para sob a presidência do primeiro, e em sessão fechada, realizada na Sala 18 – Prédio Central EA-UFG, proceder à avaliação da defesa de dissertação intitulada: **"Aplicação da pectina do fruto de *Solanum lycocarpum* A. ST. HIL (Lobeira) como agente emulsificante e redutor de colesterol em sorvete",** em nível de MESTRADO, área de concentração em CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, de autoria de **ANA PAULA VIANA TEIXEIRA**, discente do Programa de PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Flávio Alves da Silva, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação, que, em trinta minutos, procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca fez argüição do examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo seqüencial. Terminada a fase de argüição, procedeu-se à avaliação da defesa, tendo-se em vista o que consta na Resolução nº. 1403/2016 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, a dissertação foi **Aprovada** e, para fins de expedição do diploma de **MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, na área de concentração em **CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS** pela Universidade Federal de Goiás, o candidato deverá proceder a entrega da versão final corrigida, nos termos do artigo 42 da resolução do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Cumpridas as formalidades de pauta, às 16h22min, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação, e para constar, lavrou-se a presente Ata, que, depois de lida e aprovada, é assinada pelos membros da Banca Examinadora em três vias de igual teor.

Prof. Dr. Flávio Alves da Silva
Presidente – PPGCTA/EA/UFG

Profa. Dra. Rosângela Vera
Membro – EA/UFG

Prof. Dr. Ailton Lemes
Membro – ICB/UFG

Dedico este trabalho as pessoas mais presentes e importantes de minha vida:

Ao meu pai Jayme, o mais generoso e companheiro de todos os pais.

Á minha mãe Cleidimar, pelo exemplo de vida que é.

Ao meu irmão, Jayme Júnior, pelo apoio direto ou indireto.

Sem vocês eu não teria conseguido chegar até aqui.

AMO MUITO VOCÊS!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a DEUS, que me deu a oportunidade de viver, e colocou em meu caminho e ao meu lado pessoas tão especiais, sem as quais certamente não teria dado conta!

Agradeço aos meus pais, Jayme e Cleidimar, por sempre terem acreditado em minha capacidade e que sempre me incentivaram a dar e fazer o que há de melhor em mim. Obrigada por todos os ensinamentos e pelo amor incondicional! Sem vocês, literalmente eu não seria nada do que eu hoje sou.

Aos meus irmãos, Jayme Júnior, Alarrubia e Luiz Guilherme que ao modo peculiar de cada um, sempre se orgulharam de mim e confiaram em meu trabalho e em meus sonhos.

As minhas avós, avô, padrinho, madrinha, tios, tias, primos e primas, especialmente minha prima Julliana Viana, e madrinha Tianinha. Obrigada pela força, amor e paciência, por me aguentarem em momentos difíceis!

Agradeço também à minha cunhada Nathália, pelo incentivo e apoio. Obrigada pelo carinho!

Às minhas amigas de coração e de sempre, Lidiane Victor, Rafa Pereira, Delva, Mary, Roberta e Carla Leão, por só quererem o meu bem, me valorizarem tanto como pessoa e por me aceitarem como eu sou. Obrigada pelo carinho, amor e pela amizade!

Ao Professor Flávio e a Professora Kátia, que acreditaram em meu potencial, estando sempre disponíveis e dispostos a me ajudar. Demonstrando assim, que existe mais que pesquisadores e resultados por trás de uma orientação de projeto e dissertação de mestrado, e sim vidas humanas... Vocês não foram somente orientador e coorientadora, mas, em alguns momentos, conselheir@s, confidentes, "mãe", "pai" e amig@s. Vocês foram e são referências profissionais e pessoais para meu crescimento. Obrigada por estarem a meu lado e por acreditarem em mim!

A Prô (Kátia Fernandes) um agradecimento especial, por ser a professora mais sensacional, brilhante, humana, parceira, incentivadora, que transforma coisas simples que ninguém acredita em coisas brilhantes e cheias de valor!!! O meu agradecimento à senhora, será eterno, por exatamente tudo o que a senhora fez por mim e por tantas outras pessoas que passaram pela sua vida. A senhora é uma joia raríssima neste mundo!!! Obrigada por abrir minha mente, por acreditar em mim, por todo o apoio necessário e por fazer ciência de verdade.

Aos meus amigos do mestrado, pelos momentos divididos juntos, especialmente ao Fernando, a Maria Carolina, ao Mário a Amanda a Dianyny e ao Ralf, que se tornaram

verdadeiras amig@s e ajudaram os trabalhos e provas ficarem mais leves. Obrigada por dividir comigo as angústias e alegrias, por ouvirem minhas bobagens e por aguentarem meus estresses e angustias em momentos de desespero. Foi ótimo poder contar com vocês!

A família do LQP, agradeço, por terem me recebido de braços abertos, me acolhendo em um momento único onde prevaleceu o amor, a humanidade, o companheirismo e a solidariedade, que hoje posso chamar de amizade, vão aqui meus agradecimentos especiais a pessoas importantes para mim: Marcos, Mauricio, Ladyslene, Viviane, Erika, Juliana, Renata, Alex e a Jackeline, obrigada pelo apoio, incentivo, forças e orientações. Vocês têm um lugar especial em meu coração.

A todos os alunos, professores e funcionários do PPGCTA, especialmente aos professores Manoel e Márcio, que, com ensinamentos e orientações, me ajudaram ativa ou passivamente neste projeto. Vocês também foram referenciais para mim!

Agradeço, também, à CAPES pelo apoio financeiro.

Finalmente, gostaria de agradecer ao PPGCTA e pelo LQP em especial, por abrirem as portas para que eu pudesse realizar este sonho que é a minha DISSERTAÇÃO DE MESTRADO. Saibam que me proporcionaram mais que a busca de conhecimento técnico e científico, mas uma LIÇÃO DE VIDA.

Ninguém vence sozinho...

OBRIGADA A TOD@S!!!

“A genialidade é 1% inspiração e 99% transpiração.”

Thomas Alva Edison

“Ainda que eu falasse a língua dos homens, e falasse a língua dos anjos, sem amor, eu nada seria.”

1 Coríntios 13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A- Árvore de lobeira (Solanum lycocarpum St. Hil.). B e C– Folha, Flor e Fruto de lobeira. D – Fruto de lobeira. Fonte: Própria autora 18
Figura 2. Fruto de Lobeira. Fonte: própria autora 19
Figura 3. Modelo de estrutura para a molécula da pectina. 21
Figura 4. Emulsão de o/a (A) e emulsão de a/o (B) com baixas frações volumétricas da fase dispersa ϕd. Emulsão de a/o com fração volumétrica alta (C). 25
Figura 5. Texturômetro Lloyd modelo TA1, com a probe P26 posicionada no centro geométrico da amostra. 29
Figura 6. Níveis de colesterol livre no sorvete com pectina 47
Figura 7 – Histogramas de frequência das respostas dos atributos avaliados na análise sensorial. A) Aparência; B) Aroma; C) Sabor; D) Textura; E) Avaliação Global. 49
Figura 8 - Histogramas de frequência da resposta a intenção de compra do produto, avaliado na análise sensorial. 50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Sistema BHL com indicações sobre os tipos de emulsões produzidas de acordo com a quantidade de grupos hidrofóbicos e hidrofílicos. 27
Tabela 2. Capacidade emulsificante e estabilidade da emulsão. Valores apresentados em porcentagem de emulsificação com pectina nas concentrações de 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0. 30
Tabela 3. Ingredientes utilizados na produção do gelado comestível 39
Tabela 4. Teor de colesterol liberado e retido no CPC frente a diferentes tratamentos. 42
Tabela 5. Propriedades funcionais da pectina do fruto de lobeira. 45
Tabela 6. Capacidade de adsorção do colesterol e gordura total da pectina de lobeira em sorvete 46
Tabela 7. Análise sensorial do produto gelado comestível tipo sorvete com pectina do fruto de lobeira. 48

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AM:	Alta Metoxilação
AOAC:	Association of Official Agricultural Chemists
BHL:	Balanço Hidrófilo-Lipófilo
BM:	Baixa Metoxilação
CAO:	Capacidade de Absorção de Óleo
CE:	Capacidade Emulsificante
CPC:	Complexo Pectina-Colesterol
DE:	Digestibilidade da Emulsão
DP:	*Degree of Polymerization*
ECPC:	Estabilidade do Complexo Pectina-Colesterol
EE:	Estabilidade da Emulsão
FDBPM:	Fibra Dietética de Baixo Peso Molar
FOS:	Fruto-Oligossacarídeos
GE:	Grau de esterificação
GOS:	Galacto-Oligossacarídeos
GP:	Grau de Polimerização
HDL:	*High Density Lipoproteins*
IAA:	Índice de Absorção de Água
LDL:	*Low Density Lipoproteins*
LM:	*Low Methoxylation*
LMWDF:	*Low Molar Weight Dietary Fibre*
UE:	Unidade de Enzima
UI:	Unidade de Inibição

RESUMO

A pectina é um produto natural presente na parede celular de todas as plantas superiores, e é utilizada como gelificante, espessante e estabilizante para a indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica. O fruto da lobeira (*Solanum lycocarpum* A. St. Hill.*)* é uma excelente fonte de pectina se constituindo em uma fibra alimentar solúvel com vários efeitos benéficos à saúde. Por se tratar de uma fonte alimentar não convencional, a presença de fatores antinutricionais no fruto da lobeira, deve ser investigada, pois tais compostos podem afetar o seu valor nutricional. Desta forma, presença de inibidores de enzimas proteolíticas do tipo tripsina/quimiotripsina, as lectinas e os inibidores de amilases foram investigados na pectina extraída do fruto de lobeira, bem como a associação da pectina com compostos fenólicos destacando-se o poder antioxidante dos fenóis. Além disso, foi verificado as características tecnológicas da pectina obtida em relação ao índice de absorção de água, capacidade de absorção de óleo e as propriedades emulsificantes e adsorventes de lípideos, bem como avaliada sua passagem pelo sistema digestório *in vitro*. Por fim, a pectina extraída foi utilizada como agente emulsificante e sequestrante de colesterol em um gelado comestível, tipo sorvete, que foi submetido a análise instrumental de textura, quantificação de lipídeos, perfil microbiológico e análise sensorial em relação aos atributos aparência, aroma, sabor, textura, avaliação global e intenção de compra. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste para a comparação de médias (Tukey, $p<0,05$). Na pectina extraída da polpa do fruto de lobeira foram encontradas 0,32 UI mg^{-1} de inibidor de tripsina e ausência de lectinas e compostos antioxidantes. O valor do índice de absorção de água para a pectina foi de 1,07 g g^{-1} e a capacidade de absorção de óleo atingiu valores de 1,01 g g^{-1}. Nas soluções de pectina com concentrações igual ou superior à 1% houve 100% de capacidade emulsificante, sendo estas emulsões estáveis frente ao calor, enzimas digestivas e ao detergente Triton – X – 100, o que torna a pectina extraída do fruto de lobeira uma alternativa promissora para aplicações em formulações alimentícias. Em relação a capacidade de adsorção de colesterol, foi verificado redução de 44% do tratamento controle para o nível de 2% de pectina. Além disso, na avaliação sensorial o gelado desenvolvido apresentou alta aceitabilidade e elevada intenção de compra pelos julgadores.

Palavras-chave: pectina, lobeira, capacidade emulsificante, estabilidade da emulsão, digestibilidade.

APPLICATION OF THE FRUIT PECTINE OF *Solanum lycocarpum* A. ST. HIL. (LOBEIRA) AS AN EMULSIFIER AND REDUCING THE CHOLESTEROL IN ICE CREAM

ABSTRACT

Pectin is a natural product present in the cell wall of all higher plants, and is used as a gelling agent, thickener and stabilizer for the food, cosmetic and pharmaceutical industry. The fruit of the lobeira (*Solanum lycocarpum* A. St. Hill.) Is an excellent source of pectin, a soluble dietary fiber with several beneficial effects to health. In the case of an unconventional source of food, the presence of antinutritional factors in the fruit of lobeira should be investigated because such compounds may affect their nutritional value. In this way, the presence of trypsin / chymotrypsin proteolytic enzyme inhibitors, lectins and amylase inhibitors were investigated in the pectin extracted from the fruit of lobeira, as well as the association of pectin with phenolic compounds, highlighting the antioxidant power of phenols. In addition, it was verified the technological characteristics of the obtained pectin in relation to the index of water absorption, oil absorption capacity and the emulsifying and adsorbent properties of lipids, as well as evaluated its passage through the in vitro digestive system. Finally, the extracted pectin was used as an emulsifying agent and cholesterol sequestrant in an ice cream-type edible ice cream, which was subjected to the instrumental analysis of texture, lipid quantification, microbiological profile and sensorial analysis in relation to the appearance, aroma, Taste, texture, overall assessment and purchase intent. The results were submitted to analysis of variance and test for comparison of means (Tukey, $p < 0.05$). In the pectin extracted from the fruit pulp of lobeira were found 0.32 IU mg^{-1} of trypsin inhibitor and absence of lectins and antioxidant compounds. The value of the water absorption index for pectin was 1.07 g g^{-1} and the oil absorption capacity reached values of 1.01 g g^{-1}. In pectin solutions with concentrations equal to or greater than 1% there was 100% emulsifying capacity, these emulsions being stable against heat, digestive enzymes and Triton - X - 100 detergent, which makes the pectin extracted from the fruit of lobeira an alternative Promising for applications in food formulations. In relation to cholesterol adsorption capacity was found 44% reduction treatment to control the level of 2% pectin. Moreover, in the sensory evaluation the ice cream developed showed high acceptability and high intention of purchase by the judges.

Key words: pectin, lobeira, emulsifying capacity, emulsion stability, digestibility.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16

2 REVISÃO DA LITERATURA 18
2.1 Lobeira (*Solanum lycocarpum* A. ST.-HIL) 18
2.2 Pectina 20
2.2.1 Aplicações da pectina 23
2.2.2 Propriedades funcionais tecnológicas 24
2.2.2.1 Índice de Absorção de Água (IAA) 24
2.2.2.2 Capacidade de Absorção de Óleo (CAO) 24
2.2.2.3 Propriedades emulsificantes 25
2.2.2.4 Estabilidade de emulsão 27
2.3 Produto gelado comestível tipo sorvete 28
2.4 Análise de textura 28
2.5 Capacidade Emulsificante (CE) e Estabilidade da Emulsão (EE) 30
2.6 Capacidade de adsorção de colesterol à pectina 31

3 OBJETIVOS 32
3.1 Objetivo geral 32
3.2 Objetivos especifícos 32

4 MATERIAL E MÉTODOS 33
4.1 Local do experimento e coleta dos frutos 33
4.2 Extração da pectina e processamento 33
4.3 Fatores Antinutricionais 34
4.3.1 Inibidores de tripsina 34
4.3.2 Atividade Hemaglutinante 34
4.4 Determinação da capacidade antioxidante 35
4.5 Índice de Absorção de Água (IAA) E Capacidade de Absorção de Óleo (CAO) 35
4.6 Capacidade Emulsificante (CE) 36
4.7 Capacidade de adsorção de colesterol 37
4.8 Estudo da Estabilidade do Complexo Pectina-Colesterol (CPC) 38
4.8.1 Estabilidade do CPC em condições de digestão *in vitro* 38
4.8.2 Estabilidade do CPC na presença do detergente TRITON X–100 38
4.8.3 Estabilidade do CPC em baixas temperaturas 39
4.9 Desenvolvimento do produto gelado comestível tipo sorvete 39
4.10 Quantificação de lipídeos no produto gelado comestível 40
4.11 Análise microbiológica do produto gelado comestível 40
4.12 Análise sensorial do produto 40
4.13 Estabilidade do complexo pectina-colesterol 42
4.14 Análise Estatística 43

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 44
5.1 Rendimento da extração de pectina 44
5.2 Fatores antinutricionais 44
5.3 Determinação da capacidade antioxidante 45
5.4 Índice de Absorção de Água (IAA) e Capacidade de Absorção de Óleo (CAO) 45

5.6 Quantificação da adsorção de gordura total do produto gelado comestível tipo sorvete 46
5.7 Análise de Textura 47
5.8 Análise microbiológica do produto gelado comestível (tipo: sorvete) 48
5.9 Análise sensorial do produto 48

6 CONCLUSÃO 51

7 PERSPECTIVAS 52

REFERÊNCIAS 53

APÊNDICE A 61
APÊNDICE B 63

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado ocupa aproximadamente 25% do território brasileiro, sendo o segundo maior bioma da América do Sul, perdendo em tamanho somente para a Floresta Amazônica. Sua flora riquíssima só agora começa a ser conhecida, existindo cerca de 1000 espécies de árvores, 3000 espécies de ervas ou arbustos e quase 500 trepadeiras. Nos últimos 30 anos, a progressiva mecanização da lavoura e a facilidade de limpar e adubar a terra tem contribuído para uma devastação acelerada de vegetação nativa e estima-se que cerca de 40% do bioma já tenha sido desmatado. No Cerrado há inúmeras plantas que possuem características específicas, devido às suas adaptações com o tipo de clima e solo característicos deste bioma, que ainda são pouco exploradas (MENDONÇA, et al., 1988; PROENÇA; OLIVEIRA; SILVA, 2000). Uma dessas plantas nativa do cerrado é a lobeira ou fruto do lobo (do grego *lycos* = lobo e *karpos* = fruto), nome científico: *Solanum lycocarpum* A. St. Hil, a qual pertence à Família Solanaceae. Os agropecuaristas consideram a lobeira como planta daninha, por ser encontrada em grande quantidade na vegetação brasileira do Cerrado e da Mata Atlântica (BRASIL, 2015).

A lobeira tem sido utilizada no Brasil como medicamento. O pó branco extraído do fruto verde é utilizado na medicina popular no tratamento de diversas doenças como diabetes, dislipidemias, controle de obesidade (DALL'AGNOL; VON POSER, 2000), no combate à hepatite, asma e tosse (EMBRAPA, 2006). A infusão da raiz da lobeira é usada contra hepatite. O xarope dos frutos é usado contra asma, enquanto seu consumo *in natura* tem efeito sedativo, diurético e anticonvulsivante. No entanto, os frutos verdes da lobeira contêm solasodina, substância química precursora de esteroides que exerce efeito teratogênico sobre pulmões e rins de fetos (CHANG *et al.*, 2002; MARUO et al., 2003; MARUO et al., 2003).

O fruto apresenta alto teor de amido, podendo chegar a 51%, dependo do estádio de maturação e estação de coleta (PASCOAL et al., 2013). O fruto da lobeira possui também teores de pectina superiores às fontes comerciais comumente utilizadas para a extração desta fibra alimentar solúvel (TORRALBO et al., 2012).

As fibras alimentares são polissacarídeos complexos (celuloses, hemiceluloses, gomas, mucilagens, pectinas) associados à polifenóis, a proteínas e a fitatos. A concentração desses constituintes varia de acordo com a fonte, variedade da espécie, maturidade do vegetal e com as condições de armazenamento. As fibras alimentares solúveis são largamente utilizadas na tecnologia de alimentos. Sendo compostos de alta massa molecular, formam soluções coloidais em meio a grande quantidade de água necessária para sua dissolução, graças ao alto número de

grupos hidroxilas presentes nestas moléculas (BOBBIO, 2003). A fração solúvel compreende as substâncias pécticas, as hemiceluloses solúveis e as mucilagens.

Por ser uma fibra alimentar, a pectina ao ser consumida forma uma espécie de gel juntamente com a água, que retém a gordura consumida, dificultando sua absorção e, por conseguinte seu armazenamento. Assim, a pectina vem sendo empregada também como fibra dietética por apresentar efeitos fisiológicos benéficos ao organismo humano, tais como redução dos níveis de colesterol, lipoproteínas, ácidos biliares e glicose (FIETZ; SALGADO, 1999; PIEDADE; CANNIATTI-BRAZACA, 2003).

Em estudo prévio, Torralbo et al. (2010) utilizaram planejamento fatorial para otimizar os parâmetros de extração da pectina de lobeira e em seguida caracterizaram a pectina como sendo uma pectina de alto grau de metoxilação (77,15%), baixa massa molecular (176,7 kDa) e viscosidade intrínseca mais baixa que a pectina cítrica comercial. A pectina de lobeira também mostrou capacidade emulsificante, tendo sido utilizada como um substituto mais barato e mais eficaz da goma arábica em ensaios enzimáticos de lipases (BATISTA et al., 2014). Estes trabalhos abriram perspectivas para o estudo da pectina de lobeira como agente emulsificante e adsorvente de lipídeos, em particular o colesterol, dada sua relevância para a saúde humana.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Lobeira (*Solanum lycocarpum* A. ST.-HIL)

É uma planta típica de regiões de cerrados, comportando-se como planta daninha de pastagens em todo Brasil, particularmente nas regiões Centro-Oeste, Norte e Sudeste. Ocorre também em beira de estradas e terrenos baldios. Apresenta uma nítida preferência por solos arenosos e ácidos, como os de cerrados (LORENZI; SOUZA, 2005). A lobeira pertence à família Solanaceae, sendo uma planta perene, arbustiva ou arbórea, ramificada, com caule tortuoso e armado de acúleos, com cerca de 2,0-3,5 m de altura (Figura 1). Propaga-se apenas por sementes, contundo rebrota intensamente a partir de Rizomas quando a planta é cortada.

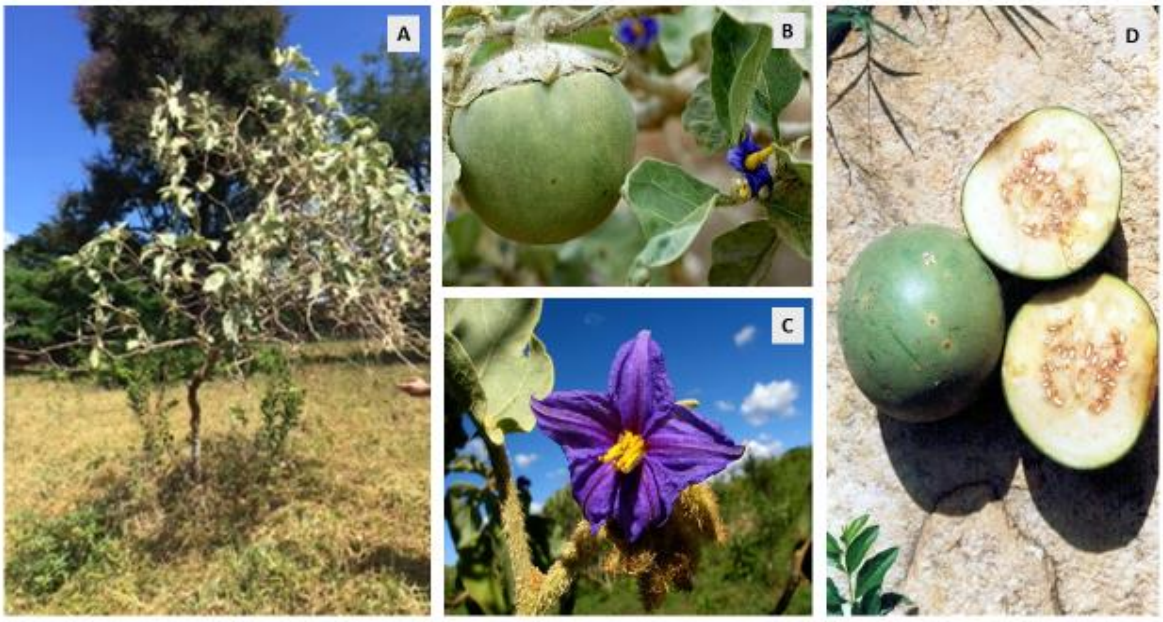

Figura 1. A- Árvore de lobeira (Solanum lycocarpum St. Hil.). B e C– Folha, Flor e Fruto de lobeira. D – Fruto de lobeira. Fonte: Própria autora

No Cerrado brasileiro, o fruto da lobeira é utilizado para obter uma preparação que é empregada pela população no tratamento de diabetes, obesidade e para diminuição dos níveis de colesterol. Além disso, são utilizadas como sedativo, como anticonvulsivante e diurético (PETERS, 2000). A infusão da raiz de lobeira é utilizada no combate à hepatite, o xarope dos frutos, no combate a asma e até mesmo o chá das suas folhas é usado contra a tosse (CORRÊA, 1984). Estudos relatam que frutos verdes de lobeira apresentam efeito teratogênico sobre

pulmões e rins de fetos (MARUO; BERNARDI; SPINOSA, 2003). Este efeito está associado à presença de alcaloides indólicos e estes são considerados tóxicos para o consumo humano devido a sua forte atividade no organismo. Solonáceas já foram identificados os alcalóides solanina, solamargina e solasodina (MOTIDOME, *et al*. 1970). Destes, a solasodina, substância química precursora de esteroides, tem sido associada ao efeito teratogênico observado nos frutos verdes de lobeira (CHANG, *et al.,* 2002).

A lobeira cresce e se desenvolve em condições ambientais desfavoráveis, frutificando o ano todo, podendo apresentar de 40 a 100 frutos, cuja massa pode variar de 400 a 900 g. São frutos lisos, verdes e globulares, com 8-13 cm de diâmetro, contendo polpa espessa com várias sementes (Fig. 2). Quando os frutos estão maduros sua casca e polpa tornam-se amarelas, tendo um sabor adocicado e é extremamente aromático. Floresce mais intensamente durante os meses de maio a julho (LORENZI; SOUZA, 2005).

Figura 2. Fruto de Lobeira. Fonte: própria autora

O fruto da lobeira é uma excelente fonte de pectina, uma fibra alimentar solúvel com vários efeitos benéficos à saúde já relatados na literatura (FIETZ; SALGADO, 1999; PIEDADE; CANNIATTI-BRAZACA, 2003; TORRALBO et al., 2012). Segundo Torralbo et al., (2012) a lobeira representa fonte promissora para produção de pectina, uma vez que apresenta teores superiores às principais fontes comerciais para produção deste composto. Segundo Pascoal et al., (2013), o fruto da lobeira apresenta alto teor de amido, podendo atingir valores de até 51% dependo do estádio de maturação e estação de coleta.

As principais transformações químicas que ocorrem nos frutos durante o amadurecimento estão relacionadas aos teores de carboidratos, ácidos orgânicos, fenólicos e pectinas (CHITARRA; CHITARRA, 1990). Os carboidratos mudam tanto em qualidade como em quantidade durante o amadurecimento do fruto. O fruto de lobeira tem uma quantidade significativa de amido e sua degradação é uma das características marcantes dos frutos durante o processo de amadurecimento, produzindo açúcares redutores e/ou não redutores (AWAD, 1993).

Oliveira Junior *et al.* (2003) analisaram alguns nutrientes da fruta-de-lobo durante o amadurecimento e encontraram vitamina C (85mg), açúcares solúveis totais (11g), sacarose (8,6g), fósforo (35,5mg) e ferro (1,2mg) em 100g de polpa fresca. Os autores observaram que os teores encontrados na fruta-de-lobo, comparados aos de outros frutos, como abacaxi, banana, laranja, manga, entre outros, são equivalentes ou superiores aos dos frutos em questão, concluindo-se que o fruto da lobeira representa mais uma alternativa como fonte desses nutrientes.

Oliveira Junior et al. (2004), estudaram as modificações físico-químicas e enzimáticas em frutos colhidos na fase inicial de amadurecimento e armazenados durante 18 dias à temperatura ambiente (17,1 - 26,9 °C). Embora o pH e acidez total não tenham apresentado variações estatísticas durante o processo de amadurecimento, a quantidade de açúcar total solúvel e açúcar não redutor aumentaram, enquanto que os teores de açúcares redutores se mantiveram constantes. Além disso observar escurecimento da polpa do fruto, devido à atividade de polifenóis, peroxidase e da polifenoloxidase.

2.2 Pectina

A palavra pectina é derivada do grego *pectos* que significa gelatinizado ou solidificado. A pectina é um produto natural presente na parede celular de todas as plantas superiores, e é utilizada como gelificante, espessante e estabilizante para a indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica (COSTA, 2014). Pectinas são polissacarídeos que desempenham função estrutural nas plantas, compondo majoritariamente as lamelas médias de células vegetais jovens (ALKORTA, et al., 1998).

As pectinas compreendem um grupo de polissacarídeos ácidos, formados quase que inteiramente por uma cadeia principal de resíduos de ácido D-galacturônico, unidos por ligações glicosídicas α (1→4). No entanto, as pectinas podem apresentar uma diversidade de

açúcares em sua estrutura molecular. Os resíduos de ácido D-galacturônico podem estar metilados ou acetilados ou, ainda, podem estar intercalados por ligações com resíduos de ramnose ligados em α (1→2). Além disso, a cadeia principal pode conter ramificações de polímeros de outros açúcares, como a arabinose, galactose, xilose e, ainda, pode conter certa diversidade de açúcares raros, como a apiose (Figura 3). Dependendo da sua estrutura primária, as pectinas são classificadas como homogalacturonanas (HG), ramnogalacturonanas I (RG-I) ou ramnogalacturonanas II (RG-II) (PÉREZ; RODRÍGUEZ-CARVAJAL; DOCO, 2003).

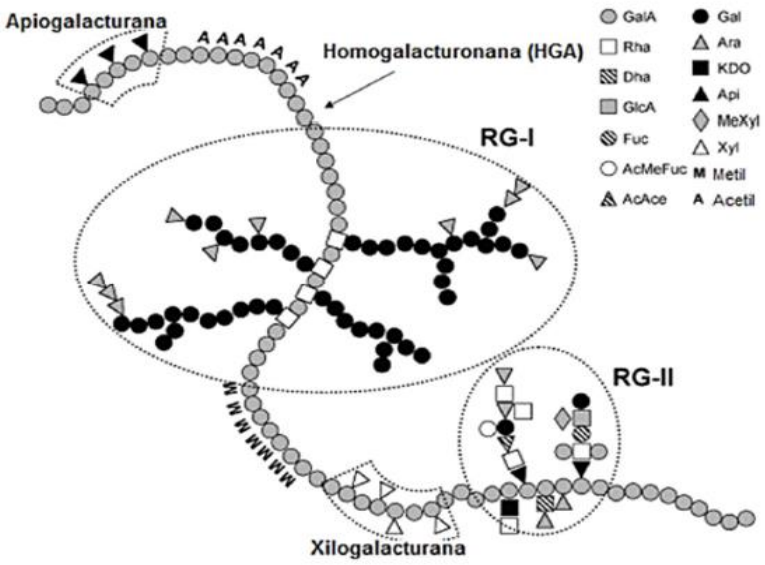

Figura 3. Modelo de estrutura para a molécula da pectina.
RG-I: ramnogalacturonana tipo I; RG-II:Ramnogalacturana tipo II; GalA: ácido Dgalacturônico; Rha: ramnose; Dha: ácido 3-desoxi-D-lixo-2-heptulosárico; GlcA: ácido glucurônico; Fuc: fucose; AcMeFuc: acetilmetilfucose; AcAce: ácido acérico; Gal: galactose; Ara: arabinose; KDO: ácido-2-ceto- 3-deoxi-D-octulosônico; Api: apiose; MeXyl:metil-xilose; Xyl: xilose. M: metil, A: acetil. Fonte: Pérez; Rodríguez-Carvajal; Doco (2003).

Nos tecidos dos frutos imaturos as pectinas presentes são denominadas de protopectinas. Nesta condição, as protopectinas encontram-se ligadas ao cálcio das paredes celulares formando o pectato de cálcio, que é insolúvel em água e tem a maior parte dos seus grupos carboxílicos esterificados. A protopectina é abundante em frutas verdes que já tenham atingido o pleno desenvolvimento. Durante o subsequente amadurecimento, ela é hidrolisada para pectina por ação de enzima e durante o apodrecimento ou o amadurecimento demasiado, a pectina pode ser decomposta e formar o álcool metílico e o ácido péctico (CANTERI, et al., 2012).

Os ácidos pectínicos são obtidos a partir da hidrólise da protopectina pela ação das enzimas poligalacturonases e são considerados substâncias coloidais, não necessariamente solúveis em água e que contém uma proporção variável de grupos metoxilas na forma de

ésteres. O grau de metoxilação dos ácidos pectínicos varia em função da ação da enzima pectinametilesterase durante o processo de amadurecimento, uma vez que ela remove os grupos metílicos dos polímeros, dando origem às substâncias pécticas que não formam gel (MAGALHÃES, 2012).

De acordo com Canteri et al. (2012), devido à grande variedade de matérias-primas existem também diferenças no poder geleificante de preparações de pectina. O grau de Metil-Esterificação (GM) e o Grau De Acetilação (GA) têm um profundo impacto nas propriedades funcionais das pectinas e tradicionalmente são categorizados em alta e baixa esterificação para maior e menor que 50% respectivamente (ALKORTA, et al., 1998). Alguns grupos de hidroxilas no carbono 2 ou 3 podem estar acetilados (RIDLEY; O'NEILL; MOHNEN, 2001).

Em estudos prévios conduzidos por Torralbo et al. (2012) os autores concluíram que a pectina extraída do fruto de lobeira sem casca e sem semente, possui rendimento de 33,6%. Esta pectina apresenta alto grau de esterificação e sua extração se deu com alto grau de pureza, conforme foi evidenciado pelos espectros de infra-vermelho (FTIR) (Fig. 4). No estudo de Torralbo et al., (2012) também ficou demonstrada a ausência de fatores antinutricionais contaminantes da pectina extraída, tais como inibidores de tripsina, de α-amilase, hemaglutininas, ácido fítico, taninos, alcaloides e saponinas e, portanto, apresenta grande potencial para aplicações em formulações para consumo humano.

A presença de fatores antinutricionais em fontes alimentares não convencionais deve ser constantemente investigada, pois tais compostos podem afetar o valor nutricional de alimentos. Assim, a presença de inibidores de enzimas proteolíticas do tipo tripsina/quimiotripsina no trato gastrintestinal leva à redução da disponibilidade dos aminoácidos. As lectinas, por sua vez, são proteínas ou glicoproteínas que interagem especificamente com carboidratos de diferente natureza química, resultando na aglutinação de células animais e/ou vegetais e na precipitação de polissacarídeos, glicoproteínas ou glicolipídeos (KENNEDY, et al., 1995; BABOSHA, 2008). Os inibidores de amilases também interferem na absorção de carboidratos, uma vez que impedem a ação hidrolítica desta enzima sobre os polissacarídeos amiláceos.

Por outro lado, a associação da pectina com compostos fenólicos que podem aparecer como ramificações da cadeia principal, pode conferir à esta macromolécula as mesmas vantagens que os fenóis solúveis apresentam no organismo. Dentre estas vantagens, destaca-se o poder antioxidante dos fenóis. A medida desta capacidade pode ser feita por vários métodos, com destaque para o método do DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) indicado para determinar o

potencial antioxidante de compostos fenólicos isolados de alimentos tão bem como amostras biologicamente relevantes (ROGINSKY; LISSI, 2005).

2.2.1 Aplicações da pectina

A pectina é bastante utilizada na indústria de alimentos devido a seu poder de gelificação, sendo usada para dar textura de geleia a produtos alimentícios, como em indústrias processadoras de frutas, na produção de doces e confeitos em confeitaria industrial. Na indústria do tabaco são utilizadas como cola natural na fabricação de charutos e charutinhos (BRAGANTE, 2009).

A pectina é uma parte integrante da dieta diária, sendo um componente natural de frutas e legumes e uma fibra dietética solúvel em água. Sua habilidade para somar viscosidade e estabilizar emulsões possibilita seu uso em suspensões em várias preparações farmacêuticas líquidas como antidiarreico, como agente de textura natural em cremes, unguentos e empregadas como estabilizante e espessantes nas loções capilares, loções corporais e xampus. A pectina é uma substância não irritante em contato com a pele e, inclusive, já foram obtidos efeitos curativos para o organismo humano. Um dos benefícios da pectina é primeiramente, a prevenção de doenças cardiovasculares, uma vez que induz uma melhoria significativa na qualidade dos lipídeos no sangue, como uma consequência do efeito de adsorver lipídeos durante o trânsito intestinal. Por conta dos benefícios citados, a pectina pode auxiliar em dietas para emagrecimento, pois ajuda o intestino a funcionar melhor (IPPA; WALTER; TAYLOR, 2006).

Como um resultado de um efeito mecânico de limpeza do intestino, a pectina também desempenha um forte papel de antisséptico intestinal, sendo valiosa para pessoas que sofrem de colite e na diarreia infantil. A ingestão de fibras acelera o trânsito intestinal e faz com que substâncias tóxicas e mutagênicas não permaneçam em contato com a mucosa do trato digestivo por um longo período de tempo, o que evita que as substâncias acima mencionadas exerçam ações no sentido de induzir ao câncer colorretal (WOSIACKI; NOGUEIRA; JAFELICCI, 2005).

No Brasil, a ANVISA, no uso de suas atribuições legais e, considerando que a pectina ocorre naturalmente em frutas, especialmente em frutas cítricas, sendo, portanto, parte da dieta normal, permite o uso de pectina com a função de coadjuvante de tecnologia para diversos tipos de produtos (CODEX ALIMENTARIUS COMISSION, 1995). A pectina consta na lista positiva de aditivos alimentares do MERCOSUL (INS 440), bem como na lista de aditivos para

a categoria 3 - Gelados Comestíveis, segundo à Resolução GMC Nº 141/96 do MERCOSUL considerada pelo *Generally Recognized As Safe* (GRAS) e pelo *Food and Drug Administration* (FDA). Existe justificativa tecnológica para o seu uso em gelados comestíveis, aprovada a inclusão da pectina na lista de aditivos da Legislação Brasileira com as funções de estabilizante e espessante para gelados comestíveis, em quantidade suficiente para obter o efeito desejado (BRASIL, 2009).

2.2.2 Propriedades funcionais tecnológicas

2.2.2.1 Índice de Absorção de Água (IAA)

O Índice de Absorção de Água (IAA) consiste na adição de água ou de uma solução aquosa ao material com posterior centrifugação e quantificação da água que ficou retida pelo material sedimentado no tubo depois do processo de centrifugação (DAMORADAN et al., 2010). A CAA é economicamente importante para a indústria de alimentos, pois a perda de umidade afetará negativamente o rendimento e os atributos de qualidade dos produtos alimentícios (ORDÓÑEZ, et al., 2005).

Segundo Wang et al. (2006) altos valores de capacidade de absorção de água são importantes para ajudar a manter a umidade dos produtos. Diferentes metodologias para avaliação da CAA são descritas na literatura (BARBUT, 1996; TSAI et al., 1998; HEDENUS et al., 2000; WANG et al., 2006;).

2.2.2.2 Capacidade de Absorção de Óleo (CAO)

A CAO consiste na adição de óleo ao material com posterior centrifugação e quantificação do óleo que ficou retido pelo material sedimentado no tubo depois do processo de centrifugação (DAMORADAN, et al., 2010). A CAO é economicamente importante para a indústria de alimentos, pois a quantidade de óleo presente nos alimentos afetará negativamente o rendimento e os atributos de qualidade dos produtos alimentícios (ORDÓÑEZ, et al., 2005).

Segundo Wang et al. (2006) altos valores de capacidade de absorção de óleo são importantes para ajudar aumentar a vida de prateleira de alguns produtos. Diferentes metodologias para avaliação da CAO são descritas na literatura (HEDENUS, et al., 2000; WANG, et al., 2006).

2.2.2.3 Propriedades emulsificantes

Uma emulsão é um sistema coloidal consistindo de dois líquidos imiscíveis, sendo um deles disperso no outro na forma de pequenas gotículas. As gotículas, que normalmente apresentam diâmetros entre 0,1 e 20 µm, possuem uma estabilidade mínima devido às forças elétricas que as compõe e tal estabilidade pode ser incrementada pela adição de agentes emulsificantes. As emulsões são termodinamicamente instáveis devido à alta tensão superficial existente na interface água-óleo. Existem dois tipos de emulsão: a emulsão do tipo água-óleo, na qual a água é a fase dispersa e o óleo é a fase contínua; e a emulsão do tipo óleo-água, na qual o óleo é a fase dispersa e a água é a fase contínua (Figura 4). Ambos os tipos são extensivamente utilizados em diversas aplicações (CALDERON, et al., 2007).

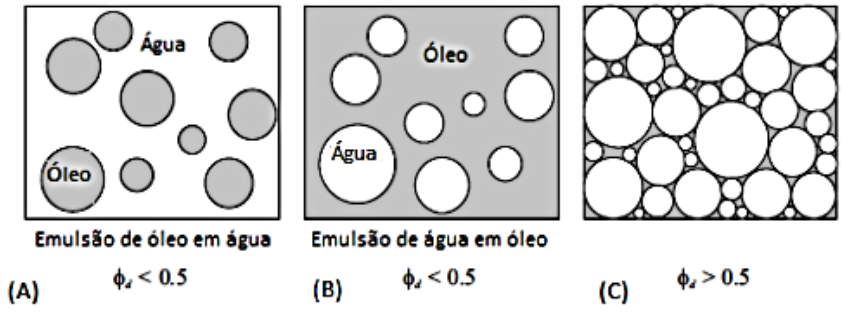

Figura 4. Emulsão de o/a (A) e emulsão de a/o (B) com baixas frações volumétricas da fase dispersa ϕd. Emulsão de a/o com fração volumétrica alta (C).
Fonte: Adaptado de Butt et al., 2003.

Três características devem ser consideradas quando se deseja produzir e empregar uma emulsão (MYERS, 1999):

a) Qual das duas fases liquida será a fase continua e qual será a dispersa quando a emulsão for formada, e quais fatores podem ser usados para controlar esse resultado;

b) Quais fatores controlam a estabilidade do sistema, isso é, qual fator afeta a cremosidade ou sedimentação da fase dispersa, coalescência da gota, floculação, etc.;

c) Quais fatores controlam a reologia de sistemas emulsificados, e como eles podem ser controlados efetivamente.

Os agentes emulsificantes são adicionados a uma emulsão para assegurar certa estabilidade. Três tipos de agentes emulsificantes são utilizados: 1- agentes superficialmente ativos; 2- compostos que ocorrem naturalmente e 3- sólidos finamente divididos.

Os compostos superficialmente ativos são de longe os emulsificadores mais comumente utilizados. Eles podem ser iônicos ou não-iônicos e estabilizam as gotículas dispersas adsorvendo-se fortemente na interface óleo-água.

Agentes emulsificantes de ocorrência natural, os quais incluem proteínas, gomas, amidos e derivados dessas substâncias, também estabilizam emulsões pela adsorção sobre a interface óleo-água. Por causa de suas naturezas macromoleculares e suas multiplicidades de grupos hidrofóbicos e hidrofílicos, eles podem ser mantidos unidos fortemente e produzir emulsões muito estáveis.

Os sólidos finamente divididos prendem-se à interface óleo-água pelas forças de tensão superficial e ajudam a estabilizar emulsões pela formação de uma monocamada protetora ao redor das gotículas dispersas. As exigências para estabilização suficiente são que os sólidos apresentem um tamanho de partícula muito menor do que as gotículas de óleo e um ângulo de contato substancial na fronteira óleo-água-sólido. Essa última é para assegurar que os sólidos fiquem na interface óleo-água e não entrem nas fases óleo ou água. Uma diversidade de materiais diferentes pode ser utilizada, incluindo argilas, sílica pulverizada e sais básicos de metais.

Sherman (1968) resumiu as características desejáveis de um agente emulsificante:

a) poder de redução da tensão interfacial;
b) adsorção sobre as gotículas dispersas para formar um filme que não irá destruir-se quando duas gotas colidirem;
c) apresentar uma estrutura molecular específica com a extremidade polar atraída para a água e a extremidade não-polar atraída para o óleo;
d) maior solubilidade na fase contínua para estar prontamente disponível para adsorção;
e) potencial eletro cinético adequado;
f) influência na viscosidade da emulsão;
g) deve ser eficiente em baixas concentrações e relativamente barato.

Existem inúmeros agentes emulsificantes e a seleção de um em detrimento de outros para uma aplicação particular não é uma tarefa simples. Agentes diferentes podem ser mais efetivos, dependendo da emulsão em questão e das condições existentes. O melhor meio de selecionar um emulsificador é testar diversos agentes para determinar qual fornece uma emulsão estável com as propriedades físicas desejadas em um custo razoável. Esse método nem

sempre é factível, uma vez que demanda tempo e esforço, e um modo alternativo de seleção de emulsificador é o método do Balanço Hidrófilo-Lipófilo (BHL) (GRIFFIN, 1949; MAGDICH, 1988).

No método BHL, um número está relacionado a um agente emulsificante, baseado em seu comportamento emulsificante, que está relacionado ao balanço entre as porções hidrofílicas e lipofílicas da molécula. O conceito em que esse método se baseia é que qualquer emulsificador contém ambos os grupos hidrofóbico e hidrofílico e a relação entre seus respectivos pesos deve influenciar o comportamento de emulsificação. Os números especificados estão relacionados a uma escala de aplicação adequada, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Sistema BHL com indicações sobre os tipos de emulsões produzidas de acordo com a quantidade de grupos hidrofóbicos e hidrofílicos.

Número BHL	Dispersão em água	Aplicação
1-3	Nenhuma	----------
3-6	Pobre	Emulsificante água/óleo
6-8	Dispersão leitosa	Agente de molhamento
8-10	Dispersão estável	Agente de molhamento Emulsificante óleo/água
10-13	Dispersão translucida	Emulsificante óleo/água
13	Dispersão clara	Emulsificante óleo/água Agente emulsificante

O Método BHL de seleção de um Agente Emulsificante (MAGDICH, 1988).

Pode ser visto que surfactantes com elevados números BLH tendem a formar emulsões óleo/água, ao passo que aqueles com baixos números BHL formam emulsões água/óleo. O sistema BHL indica apenas o tipo de emulsão que será produzido e não fornece qualquer indicação da eficiência de emulsificação (GRIFFIN, 1949; MAGDICH, 1988).

2.2.2.4 Estabilidade de emulsão

A estabilidade de emulsão é ditada pelas forças que manterão a união das substâncias, impedindo que elas se separarem em suas duas fases em um dado período de tempo, tempo este que pode variar de minutos a anos, dependendo do tipo de emulsão em questão. Agentes superficialmente ativos podem ser adicionados a uma emulsão para aumentar sua estabilidade e esses são conhecidos como emulsificadores ou agentes emulsificantes. Em consequência do pequeno tamanho das gotículas para que ocorra a dispersão, a aparência macroscópica da emulsão é aquela de um líquido homogêneo, embora essa mistura seja na realidade um sistema heterogêneo (BECHER, 1965; ROSEN, 1978).

Outros aspectos para a formação das emulsões também devem ser considerados, como o tipo e a concentração do agente emulsificante, o modo de adição do agente emulsificador, o modo de adição das duas fases, tempo e intensidade da agitação e temperatura. Esses parâmetros interferem nas propriedades das emulsões e eles podem ser manipulados para produzir uma emulsão com características particulares (BECHER, 1965; MAGDICH, 1988).

2.3 Produto gelado comestível tipo sorvete

São definidos como gelados comestíveis, segundo a RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005, os produtos congelados obtidos a partir de emulsão de gorduras e proteínas, ou de uma mistura de água e açúcar (es). Podem ser adicionados outros ingredientes, desde que não descaracterizem o produto. Preparados para gelados comestíveis são os produtos que, após serem submetidos ao congelamento, resultam em gelados comestíveis, não necessitando da adição de outros ingredientes (ANVISA, 2005).

Os chineses há mais de 3000 anos, já produziam um preparo à base de suco de frutas e neve que eram consumidos durante o inverno. O Imperador Romano Nero consumia néctar de frutas misturados com neve trazido dos alpes. Quem, quando e onde exatamente foi inventado o sorvete, não está bem claro. Após a revolução industrial, com o aparecimento de técnicas modernas de congelamento, é que surgiram as primeiras sorveterias artesanais na Europa e nos Estados Unidos (SILVA JUNIOR, 2008).

No Brasil, o sorvete ficou conhecido em 1834, quando dois comerciantes cariocas compraram 217 toneladas de gelo, vindas em um navio norte-americano, e começaram a fabricar sorvetes com frutas brasileiras. Na época, não havia como conservar o sorvete gelado e, por isso, tinha que ser tomado logo após o seu preparo. O consumo brasileiro em milhões de litros é de 1002 e o consumo *per capita* em litros/ano é de 4.86 (ABIS, 2016).

2.4 Análise de textura

Conhecer as características texturais dos produtos é fundamental para a melhoria contínua da qualidade. O objetivo final da indústria de alimentos é conhecer as necessidades dos consumidores e atender suas demandas por meio de sua percepção positiva acerca de um produto. Um dos principais testes para estudar o comportamento mecânico de alimentos é a Análise de Textura (SOUZA, 2011; FOGAÇA, 2014). Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, a textura é definida como todas as propriedades reológicas e

estruturais (geométricas e de superfície) de um alimento, perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos (ABNT, 1993).

As análises de textura foram feitas segundo metodologia de Aime et al., (2001), em um texturômetro Lloyd modelo TA1. A medida da força máxima necessária para extrusar o sorvete foi feita utilizando-se a probe P26 (*back extrusion*). O copo da probe foi preenchido com 20g de amostra do sorvete previamente preparado e estes foram deixados estabilizar em freezer por 24h. A probe foi posicionada no centro geométrico da amostra, conforme pode ser visualizado na figura 6. A textura das amostras foi medida com uma velocidade de penetração de 2 mm s^{-1}, distância de penetração de 28 mm. O pico máximo de força foi avaliado como a força máxima requerida para a extrusão. Os resultados foram analisados com o auxílio do programa Nexygen Plus 3.0.

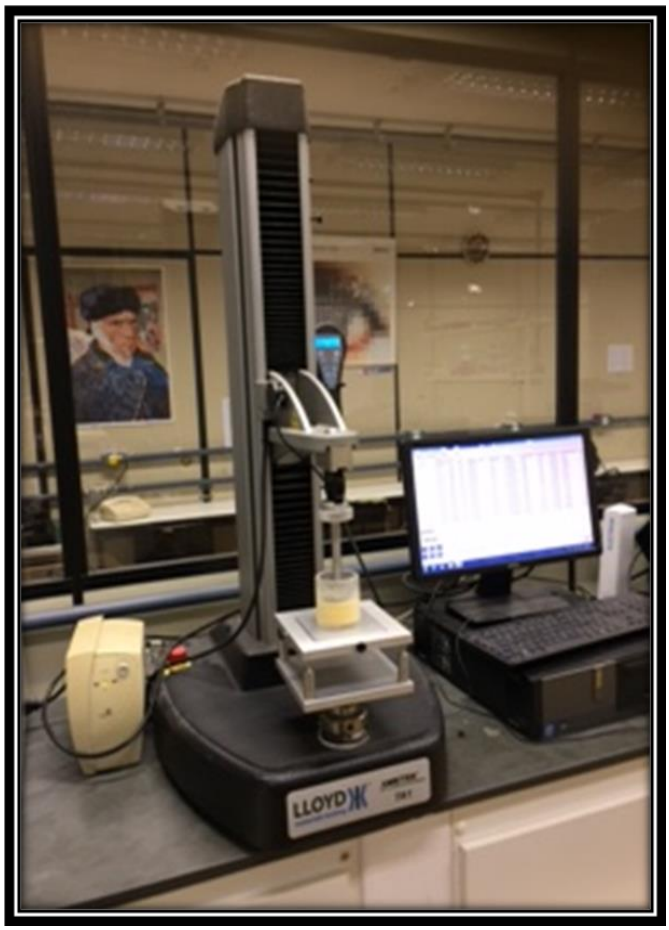

Figura 5. Texturômetro Lloyd modelo TA1, com a probe P26 posicionada no centro geométrico da amostra.

2.5 Capacidade Emulsificante (CE) e Estabilidade da Emulsão (EE)

Emulsões têm sido cada vez mais utilizadas para encapsulamento e distribuição de compostos bioativos em ambientes específicos do trato gastrointestinal (*drug delivery*). O uso de pectinas como agentes emulsificantes apresentam a vantagem destas serem resistentes à digestão enzimática no trato digestório superior e serem digeridas pelas pectinases do cólon, liberando compostos bioativos especificamente neste ambiente (ALBA, et al., 2016). Os valores de capacidade emulsificante e estabilidade de emulsão estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Capacidade emulsificante e estabilidade da emulsão. Valores apresentados em porcentagem de emulsificação com pectina nas concentrações de 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0.

Variáveis	**Concentração de pectina (%)**			
	0,5	1,0	1,5	2,0
Capacidade emulsificante	85,7	108	111	135
Estabilidade a 80 ºC	92	100	106	113
Estabilidade em pH 2,0	88	100	105	115

De acordo com McClements e Gumus (2016) a capacidade emulsificante e estabilizante de carboidratos variam grandemente em função de uma combinação apropriada de componentes hidrofóbicos e hidrofílicos em sua composição química. No caso das pectinas, a capacidade emulsificante e estabilizante dependem adicionalmente de uma combinação de fatores que incluem o tamanho da cadeia, a viscosidade intrínseca e, principalmente, o grau de esterificação de grupos acetil e metil (SCHIMIDT, et al., 2015; ALBA, et al., 2016).

Assim, a alta capacidade emulsificante e estabilizante observada para a pectina de lobeira devem-se, à combinação do seu caráter anfipático demonstrado pelos valores muito próximos de IAA e CAO (HUR, et al., 2014), com as características de baixa massa molecular (1777,76 kDa) e alto grau de metilação (77,15%) desta pectina, conforme demonstrado por Torralbo et al. (2012), indicando neste polissacarídeo um componente potencial para produção de emulsões para *drug delivry* e como componente emulsificante para produção de formulações alimentícias.

2.6 Capacidade de adsorção de colesterol à pectina

O colesterol é um composto de suma importância para a saúde humana. Sua concentração sanguínea é frequentemente utilizada como marcador para risco de doenças cardiovasculares. O controle do conteúdo deste lipídeo nas dietas é de suma importância, sobretudo para as populações de risco para doenças cardiovasculares, que incluem pessoas obesas, diabéticos, hipertensos, entre outros (ADAM, et al., 2015).

Os resultados para a capacidade de adsorção de colesterol à pectina, mostraram que 50 mg de pectina adsorvem 20,2 mg de colesterol, o que representa uma redução na disponibilidade de colesterol livre na faixa de 80,8%.

É sabido que fibras solúveis e insolúveis atuam no intestino delgado formando uma camada à superfície da mucosa intestinal que retarda a absorção de alguns nutrientes. Alguns estudos têm demonstrado que fibras tais como pectina, quitosana, alginato de sódio, celulose, entre outros, atuam no trato digestório como bons adsorventes, influenciando positivamente o metabolismo de gorduras e açúcares no organismo, bem como reduzindo os níveis de colesterol no sangue (HUR, et al., 2015; DAI; CHAU, 2017). Os resultados deste estudo mostram que a pectina de fruto de lobeira pode ser considerada uma fibra adsorvente com alto potencial para interferir beneficamente no metabolismo de lipídeos e absorção de colesterol.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Estudar as propriedades emulsificantes e adsorvente de lípideos da pectina do fruto da lobeira (*Solanum lycocarpum* A. St. Hill.*)* e verificar a viabilidade de sua aplicação como ingrediente de produto alimentício.

3.2 Objetivos especifícos

- Fatores antinutricionais;
- Testar a capacidade emulsificante da pectina, extraida do fruto da lobeira;
- Avaliar a estabilidade das emulsões formadas com a pectina frente a variações de temperatura e pH;
- Verificar a capacidade de adsorção de colesterol a pectina;
- Testar a estabilidade do complexo pectina-colesterol frente ao calor, enzimas digestivas e detergente Triton - X - 100;
- Produzir um gelado comestível, com a presença de pectina do fruto de lobeira como agente emulsificante e sequestrante de colesterol.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento e coleta dos frutos

O experimento foi realizado no Campus Samambaia da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia-GO, Latitude: -16.6799, 16° 40′ 48″ Sul; Longitude: - 49.255, 49° 15′ 18″ Oeste, no Laboratório de Química de Polímeros (LQP), do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) no Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular (DBBM). Foram coletados aproximadamente 100 frutos de lobeira no Campus Universitário da UFG, dos meses de maio, junho e agosto do ano de 2016 e no mês de janeiro de 2017. A cada saída a campo, foram coletados 25 frutos, que foram utilizados neste trabalho.

4.2 Extração da pectina e processamento

Para obtenção da pectina de lobeira, foi seguida a metodologia adptada por Torralbo et al. (2010). Os frutos foram higienizados, descascados e tiveram suas sementes removidas. As polpas foram cortadas com faca de corte e trituradas em liquidificador SPOLU (Modelo: SPL-022) com uma solução de ácido nítrico na proporção de 100 mL de solução de ácido nítrico pH 1,0 para cada 20 gramas de polpa. Após a trituração, a mistura foi incubada à 80 °C por 30 minutos em agitador magnético com aquecimento (Fisatom 752A). Após o aquecimento foi feita a filtragem da mistura em nylon para a separação da pectina presente no filtrado.

A pectina presente no filtrado foi precipitada, por adição de 2 volumes de etanol gelado, seguido de armazenamento por 24 horas sobre refrigeração à 4 °C. O material precipitado foi centrifugado à 3600 rpm por 10 minutos em centrifuga de alta rotação (EPPENDORF 5804 R). A pectina precipitada (PEC), quando seca, foi triturada em moinho de facas (TECNAL Modelo: TE631/2) e armazenada em frascos de polietileno. O rendimento do processo de extração de pectina foi calculado usando a seguinte equação:

$$P\ PEC\ (\%) = 100\ \left(\frac{P}{Pi}\right) (Eq.\ 1)$$

Onde: P PEC é a porcentagem do rendimento de pectina extraida, P é a quantidade de pectina extraida em gramas e Pi é a quantidade inicial de polpa dos frutos da lobeira em gramas**.**

4.3 Fatores Antinutricionais

4.3.1 Inibidores de tripsina

A análise de inibidores de Tripsina foi realizada segundo a metodologia descrita por Arnon (1970). Extratos contendo 1% (p/v) da pectina foram preparados em tampão Tris HCl 0,1 mol L^{-1} pH 8,0 sob agitação à 100 °C em agitador magnético (FISATOM 752A) por 15 minutos seguidos por mais 15 minutos de agitação à temperatura ambiente.

O ensaio foi realizado adicionando-se 100 µL do extrato a 700 µL de tris HCl 0,1 mol L^{-1} pH 8,0 a 50 µL de solução de tripsina 0,25 mg L^{-1}. A solução foi incubada por 10 minutos à 37 °C MARCONI (MA 127) seguida por adição de 150 µL de solução de BapNa 4 mmol L^{-1}. Após a adição do BapNa, a amostra reagiu com as soluções por 25 minutos à 37 °C em banho-maria (MARCONI MA 127). Após este tempo foi feita a leitura do comprimento de onda à 405 nm no espectrofotômetro (SP 2000 UV) da Bel Photonics.

4.3.2 Atividade Hemaglutinante

Os testes de hemaglutinação foram realizados utilizando sangue de coelho, seguindo o método descrito por Moreira e Perrone (1977) com modificações. O sangue do coelho colhido sob heparina foi lavado cinco vezes com solução salina 0,15 mol L^{-1} e centrifugado a 2000 rpm por 5 minutos em centrifuga MSE (Harrier 15/80). Em seguida às lavagens, o sangue foi transferido para um falcon graduado e feita a diluição em solução salina para obtenção de uma solução de sangue à 2% (v/v).

As soluções de PEC foram feitas com 100 mg de pectina de lobeira, adicionadas a 1 mL de tampão glicina 0,1 mol L^{-1} pH 3,6. Foram agitadas por 30 minutos e centrifugadas por 10 minutos na centrifuga MSE (Harrier 15/80). Em seguida foi retirado o sobrenadante que constituiu o extrato bruto com pH 3,6. Nas fibras que ficaram decantadas nos falcons, foram adicionados 1 mL de tampão glicina 0,1 mol L^{-1} com pH 9,0 seguido de agitação moderada em agitador magnético com aquecimento FISATOM (752A) por 30 minutos e centrifugadas por 10 minutos na centrifuga MSE (Harrier 15/80), em seguida foi retirado o sobrenadante que constituíram o extrato bruto de pectina de lobeira com pH 9,0.

O ensaio de atividade hemaglutinante foi feito adicionando-se 1,0 mL da suspensão de hemácias a igual volume de amostra do extrato bruto e a mistura foi incubada à 37 °C durante 30 minutos em banho-maria (MARCONI MA 127), seguidos por 30 minutos de repouso na bancada em temperatura ambiente (25 °C). Em seguida os tubos foram centrifugados à 2000

rpm na centrifuga MSE (Harrier 15/80) durante 1 minuto e foi feita a leitura dos mesmos a olho nu pela identificação de pellet de aglutinação.

4.4 Determinação da capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi determinada por meio da redução do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) pelos antioxidantes presentes na amostra, método proposto por Brand-Williams et al., 1995, com modificações (ZHAO et al., 2014). Foi realizado uma curva de calibração feita com um antioxidante de referência, Trolox (6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico), a 2mM, em diferentes concentrações.

Para obtenção dos extratos, foram pesados 50 mg de pectina em tubo falcon e a ela foram adicionados 5 mL de metanol 50% (v/v). A mistura foi homogeneizada e incubada por 30 minutos em agitador orbital à temperatura ambiente e agitação constante. Em seguida a mistura foi centrifugada e o sobrenadante foi transferido para balão volumétrico de 10 mL e o volume completado com água destilada (extrato metanólico). Ao precipitado adicionou-se 5 mL de acetona 70% (v/v) que foi homogeneizado e incubado por 30 minutos à temperatura ambiente e agitação constante. O sobrenadante foi transferido para balão volumétrico de 10 mL e o volume completado com água destilada (extrato cetônico).

Para o ensaio foram utilizados 200 μL da solução de DPPH 0,15 mol L^{-1} e 50 μL dos extratos, que foram incubados por 15 minutos. O controle negativo foi preparado conforme procedimento acima, sem adição de extrato. As misturas foram deixadas a temperatura ambiente por 15 minutos e as leituras de absorbância foram realizadas a 520 nm, utilizando-se espectrofotômetro de microplaca Epoch (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA).

A atividade antioxidante foi determinada pela interpolação dos dados de absorbância com os valores obtidos em curva de calibração com linearidade entre 0-300 mM de Trolox. Os resultados foram expressos em *Trolox Equivalent Antioxidant Capacity* (TEAC), que é definido como a concentração do antioxidante que fornece a mesma percentagem de inibição do Trolox (mM) (RE et al., 1999).

4.5 Índice de Absorção de Água (IAA) E Capacidade de Absorção de Óleo (CAO)

O IAA foi determinado usando metodologia descrita por Fuentes-Alventosa (2009). O método consiste na adição de água ou de uma solução aquosa ao material com posterior

centrifugação e quantificação da água que ficou retida pelo material sedimentado no tubo depois do processo de centrifugação. Nos testes, 100 mg de pectina foram adicionados a 1 mL de água destilada e a mistura foi mantida sob agitação por 24 h em agitador magnético com aquecimento (FISATOM 752A), a temperatura ambiente. Em seguida as amostras foram centrifugadas a 8000 rpm na centrifuga MSE (Harrier 15/80) por 5 minutos. O sobrenadante foi descartado e a pectina umedecida foi pesada.

A medida do índice de absorção de água foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\mathbf{IAA} = \frac{\textbf{água absorvida pela amostra (g)}}{\textbf{peso da amostra (g)}} \ (Eq.2)$$

A capacidade de absorção de óleo (CAO) foi determinada segundo a metodologia adaptada de Fuentes-Alventosa (2009) para absorção de água, substituindo a água por óleo de soja. Os resultados foram calculados de acordo com a seguinte equação:

$$\mathbf{CAO} = \frac{\textbf{gramas de óleo absorvido pela amostra}}{\textbf{gramas da amostra (base seca)}} \ (Eq.3)$$

4.6 Capacidade Emulsificante (CE)

A capacidade emulsificante (CE) da pectina de lobeira, foi determinada utilizando a metodologia descrita por Wang et al. (2016) com adaptações. Foram preparadas soluções aquosas contendo concentrações de 0,5 %, 1,0 % e 1,5 % e 2,0% (p/v) de pectina. As soluções foram homogenizadas em agitador magnético (FISATOM 752A) e aquecidas à 80 °C por 60 minutos para completa solubilização. A partir destas soluções, foram retiradas alíquotas de 5 mL de cada solução e a elas foram acrescentados 3 mL de óleo de soja vegetal à 80 °C. A suspensão foi emulsificada em agitador de haste HEIDOLPH (modelo: DIAX 600) com velocidade moderada 13.500 min^{-1}, por 3 minutos. Para o cálculo da CE foi utilizado a seguinte equação:

$$\mathbf{CE} = \frac{\textbf{altura da camada emulsificada}}{\textbf{altura total da camada emulsificada no tubo}} \ \mathbf{x\ 100}\ (Eq.4)$$

4.6.1 Teste de estabilidade de emulsão

Foram feitos testes com a finalidade de avaliar a estabilidade da emulsão em alta temperatura e baixo pH. No teste de estabilidade frente a alta temperatura, a emulsão preparada como descrito no item anterior (4.7) foi dividida em tubos graduados de 15 mL que foram aquecidos em banho-maria (MARCONI MA 127) por 30 minutos à 80 °C. Os tubos foram resfriados em água corrente por 5 minutos e em seguida centrifugados, na centrifuga MSE (Harrier 15/80) a 1000 rpm por 5 minutos. A estabilidade da emulsão foi calculada através da equação:

$$\mathbf{EE} = \frac{\mathbf{volume\ da\ camada\ emulsificada}}{\mathbf{volume\ total\ da\ camada\ emulsificada\ no\ tubo}}\ \mathbf{x\ 100} \quad (Eq.5)$$

Para o teste mimetizando as condições do estômago, isto é, em baixo valor de pH, a emulsão preparada como descrito no item 4.7, foi acidificada pela adição de HCl até que o pH atingisse o valor 2,0. As amostras ficaram em agitação leve em banho-maria (MARCONI MA 127) à 37 °C por 60 minutos. Após este tempo, a emulsão foi centrifugada na centrifuga MSE (Harrier 15/80) e a estabilidade medida conforme descrito na equação 5.

4.7 Capacidade de adsorção de colesterol

Testes foram feitos com o intuito de avaliar a capacidade que a pectina de lobeira tem de adsorver o colesterol. Para tanto, foram pesados, em balança análitica KERN (410), 50 mg de pectina e 25 mg de colesterol em pó (Sigma-Aldrich). Em seguida foram adicionados 5 mL de água destilada à 80 °C a cada amostra, que ficaram em agitação em agitador magnético (FISATOM 752A) com aquecimento à 80 °C por 120 minutos, para formação do complexo pectina-colesterol (CPC). Após este tempo, as amostras continuaram em agitação até chegarem a temperatura ambiente 25 °C, e em seguida foram centrifugadas à 1000 rpm na centrifuga MSE (Harrier 15/80). Do complexo pectina-colesterol, o precipitado foi removido e o sobrenadante analisado quanto a presença de colesterol livre, por kit enzimático para dosagem de colesterol (Labtest) contendo as enzimas colesterol oxidase e peroxidase.

Testes em branco foram feitos com uma mistura de pectina e água destilada e a medida do colesterol no CPC foi feita por comparação a uma curva de calibração conforme intruções do kit (R^2 = 0,9969).

4.8 Estudo da Estabilidade do Complexo Pectina-Colesterol (CPC)

Para avaliar o potencial da pectina de lobeira como agente adsorvente de colesterol com vistas a aplicações alimentícias, foram feitos testes em que o CPC foi submetido a condições extremas de pH, condições de digestão *in vitro* com enzimas digestivas e a tratamento com detergente. A estabilidade do CPC foi calculada através da equação 6, bem como foram feitos testes no sobrenadante para quantificação de colesterol liberado com kit enzimático (Labtest) (item 4.8).

$$\mathbf{ECPC} = \frac{\mathbf{volume\ da\ camada\ emulsificada}}{\mathbf{volume\ total\ da\ camada\ emulsificada\ no\ tubo}}\ \mathbf{x\ 100} \quad (Eq.6)$$

4.8.1 Estabilidade do CPC em condições de digestão *in vitro*

Para o teste mimetizando as condições do estômago, o CPC preparado como descrito no item 4.8 foi acidificado pela adição de HCl até que o pH atingisse o valor 2,0. As amostras ficaram em agitação leve em banho-maria (MARCONI MA 127) à 37 °C por 60 minutos. Após este tempo, a mistura foi centrifugada e a estabilidade medida conforme descrito.

Para verificar o efeito da pepsina, o CPC preparado conforme descrito no item 4.7 recebeu 3 mL de uma solução de pepsina (1 mg mL^{-1}) preparada em HCl, ficando a solução com um pH 2,0 e em seguida foi incubada a 37 ºC, sob agitação leve, por 120 minutos. Após este tempo, a mistura foi centrifugada e a a estabilidade medida conforme.

Para verificar se o CPC se manteria estável nas condições similares ao duodeno, uma amostra preparada conforme descrito no item 4.7, teve seu pH neutralizado para 7,5 pela adição de NaOH. Em seguida, recebeu 3 mL de solução de pancreatina (1 mg mL^{-1}) e então foi incubada a 37 ºC, sob agitação leve, por 120 minutos. Após este tempo, a mistura foi centrifugada e a estabilidade medida conforme descrito.

4.8.2 Estabilidade do CPC na presença do detergente TRITON X–100

Uma amostra recém-preparada de CPC foi misturada com 5,0 mL de uma solução de Triton X-100 (0,5 mL L^{-1}), pH 7,0. A mistura foi incubada por 2 h, à 37 °C em banho-maria

(Dubnoff Microprocessado, 0226 M2 _ QUIMIS). Em seguida as amostras foram centrifugadas e a estabilidade do CPC medida conforme descrito.

4.8.3 Estabilidade do CPC em baixas temperaturas

Testes foram conduzidos a fim de verificar se o CPC era estável após incubação em baixas temperaturas. Para isto, amostras de CPC recém preparados foram armazenados em geladeira, à temperatura de 4 ºC, e em freezer, à temperatura de -20 ºC, por 24h. Após este procedimento, as amostras de CPC foram deixadas em bancada até atingirem temperatura ambiente. Em seguida as amostras foram centrifugadas e a estabilidade do CPC medida conforme descrito.

4.9 Desenvolvimento do produto gelado comestível tipo sorvete

O produto desenvolvido foi um gelado comestível (tipo: sorvete) sabor caramelo. Para a formulação foram utilizados leite de vaca integral tipo A caramelizado com açúcar queimado, creme de leite fresco, leite condensado e como agente emulsificante foi utilizada a pectina extraída do fruto de lobeira em diferentes concentrações. Uma formulação denominada padrão foi preparada sem a adição de pectina. As formulações foram preparadas com as seguintes proporções de cada ingrediente (Tabela 3):

Tabela 3. Ingredientes utilizados na produção do gelado comestível

Ingredientes	**Níveis de Pectina (% p/v)**		
	Padrão	**1,0**	**2,0**
Leite de vaca tipo A (mL)	1000	1000	1000
Açúcar (gramas)	300	300	300
Leite condensado (gramas)	395	395	395
Creme de leite fresco (gramas)	200	200	200
Pectina (gramas)	0	1,0	2,0

Depois de selecionados os ingredientes e composta a formulação, a primeira etapa consiste na preparação da calda de caramelo. Em seguida, o leite foi caramelizado e adicionado à tina de mistura sob agitação mecânica e o aquecimento foi iniciado. Durante a agitação, foi adicionada a pectina em pó, e o processo de emulsificação à 80 ºC por 30 minutos (BRASIL,

1999). Em seguida a calda foi submetida a uma temperatura de 4 ºC por 24 horas para maturação.

Depois da maturação, foram adicionados os demais ingredientes da fórmula em agitação continua, em Batedeira Planetária (DELUXE SX80 220V) em velocidade rápida (275W), seguida pela adição do nitrogênio líquido para um rápido congelamento do preparado. Após o congelamento o produto foi colocado em embalagem e acondicionado em freezer Gelopar 510L à temperatura de – 20 ºC. O tempo de congelamento total foi de 24 horas ficando o produto pronto para o consumo.

4.10 Quantificação de lipídeos no produto gelado comestível

A extração de lipídeos das amostras liofilizadas foi feita seguindo metodologia de Santillan-Jimenez et al. (2016). Neste método cada 50 g das amostras foram tratadas com uma mistura de 200 mL de clorofórmio e 100 mL metanol por 10 minutos. Em seguida foram mais adicionados 100 mL de metanol, seguido por mais 10 minutos de agitação. Por fim, foram adicionados 200 mL de água e as amostras ficaram sob agitação por 24h. As amostras foram centrifugadas e a fração lipídica deixada em capela para a evaporação dos solventes. O total de lipídeos extraídos foi expresso grama por grama de amostra liofilizada.

4.11 Análise microbiológica do produto gelado comestível

As análises microbiológicas foram realizadas em relação à contagem de coliformes totais e termotolerantes, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* seguindo os métodos oficiais (DOORES; SALFINGER; TORTORELLO, 2013).

4.12 Análise sensorial do produto

Foi utilizada uma amostra de sorvete contendo 2% de pectina, que foi codificada com um número de três dígitos e apresentada sob luz ambiente, posicionada aleatoriamente em bandeja e oferecida a cada um dos provadores. Optou-se por julgadores que pudessem estabelecer o perfil da população possivelmente consumidora do produto. Para isto, foi

realizada inicialmente uma seleção por meio de entrevista impessoal, sendo selecionados para a pesquisa apenas os julgadores que tinham o hábito de consumir sorvetes. A amostra foi avaliada por 65 consumidores potenciais do produto.

Foram servidos aos provadores 20 mL da amostra de sorvete colocada em copo descartável branco, na temperatura de -10 °C. A amostra de sorvete foi apresentada aos consumidores de forma monádica.

A formulação em estudo foi submetida à avaliação sensorial, realizada mediante uso de escala hedônica de 9 pontos, assim discriminada:

1-desgostei muitíssimo;

2-desgostei muito;

3-desgostei moderadamente;

4-desgostei levemente;

5-nem gostei, nem desgostei;

6-gostei levemente;

7-gostei moderadamente;

8-gostei muito;

9-gostei muitíssimo.

Foi aferida também a intenção de compra do produto utilizando a escala:

5-Certamente compraria o produto;

4-Possivelmente compraria o produto;

3-Talvez compraria / talvez não compraria;

2-Possivelmente não compraria o produto;

1-Certamente não compraria o produto.

2.13 Estabilidade do complexo pectina-colesterol

A fim de verificar a estabilidade do Complexo Pectina-Colesterol (CPC) foram feitos testes que simularam as condições de digestão que ocorrem no trato digestório. Neste sentido, o CPC foi submetido sequencialmente a tratamento com ácido clorídrico, solução ácida de pepsina e solução de pancreatina, a qual contém uma mistura de lipase, tripsina, quimiotripsina, amilase e ribonuclease pancreáticas. Os resultados estão apresentados em mg de colesterol liberado do CPC após cada etapa de digestão *in vitro* (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de colesterol liberado e retido no CPC frente a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Colesterol liberado (mg)	Colesterol adsorvido (mg)	Porcentagem
HCl, pH 2,0	0,8 ± 0,004	24,20	96,8
HCl/Pepsina, pH 2,0	0,15 ± 0,004	24,05	96,29
Pancreatina, pH 7,5	0,34 ± 0,002	23,71	94,84
TRITON-X-100, pH 8,0	0,73 ± 0,012	24,27	97,08
Refrigeração a 4 ºC	3,5 ± 0,009	21,50	86
Congelamento a -20 ºC	4,25 ± 0,007	20,75	83

Adicionalmente, o CPC foi submetido a tratamento com Triton X-100, um surfactante não aniônico, com atividade detergente similar aos sais biliares. Como pode ser visto na tabela 5, apenas 0,73 mg de colesterol foram liberados do CPC, demonstrando que a interação entre a pectina e o colesterol tem alta estabilidade.

Resultados de liberação de colesterol do CPC ligeiramente mais altos foram obtidos após tratamento do complexo a baixas temperaturas, com valores de liberação de 3,5 mg após armazenamento por 24h a 4 ºC e liberação de 4,25 mg após armazenamento por 24h a -20 ºC.

Como pode ser observado na tabela 5, o CPC apresentou alta estabilidade. Após processo de digestão *in vitro* 94,84% do colesterol permaneceu adsorvido à pectina, enquanto que após o tratamento com Triton X-100, 97,08% do colesterol permaneceu na forma de CPC.

Estes resultados permitem sugerir que a passagem pelo trato digestório não afetaria significativamente a quantidade de colesterol adsorvido na forma de CPC (Tabela 5). Observa-se que o CPC manteve-se estável frente a diferentes pH (2,0; 7,5 e 8,0), meios com características químicas bastante variáveis em termo de composição, força iônica, polaridade (HCl, enzimas digestivas e Triton X -100). Dessa forma, a pectina de lobeira é bastante promissora como auxiliar ao organismo no controle de absorção do colesterol e gorduras totais ao longo do trato digestório, tornando o alimento produzido a partir dela funcional. A possibilidade da pectina de lobeira atuar na regulação da absorção do colesterol também abre

perspectivas de emprego deste material na indústria farmacêutica (SRIVASTAVA; MALVIYA, 2011).

4.14 Análise Estatística

Os experimentos foram realizados com um delineamento inteiramente casualisado (DIC), sendo as amostras analisadas no mínimo em triplicata. Os resultados obtidos nas análises foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o programa Statistica 7.0 (Stat Soft Inc., Tulsa, OK, USA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Rendimento da extração de pectina

O rendimento de pectina obtido nas condições otimizadas de extração (80 °C, 30 minutos, pH 1) foi de 33,7% de matéria seca. Embora a pectina possa ser encontrada em muitas plantas, fontes comerciais são oriundas das cascas de frutas cítricas e da polpa de maçã seca, com rendimento de 25% e 15 a 18% de matéria seca respectivamente. A extração de pectina de lobeira nas condições otimizadas resultou em 8% de rendimento da polpa seca a mais que a de frutas cítricas que é uma das pectinas comercializadas com maior rendimento, sendo assim o fruto é uma fonte promissora de pectina.

5.2 Fatores antinutricionais

Inibidores de proteases do tipo tripsina possuem especificidade de inibir enzimas proteolíticas do trato gastrointestinal, reduzindo a digestão proteica dos alimentos que os contém. Já as lectinas são proteínas que podem atuar sobre os açúcares presentes nas membranas dos enterócitos, aglutinando-os, causando o rompimento das células e micro hemorragias. Quando presentes em alimentos, os inibidores e as lectinas são considerados antinutrientes.

Foram encontrados 0,32 UI mg^{-1} (UI: Unidade de Inibidor de tripsina) por miligrama da amostra de pectina do fruto de lobeira. Esse valor pode ser considerado desprezível, quando comparado ao teor encontrado em outros alimentos comuns da dieta humana, como a soja 5,30 UI mg^{-1} (SILVA et al., 2009), o feijão 4,64 UI mg^{-1} (BATISTA, et al. 2010) e o gergelim 3,42 UI mg^{-1} (GOMES et al., 2014). Nesse contexto, a atividade inibitória da tripsina na polpa do fruto de lobeira pode indicar que a sua ingestão pouco interfere na digestibilidade de proteínas no trato digestivo (PEREIRA, et al., 2011).

Por outro lado, não foi detectada a presença de lectinas nos extratos feitos com a pectina extraída da polpa do fruto da lobeira. A ausência de antinutrientes na pectina dos frutos de lobeira faz deste material uma alternativa promissora para aplicações em formulações alimentícias.

5.3 Determinação da capacidade antioxidante

Segundo Roesler et al. (2007), as frutas do Cerrado brasileiro apresentam compostos com excelente capacidade antioxidante provenientes, sendo os extratos alcoólicos de cascas e sementes as melhores fontes de compostos antioxidantes. Estes autores mostraram que o extrato ceto-alcoólico de polpa de fruto de lobeira apresentou IC50 de 16,3 g L^{-1}, sendo esta atividade em grande parte relacionada à presença de fenóis. Neste sentido, foram feitos testes a fim de se verificar se tais compostos estariam presentes como contaminantes da pectina extraída da polpa dos frutos de lobeira. Nos resultados apontaram ausência de compostos antioxidantes na pectina de lobeira, o que, em combinação com os espectros de infravermelho (TORRALBO, et al. 2012), confirmam a pureza deste material.

5.4 Índice de Absorção de Água (IAA) e Capacidade de Absorção de ÓLEO (CAO)

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos nas determinações de IAA e a CAO.

Tabela 5. Propriedades funcionais da pectina do fruto de lobeira.

Variáveis	g g^{-1}
IAA[1]	1,066
CAO[2]	1,013

1 IAA Índice de Absorção de Água (IAA)
2 CAO Capacidade de Absorção de Óleo (CAO)

O valor de IAA encontrado para a pectina do fruto da lobeira foi menor do que aqueles encontrados para as outras fontes de pectina, como por exemplo, pectina cítrica (10.35 g g^{-1}), pectina de maçã (2,09 g g^{-1}) e pectina de alperujo (2,18 g g^{-1}). De modo similar, a CAO da pectina do fruto de lobeira atingiu valores mais baixos que as pectinas citadas, com valor de 2,59 g g^{-1} para pectina cítrica, 2,22 g g^{-1} para pectina de maçã e 1,48 g g^{-1} para a pectina de alperujo (RUBIO-SENENT, et al., 2015).

Se por um lado, o IAA é uma medida que reflete a hidrofilicidade de um dado material, por outro, a CAO reflete a hidrofobicidade do mesmo. Neste sentido, é interessante observar que a pectina de lobeira apresentou valores muito próximos em ambas as medidas, permitindo

inferir que esta pectina apresenta caráter anfipático, o que é desejável para produção e estabilização de emulsões (SCHMIDT, et al., 2015).

5.6 Quantificação da adsorção de gordura total do produto gelado comestível tipo sorvete

Uma das propriedades de promoção à saúde associadas a substâncias pécticas é a redução do colesterol total (CANTERI et al., 2012). A capacidade de pectinas e substâncias pécticas interagirem com colesterol e demais lipídeos depende das propriedades interfaciais das pectinas, que variam em função da composição, estrutura, grau de esterificação, presença de fenóis e proteínas associadas à cadeia polissacarídica (SCHIMIDT, et al., 2015; ALBA, et al., 2016).

A inclusão da pectina de lobeira como agente emulsificante na formulação do sorvete teve como resultado uma redução no teor de colesterol livre entre 72% e 56% e no teor de lipídeos totais extraíveis entre 0,0964 e 0,2462, em função da concentração de pectina de lobeira adicionada à formulação, como está demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6. Capacidade de adsorção do colesterol e gordura total da pectina de lobeira em sorvete

Teor de pectina (%)	Gordura total (g)	Teor de colesterol livre	Porcentagem de colesterol livre
0	0,0964	0,50±0,01a*	100
1	0,1216	0,36±0,02b	72
2	0,2462	0,28±0,21c	56

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.
*Contraste ortogonal=controle vs níveis de inclusão de pectina

Os dados possuem efeito regressivo linear (Figura 6), onde obtém-se um $R^2 = 0,9767$ e uma equação igual à $y = - 0,116 x + 0,493$ onde y representa a concentração de colesterol livre na amostra e x representa a concentração de pectina em cada amostra. Com a inclusão da pectina houve uma redução em 44% do valor da gordura do tratamento controle para o nível de 2% de pectina. Estudos tem sugerido que a ingestão de pectina pode reduzir os níveis de colesterol séricos em ratos. Estudos realizados em seres humanos, também mostram que a pectina cítrica, além da goma guar e da goma extraída da casca da semente de *Plantago ovata* (psyllium) são agentes hipocolesterolêmicos (JUDD; TRUSWELL, 1982; ANDERSON; GUSTAFSON, 1988). Estudos com pectina comercial demonstram que o uso desta fibra solúvel, reduz o nível

de colesterol total, Figura 6 (GLORE et al., 1994; TRUSWELL, 1995; ROUNS, et al., 2010; BROUNS, et al., 2012).

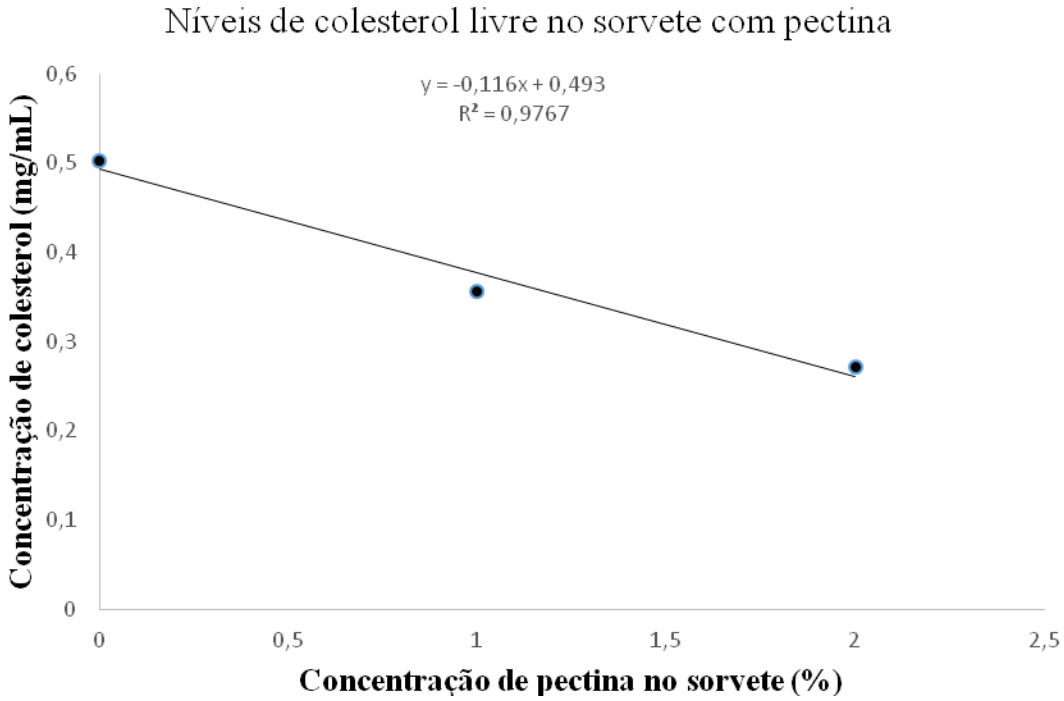

Figura 6. Níveis de colesterol livre no sorvete com pectina

No caso da pectina de lobeira, os resultados obtidos na análise do teor de colesterol livre no sorvete associados aos obtidos nos estudos de estabilidade do CPC, permitem sugerir que esta pectina terá efeito similar ou superior às pectinas já estudadas para o controle das hipercolesterolemias. A alta estabilidade do CPC frente às condições de digestão *in vitro* bem como frente a detergentes é um forte indicativo do potencial desta pectina para uso em formulações alimentícias, assim como na produção de alimentos funcionais.

5.7 Análise de Textura

Os dados referentes à análise de textura realizada no sorvete revelaram um valor de firmeza de 129,7 N (± 21,05). Este valor relaciona-se à maciez/dureza da massa, um critério muito importante na aceitação do produto, uma vez que produtos com valores de firmeza muito baixos tendem a apresentar textura muito aerada, enquanto valores de firmeza muito altos correspondem a produtos difíceis de serem manuseados. A firmeza obtida por Aime et al.,

(2001) e Whelan et al., (2008) para sorvetes à base de leite, com teor regular de gordura foi de 86,30 N, valor próximo ao encontrado neste estudo.

Por outro lado, o valor obtido para consistência (força de penetração/cisalhamento) foi de 145,72 kgf mm^{-1}. Moriano e Almprese (2017) encontraram valores de consistência variando entre 85,75 a 178,60 kgf mm^{-1} para sorvetes artesanais formulados com diferentes edulcorantes.

5.8 Análise microbiológica do produto gelado comestível (tipo: sorvete)

Os resultados das análises microbiológicas indicaram que o sorvete de caramelo produzido com pectina de lobeira esta de acordo com as legislações vigentes (ANVISA, 2001; MAPA, 1996). Foi verificado valor <100 UFC g^{-1} para *Staphylococcus* coagulase positiva; ausência para *Salmonella* em 25 g*;* contagem <0,3 de NMP g^{-1} para coliformes totais e termotolerantes. Desta forma é possível afirmar que a manipulação adequada durante o processamento foi suficiente para garantir condições higiênico-sanitárias satisfatórias e a estabilidade microbiana ao longo do armazenamento.

5.9 Análise sensorial do produto

O produto comestível gelado tipo sorvete, sabor caramelo, foi analisado por provadores em teste afetivo de aceitabilidade, onde os atributos sabor, aroma, textura e aparência foram analisados em ficha de escala hedônica. Os scores médios obtidos no teste de aceitação estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Análise sensorial do produto gelado comestível tipo sorvete com pectina do fruto de lobeira.

Atributos	Média dos Scores	Porcentagem
Sabor	7,87 ± 1,07	88,8%
Aroma	7,78 ± 1,47	81,5%
Textura	8,0 ± 1,41	92,6%
Aparência	7,83 ± 1,44	87%
Avaliação Global	8,2 ± 0,79	96,1%

As distribuições dos scores para os atributos testados na análise sensorial estão apresentadas na Figura 6 (A, B, C, D, E). A frequência de cada score é representada por barra vertical cuja altura é igual à frequência das respostas. De modo geral, há uma predominância

de avaliações entre os scores 7 (gostei moderadamente), 8 (gostei muito) e 9 (gostei extremamente).

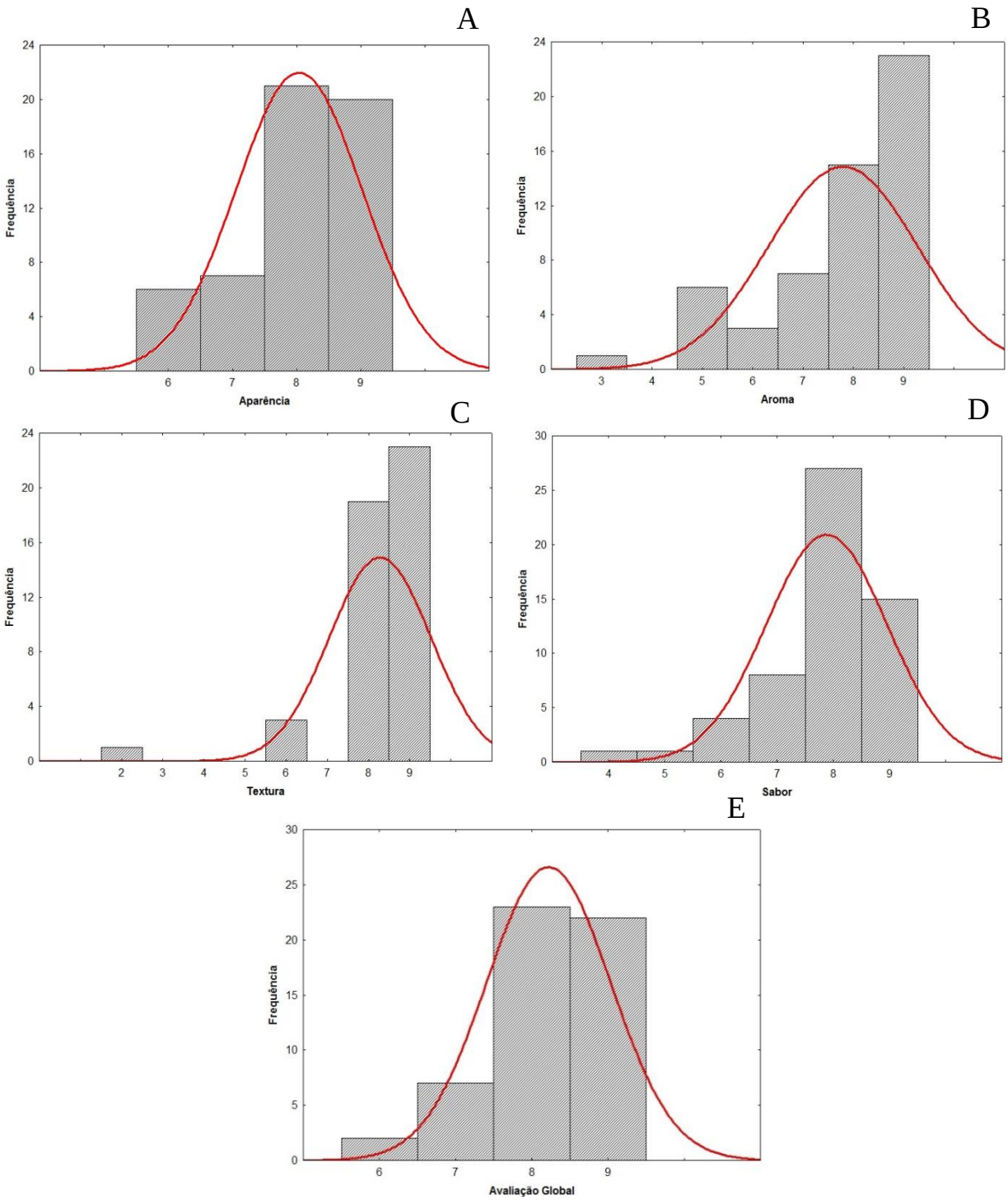

Figura 7 – Histogramas de frequência das respostas dos atributos avaliados na análise sensorial. A) Aparência; B) Aroma; C) Sabor; D) Textura; E) Avaliação Global.

O atributo que apresentou a melhor aceitação foi a textura, com 92,6% das respostas entre os scores hedônicos 7 e 9, seguido pelo atributo sabor, cuja porcentagem de provadores que

atribuíram scores hedônicos entre 7 e 9 foi de 88,8%, sendo 76% das respostas entre 8 (gostei muito) e 9 (gostei extremamente). Para os atributos aroma e aparência a porcentagem de respostas entre scores hedônicos 7 e 9 foi de 81,5 e 87%, respectivamente.

De acordo com Oliveira et al., (2002), para que um produto seja considerado como aceito em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que este obtenha um índice de aceitabilidade de no mínimo 70%. Neste caso, o sorvete contendo pectina de lobeira pode ser considerado bem aceito, uma vez que o menor índice de aceitação ficou acima de 70% (81,5%). Além disto, no atributo avaliação global, 96,1% dos provadores atribuíram scores hedônicos entre 7 e 9, confirmando um alto índice de aceitação global para o produto (Figura 7 E).

Por fim, os resultados obtidos na avaliação sensorial para o item intenção de compra, reforçam a aceitabilidade deste produto (Figura 8), uma vez que 86% dos provadores atribuíram scores hedônicos entre 4 (possivelmente compraria) e 5 (certamente compraria), indicando que o produto não só foi aceito pelo consumidor, como também teria alta probabilidade de ser adquirido caso estivesse no mercado.

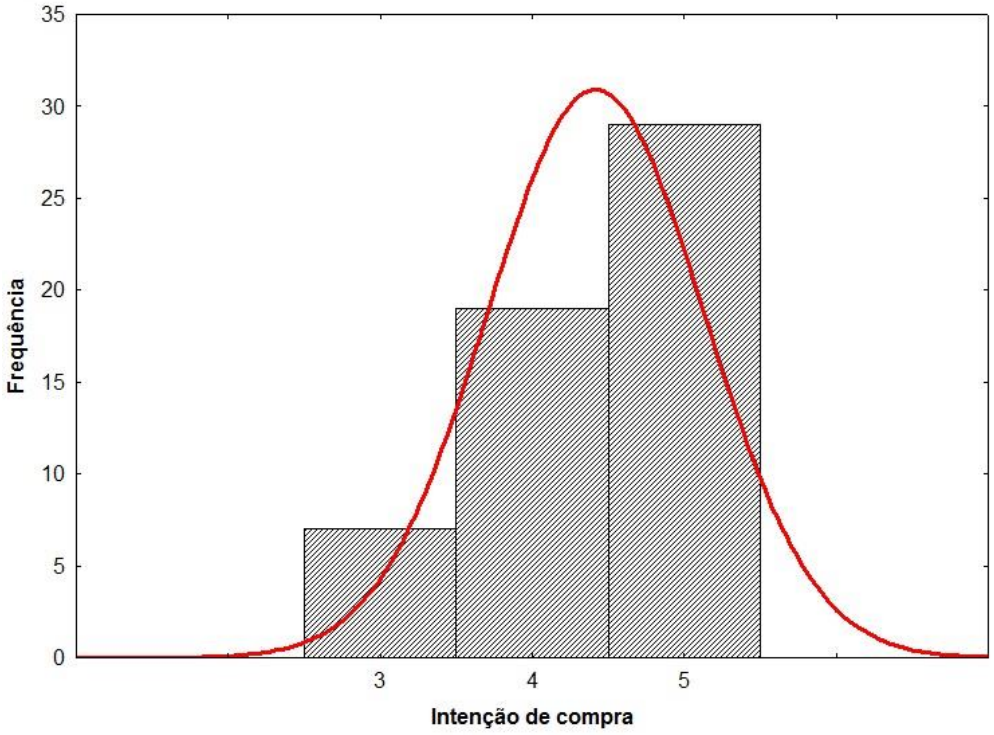

Figura 8 - Histogramas de frequência da resposta a intenção de compra do produto, avaliado na análise sensorial.

6 CONCLUSÃO

Neste estudo comprovou-se que a pectina extraída da polpa de lobeira possui quantidades insignificantes de inibidor de tripsina, 0,32 UI mg $^{-1}$, e ausência de lectinas e compostos antioxidantes, o que demonstra o seu elevado grau de pureza. O valor do índice de absorção de água para a pectina do fruto da lobeira foi de 1,07 g g^{-1} e a capacidade de absorção de óleo atingiu valores de 1,01 g g^{-1}. Já a capacidade emulsificante da pectina, em soluções com concentrações acima de 1%, foi de 100%, sendo as emulsões formadas estáveis frente a variações de temperatura de – 20 °C à 80 °C e pH de 2 à 7,5.

Em relação a capacidade de adsorção de colesterol pela pectina, verificou-se que maiores concentrações de pectina resultam em maior adsorção de colesterol, mesmo submetidas a diferentes condições, como temperaturas (– 20 °C à 80 °C), enzimas digestivas e detergente Triton - X – 100, condições estas que simulam o sistema digestório *in vitro*.

Já para o gelato comestível, produto desenvolvido com a pectina do fruto de lobeira, foi verificado que a pectina funcionou como agente emulsificante e sequestrante de colesterol, sendo verificado que na maior concentração de pectina utilizada, 2%, houve redução de 44% do colesterol e da gordura total livre no produto em relação ao produto sem adição de pectina.

Na análise sensorial do sorvete, foi verificada boa aceitabilidade do produto pelos avaliadores, os quais conferiram notas entre (9- Gostei extremamente) e (8- Gostei muito), para os atributos sabor, aroma, textura, aparência e avaliação global. Já para a intenção de compra 86% os provadores atribuíram scores hedônicos entre 4 (possivelmente compraria) e 5 (certamente compraria), indicando que o produto não só foi aceito pelo consumidor, como também teria alta probabilidade de ser adquirido caso estivesse no mercado.

7 PERSPECTIVAS

- Aplicar a pectina do fruto de lobeira em formulações de produtos com alto teor de colesterol e lipídeos, como por exemplo: produtos cárneos e embutidos, produtos lácteos, cremes e molhos, doces e confeitos, especialidades lácteas tipo requeijão, margarinas *light* e iogurtes;
- Verificar a influência de maiores concentrações de pectina no sorvete para aumentar o efeito regressivo linear apresentado no produto desenvolvido neste estudo;

REFERÊNCIAS

ADAM, C. L. et al. Soluble Fermentable Dietary Fibre (Pectin) Decreases Caloric Intake , Adiposity and Lipidaemia in High-Fat Diet-Induced Obese Rats. **Plos One** p. 1–15, 2015.

ALBA K; SAGISB L.M.C; KONTOGIORGOSA V. Engineering of acidic O/W emulsions with pectin. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**. P. 145: 301–308, 2016.

ALKORTA, I; et al. Industrial applications of pectic enzymes: a review. **Process Biochemistry**, Grã-Bretanha, v. 33, n. 1, p. 21-28, 1998.

ANDERSON, J. W.; GUSTAFSON, N. J. Dietary fiber in desease prevention an treatment. **Comprehensive Therapy**, Skokie, v. 13, n. 1, p. 43-53, 1987.

ANGER, H; BERTH, G. Gel permeation chromatography and the MarkeHouwink relation for pectins with different degrees of methoxylation. **Carbohydrate Polymers**, v. 6, p. 193-202, 1986.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. **Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 de janeiro de 2001. Disponível: <http://www.anvisa.gov.br>. Acessado em:.17 de maio de 2017.

ARNON, R. Papain. **Methods in Enzymology**. v 19, p. 226-244, 1970.

ARSLAN, N. Extraction of pectin from sugarebeet pulp and intrinsic viscosityemolecular weight relationship of pectin solutions. **Journal of Food Science and Technology**. v. 32, p. 381-385, 1995.

BATISTA, K. A., PRUDÊNCIO, S. H; FERNANDES, K. F. Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard-to-cook commons beans (Phaseolus vulgaris, L.). **Journal of Food Science**. v. 75, p. 286-290, 2010.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Manual de laboratório de química de alimentos**. São Paulo: Varela, 2003. 135 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa n. 5, de 11 de dezembro de 2008. **Determina a publicação da lista de medicamentos fitoterápicos de registro simplificado.** Diário Oficial da União, Poder Executivo, de 12 de dezembro de 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Alimentos regionais brasileiros, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. **Alimentos Regionais Brasileiros** 2. ed. – Brasília, 2015.

BROUNS, F.J.P.H; et al. Cholesterol-lowering properties of different pectin types in mildly hyper-cholesterolemic men and women. **European Journal of clinical nutrition**, v.66, n. 5, p. 591-599, 2012.

BROWN L, et al. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. **Am J Clin Nutr**. v. 69, n. 1, p. 30-42, 1999.

CHEN, T. S; JOSLYN, M. A. The effect of sugars on viscosity of pectin solutions II. Comparison of dextrose, maltose, and dextrins. **Journal of Colloid and Interface Science**. v. 25, p. 346-352, 1967.

COSTA, A. F. **Farmacognosia.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

DAI, F.; CHAU, C. Classification and regulatory perspectives of dietary fiber. **ScienceDirect** v. 5, p. 0–6, 2017.

DALL'AGNOL, R; VONPOSER, G. L. The use of complex polysaccharides in the management of metabolic diseases: the case of Solanum lycocarpum fruits. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 71, p. 337-341, 2000.

DOORES, S.; SALFINGER, Y.; TORTORELLO, M. L. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. American Public Health Association, Washington DC, USA, 2013.

DUAN, J. Y., et al. Structure features of pectin arabinogalactan with the immunological activity from the leaves of Diospyros kaka. **Carbohydrate Research**. v. 338, p. 1291-1297, 2003.

ELLIS, R.; MORRIS, E. R. Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. **Cereal Chemistry**. v 63, p. 58-59, 1963.

FARAVASH, R. S; ASHTIANI, F. Z. The effect of pH, ethanol volume and acid washing time on the yield of pectin extraction from peach pomace. **International Journal of Food Science & Technology**. v. 42, p. 1177-1187, 2007.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos**: princípios e prática. São Paulo: Artmed, 2006.

FERREIRA, E. C., et al. Effect of drying method and length of storage on tannin and total phenol concentration in Pigeon pea seeds. **Food Chemistry**. v. 86, p. 17-23, 2004.

FIETZ, V. R.; SALGADO, J. M. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos hisperlipidêmicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, p. 318-321, 1999.

FRAEYE, I., et al. Influence of intrinsic and extrinsic factors on rheology of pectin-calcium gels. **Food Hydrocolloids**. v. 23, p. 2069-2077, 2009.

FUKUJI, T. S., et al. Ácido fítico de híbridos de milho e alguns produtos industrializados. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 30, p. 31-35, 2008.

GAN, C.-Y; MANAF, N. H. A; LATIFF, A. A. Physico-chemical properties of alcohol precipitate pectin-like polysaccharides from Parkia speciosa pod. **Food Hydrocolloids**. v. 24, p. 471-478, 2010.

GLORE SR, et al. Soluble fiber and serum lipids: a literature review. **J Am Diet Assoc**. v. 94, n. 4, p. 425-36, 1994.

GODFRAY H. C. J.; et al. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. **Science**. v. 327, p. 812-818, 2010.

HAGERMAN, A. E; BUTLER, L. G. Choosing appropriate methods and standards for assaying tannins. **Journal of Chemical Ecology**. v. 15, p. 1795-1810, 1989.

HAMINIUK, C. W. I., et al. Rheological study of ternary mixtures and pectic gels of red fruit pulps. **International Journal of Food Science & Technology**. v. 42, p. 629-639, 2007.

HUR, S. J. et al. LWT - Food Science and Technology Effect of emulsi fi ers on microstructural changes and digestion of lipids in instant noodle during in vitro human digestion. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 630–636, 2015.

HUR, S. J.; LEE, S. Y.; LEE, S. Effect of biopolymer encapsulation on the digestibility of lipid and cholesterol oxidation products in beef during in vitro human digestion. **Food Chemistry**, v. 166, p. 254–260, 2015.

IGLESIAS, M. T.; LOZANO, J. E. Extraction and characterization of sunflower pectin. **Journal of Food Engineering**. v. 62, p. 215-223, 2004.

JOYE, D. D; LUZIO, G. A. Process for selective extraction of pectins from plant material by differential pH. **Carbohydrate Polymers**. v. 43, p. 337-342, 2000.

JUDD, P. A.; TRUSWELL, A. S. Comparasion of the effects of hight and low methoxyl pectin on blood and faecal lipids in man. **British Journal of Nutrition**. v. 48, n. 03, p. 451-458, 1982.

JÚNIOR, E.N., et al., Alterações pós-colheita da "fruta-de-lobo" (Solanum lycocarpum st. hil.) durante o amadurecimento: Análises físico-químicas, químicas e enzimáticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 26: 410-413, 2004.

KALAPATHY, U; PROCTOR, A. Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin. **Food Chemistry**. v. 73, p. 393-396, 2001.

KAR, F; ARSLAN, N. Effect of temperature and concentration on viscosity of orange peel pectin solutions and intrinsic viscosity-molecular weight relationship. **Carbohydrate Polymers**. 1999, 40 : 277-284.

KJONIKSEN, A. L., HIORTH, M.; NYSTROM, B. Association under shear flow in aqueous solutions of pectin. **European Polymer Journal**. v. 41, p. 761-771, 2005.

KLIEMANN, E., et al. Optimization of pectin acid extraction from passion fruit peels (Passiflora edulis flavicarpa) using response surface methodology. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 44, p. 476-483, 2009.

KOSEKI, M., et al. Determination of pectin in the presence of food polysaccharides. **Journal of Food Science**. v. 51, p. 1329-1332, 1986.

KOUBALA, B. B., et al. Physicochemical properties of pectins from ambarella peels (Spondias cytherea) obtained using different extraction conditions. **Food Chemistry**. v. 106, p. 1202-1207, 2008.

KRATCHANOVA, M., PAVLOVA, E; PANCHEV, I. The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. **Carbohydrate Polymers**. v. 56, p. 181-185, 2004.

KURITA, O., FUJIWARA, T; YAMAZAKI, E. Characterization of the pectins extracted from citrus peel in the presence of citric acid. **Carbohydrate Polymers**. v. 74, p. 725-730, 2008.

LATTA, M; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 28, p. 1313-1315, 1980.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos.** Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA. Portaria Nº 146 de 07 de março de 1996. Publicado no Diário Oficial da União de 11/03/1996, Brasília, DF. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 15 mai. 2017.

MARQUES, M.R., ALBUQUERQUE, L.M.B; XAVIER-FILHO, J. Antimicrobial and Insecticidal Activities of Cashew Tree Gum Exudate. **Annals of Applied Biology**, v. 12, p. 371-377, 1992.

MARUO, V.M.; BERNARDI, M.M.; SPINOSA, H.S. Toxicological evaluations of long-term consumption of Solanum lycocarpum St. Hill fruits in male and female adult rats. **Phytomedicine**, v. 10, p. 48 – 52, 2003.

MARUO, V.M.; et al. Embryotoxic effects of Solanum lycocarpum St. Hill fruits consumption during preimplantation and organogenesis in rats. **Neurotoxicology and Teratology**, v. 25, p. 627 – 631, 2003.

MATIA-MERINO, L., LAU, K.; DICKINSON, E. Effects of low-methoxyl amidated pectin and ionic calcium on rheology and microstructure of acid-induced sodium caseinate gels. **Food Hydrocolloids**. v. 18, p. 271-281, 2004.

MCCLEMENTS D. J., Cansu Ekin GUMUS C. E. Natural emulsifiers — Biosurfactants, phospholipids, biopolymers, and colloidal particles: Molecular and physicochemical basis of functional performance. **Advances in Colloid and Interface Science**. 2016, 234: 3–26.

MESBAHI, G., JAMALIAN, J; FARAHNAKY, A. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. **Food Hydrocolloids**. v. 19, p. 731-738, 2005.

MIDORIKAWA, K., et al. Protective effect of phytic acid on oxidative DNA damage with reference to cancer chemoprevention. **Biochemical and Biophysical Research Communications**. v. 288, p. 552-557, 2001.

MIGLIORI, M., et al. Compatibility analysis of pectin at different esterification degree from intrinsic viscosity data of diluted solutions. **Reactive and Functional Polymers**. v. 70, p. 863-867, 2010.

MOHARE, Y. S., et al. Natural polymers used in sustained drug delivery systems. **American Journal of Pharm Research**, v. 3, n. 6, p. 4238-4261, 2013.

MOREIRA, R. A; PERRONE, J. C. Purification and partial characterization of a lectin from Phaseolus vulgaris. **Plant Physiology**. v. 59, p. 783-787, 1977.

MORRIS, G., et al. Physical characterisation of the rhamnogalacturonan and homogalacturonan fractions of sugar beet (Beta vulgaris) pectin. **Carbohydrate Polymers**. v. 82, p. 1161-1167, 2010.

OATWAY, L., VASANTHAN, T; HELM, J. H. Phytic acid. **Food Reviews International**. v. 17, p. 419-431, 2001.

OFSP. OFFICE FEDERAL DE LA SANTE PUBLIQUE. Gèlifiants et èpaississants. (2005). Disponível em: http://www.baganw.admin.ch/SLMB_Online_PDF/Data%20SLMB_MSDA/Version%20F/40_Gelifiants.pdf_ Acesso em: 11 abr. 2017.

OLIVEIRA, A. C. P., et al. The starch from Solanum lycocarpum St. Hill. fruit is not a hypoglycemic agent. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. v. 36, p. 525-530, 2003.

PAGÁN, J; IBARZ, A. Extraction and rheological properties of pectin from fresh peach pomace. **Journal of Food Engineering**. v. 39, p. 193-201, 1999.

PAGÁN, J., et al. Extraction and characterization of pectin from stored peach pomace. **Food Research International**. 2001, 34 : 605-612.

PAPPAS, C. S., et al. Determination of the degree of esterification of pectinases with decyl and benzyl esters groups by diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy (DRIFTS) and curve-fitting deconvolution method. **Carbohydrate Polymers**. v. 56, p. 465-469, 2004.

PEREIRA, C.A.; et al. Inibição de enzimas digestivas por extratos de pó comercial de Hoodia gordonii utilizado no tratamento da obesidade. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 3, p. 265-269, 2011.

PIEDADE, J.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Comparação entre o efeito do resíduo do abacaxizeiro (caules e folhas) e da pectina cítrica de alta metoxilação no nível de colesterol sanguíneo em ratos. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 23, n. 2, p. 149-156, 2003.

RIDLEY, B. L; O'NEILL, M. A; MOHNEN, D. Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related Signaling. **Phytochemistry**, v. 57, n. 6, p. 929–967, 2001.

ROUND, A.N.; et al. A new view of pectin structure revealed by acid hydrolysis and atomic force microscopy. **Carboydrate Research**, v. 345, n. 4, p. 487-497, 2010.

RUBIO-SENENT F; et al. **Food Hydrocoloyds**, v. 50, p. 237-246, 2015.

SATO, Y., et al. Effect of water activity and colvent-ordening in intermolecular interaction of high-methoxyl pectins in various sugar solutions. **Food Hydrocolloids**. v.18, p. 527-534, 2004.

SAULNIER, L., BRILLOUET, J. M; JOSELEAU, J. P. Structural studies of pectic substances from the pulp of grape berries. **Carbohydrate Research**. p. 182 : 63-78, 1998.

SCHMIDT U. S. ; et al Pectins of different origin and their performance in forming and stabilizing oil-in-water-emulsion. **Food Hydrocoloyds**, v. 46, p. 59-66, 2015.

SCHMIDT U.S., et al. Pectins of different origin and their performance in forming and stabilizing oil-in-water-emulsions. **Food Hydrocolloids**. v. 46, p. 59-66, 2015.

SEGGIANI, M., et al. Effect of different extraction and precipitation methods on yield and quality of pectin. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 44 : 574-580, 2004.

SENENT F. R., et al. Novel pectin present in new olive mill wastewater with similar emulsifying and better biological properties than citrus pectin. **Food Hydrocolloids**. 2015, 50: 237-246.

SILVA-FILHO, R.R., et al., Immobilization of lipase in pectin extracted from Lobeira fruit (Solunum lucocarpum St. Hil.). **Biochemistry and Biotechnology Reports,** v. 1, p. 9-14, 2012.

SINGTHONG, J., et al. Extraction and physicochemical characterization of Krueo Ma Noy pectin. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 793-801, 2005.

SOARES-MOTA, M. R., et al. Toxicological evaluation of 10% Solanum lycocarpum St. Hill fruit consumption in the diet of growing rats: hematological, biochemical and histopathological effects. **Experimental and Toxicologic Pathology**, v. 62, p. 549-553, 2010.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640p.

SUDHAKAR, D. V; MAINI, S. B. Isolation and characterization of mango peel pectins. **Journal of Food Processing Preservation,** v, 24, p. 209-227, 2000.

TAMAKI, Y., et al. Isolation and structural characterisation of pectin from endocarp of Citrus depresa. **Food Chemistry**, n. 107, p. 352-361, 2008.

TANGLERTPAIBUL, T; RAO, M. A. Intrinsic viscosity of tomato serum as affected by methods of determination and methods of processing concentrates. **Journal of Food Science**, n. 52, p. 1642-1688, 1987.

TORQUATO, D.S., et al. Evaluation of Antimicrobial Activity of Cashew Tree Gum. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 20, p. 505-507, 2004.

TORRALBO, D.F., et al., Extraction and partial characterization of Solanum lycocarpum pectin. **Food Hydrocolloids**, v. 27, p. 378-383, 2012.

TRUSWELL AS. Dietary fibre and plasma lipids. **Eur J Clin Nutr**, v. 49, n. 3, p. 105-9, 1995.

VUCENIK, I; SHAMSUDDIN, A. M. Protection against cancer by dietary IP, and inositol. **Nutrition and Cancer,** v. 55, p. 109-125, 2006.

WANG M., et al. Characterization and functional properties of mango peel pectinextracted by ultrasound assisted citric acid. **International Journal of Biological Macromolecules**, 794–803, 2016.

WANG, Q., PAGAN, J; SHI, J. Pectin from fruits. In: J. Shi, G. MAZZA; M. LE- MAGUER (Eds.), **Functional foods. Biochemical and processing aspects.** Boca Raton: CRC Press, 2002.

WILLATS, W. G. T; KNOX, J. P; MIKKELSEN, J. D.- **Trends Food Sc. Tech.**, v. 17, p. 97, 2006.

YOO, S. H., et al. Viscometric behavior of high-methoxy and low-methoxy pectin solution. **Food Hydrocolloids**, v. 20, p. 62-67, 2006.

APÊNDICE A

FICHA DE AVALIAÇÃO PARA TESTE DE ACEITABILIDADE- SORVETE DE CARAMELO

Nome: _____

Idade: _____ Data: _____

Frequência do consumo de sorvete:

1 vez por semana ( )

2 a 4 vezes por semana ( )

Acima de 4 vezes por semana ( )

Por favor, avalie a amostra servida e indique o quanto você gostou ou não gostou para cada atributo, dando as notas de acordo com a escala abaixo.

9- Gostei extremamente
8- Gostei muito
7- Gostei moderadamente
6- Gostei ligeiramente
5- Indiferente
4- Desgostei ligeiramente
3- Desgostei moderadamente
2- Desgostei muito
1- Desgostei extremamente

Código da amostra	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Avaliação global
269					

Por favor, prove a amostra e avalie segundo sua intenção de consumo / compra, utilizando a escala abaixo:

(5) Certamente compraria o produto
(4) Possivelmente compraria o produto
(3) Talvez compraria / talvez não compraria
(2) Possivelmente não compraria o produto
(1) Certamente não compraria o produto

Código da amostra	Intenção de compra
269	

Comentários: _____
_____

APÊNDICE B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), de uma pesquisa. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Em caso de dúvida, você pode os responsáveis pela pesquisa. INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA: Título do Projeto: CARACTERIZAÇÃO DA PECTINA DO FRUTO DE *Solanum lycocarpum* (LOBEIRA) COMO AGENTE EMULSIFICANTE NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA.

Pesquisador Responsável: Ana Paula Viana Teixeira 3521-1492

Pesquisadores participantes: Kátia Fernandes 3521-1492

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa: CARACTERIZAÇÃO DA PECTINA DO FRUTO DE *Solanum lycocarpum* (LOBEIRA) COMO AGENTE EMULSIFICANTE NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA., que tem como objetivo mostrar a utilização de frutos do cerrado pouco explorados em produtos alimentícios. Este estudo colabora para a divulgação de produtos cerrado. O produto elaborado, sorvete sera oferecido para que se avalie o sabor preenchendo uma ficha que auxiliará os pesquisadores a conhecer se o produto é aceito ou não. Os riscos que podem estar associados a essa análise são os de contaminação alimentar (química, biológica ou física), com a finalidade de preveni-los foram seguidas as boas práticas de manipulação e fabricação. Além disso, caso algum provador apresente reação adversa comprovada ao produto oferecido na presente pesquisa este será encaminhado para atendimento médico. Esta pesquisa não é considerada de risco aos indivíduos envolvidos, pois não tratará do uso de fármacos ou procedimentos clínicos e, para garantia da segurança, serão realizadas análises microbiológicas dos produtos oferecidos aos testes de aceitabilidade. PROCEDIMENTOS: sua participação nesta pesquisa consistirá na degustação do produto (sorvete), respondendo posteriormente a ficha de avaliação sensorial. LEIA ATENTAMENTE OS INGREDIENTES UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS. CASO O SR. TENHA ALGUM TIPO DE ALERGIA DE ALGUM DOS INGREDIENTES ABAIXO FAVOR COMUNICAR AO PESQUISADOR.

SORVETE: LEITE, LEITE CONDENSADO, EMULSIFICANTE, AÇÚCAR, GORDURA ANIMAL. O (a) senhor (a) tem liberdade de recusar a participar da pesquisa em qualquer momento sem qualquer prejuízo, e não sofrerá nenhuma penalidade. Qualquer dúvida será respondida pelos pesquisadores que oferecerão o produto. Somente os pesquisadores terão acesso às informações fornecidas.

Nome e Assinatura do pesquisador _____

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu,_____, RG:_____ CPF:_____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo CARACTERIZAÇÃO DA PECTINA DO FRUTO DE *Solanum lycocarpum* (LOBEIRA) COMO AGENTE EMULSIFICANTE NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido(a) pelo pesquisador(a) Ana Paula Viana e Kátia fernandes sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data e Assinatura: _____