



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Alimentos



Bruna Celeste de Oliveira

Desenvolvimento e caracterização de sorvete enriquecido com licopeno

Campo Mourão, Paraná

2019

Bruna Celeste de Oliveira

Desenvolvimento e caracterização de sorvete enriquecido com licopeno

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Maria Josiane Sereia

Coorientador: Prof^ª. Msc. Maysa A. Formigoni Fasolin

Campo Mourão, Paraná

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Departamento Acadêmico de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO
DE SORVETE ENRIQUECIDO COM LICOPENO
por
BRUNA CELESTE DE OLIVEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado no dia 25 de Novembro de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Maria Josiane Sereia

Augusto Tanamati

Angela Maria Gozzo

Nota: O documento original e assinado pela banca examinadora encontra-se na
Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da UTFPR campus Campo Mourão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Luiz e Ana Paula, que sempre foram minha força e lucidez em todos esses anos, que me permitiram caminhar sozinha, mas sempre permaneceram ao meu lado. Eles que abdicaram de inúmeras coisas e transformaram o meu sonho em nosso sonho, que nunca deixaram de estender a mão e acolher todas as minhas angustias, que me trouxeram paz e que vibraram comigo em todas as conquistas. Tudo foi por vocês.

Ao meu irmão Lucas, que sempre aqueceu o meu coração e despertou em mim o desejo de ser cada vez melhor. A minha avó Marina e tios Rogério, Paulo e Fabrício, que infindavelmente me apoiaram, me acolheram e mostraram o verdadeiro significado de lar.

Aos meus queridos amigos de Regente Feijó que apesar do binômio distância-tempo, permaneceram. Eu sempre disse que gosto de voar, mas gosto mais ainda de ter para onde voltar. Aos amigos que cruzaram meu caminho em Campo Mourão, que no meio de toda a correria e loucura colaboraram com esse ciclo tão importante e tornou ele mais agradável.

Ainda, aos amigos distantes, que contribuíram para que essa conquista seja mais doce, me oferecendo palavras, conselhos e incentivos, um par de ouvidos para os meus choros ou até motivos para minhas risadas, tudo isso foi fundamental. Sempre afirmei que bons amigos contamos nos dedos, durante este trabalho, descobri que talvez me falem dedos, tenho enorme gratidão por todos que participaram da minha caminhada, foi exaustiva mas vocês a tornaram possível e com certeza mais leve.

Aos professores que auxiliaram no meu crescimento pessoal e acadêmico, obrigada por compartilharem seus conhecimentos e experiências. Em especial aos professores Angela e Augusto, por dedicarem tempo e energia em suas contribuições para este trabalho.

Gostaria de agradecer imensamente a minha orientadora Maria Josiane Sereia que me auxiliou por quase toda a minha caminhada dentro da universidade com muita paciência e carinho, que sempre me inspirou e me instigou a ser melhor, sinto-me honrada em ter tido a oportunidade de dividir tantos aprendizados e momentos.

A minha coorientadora Maysa, que contribuiu de forma indispensável com este trabalho, me auxiliando de forma serena e prestativa, me estimulando e compartilhando todo seu conhecimento.

A empresa Agrocinco, pela solicitude em contribuir com o desenvolvimento deste trabalho.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram com essa etapa, meu muito obrigada.

SUPORTE A PESQUISA

O desenvolvimento desta pesquisa foi possível graças ao fomento obtido por intermédio do edital para apoio à realização de Trabalhos de Conclusão de (EDITAL 01/2019 - PROGRAD/PROREC) apoiado com recursos da Pró-Reitoria de Relações Empresariais e Comunitárias – PROREC e da Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional – PROGRAD da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão.

Durante o período de trabalho, foram elaboradas seis formulações de sorvete adicionados e polpa de goiaba e um tipo de tomate (Tipo Italiano ou BRS Zamir), em diferentes proporções. Todas as amostras formuladas foram caracterizadas de acordo com suas propriedades físico-químicas (pH, acidez total, sólidos solúveis, teor de proteínas e de licopeno) reológicas (taxa de derretimento e *overrun*). A digestibilidade *in vitro* do licopeno presente no tomate também foi investigada. Foi comprovado que o teor de licopeno do tomate BRS Zamir é superior e mais bioacessível após a digestão do que no tomate italiano. A produção é tecnicamente possível, visto que todas as formulações atenderam aos requisitos da legislação conveniente e apresentaram bom comportamento durante armazenagem no período de estudo, e ainda duas das formulações foram bem aceitas sensorialmente. Há ainda a possibilidade de estudos em relação a uma formulação otimizada proporcionando maiores possibilidades de pesquisas, bem como parceria da universidade com a comunidade externa ou transferência de tecnologia.

A alimentação funcional é um nicho atual e em constante desenvolvimento, tendo em vista que a nutrição pode ser aliada a questões do campo clínico, pode-se associa-la a prevenção, evolução e até surgimento de algumas neoplasias. Nesse contexto, estudos apontam que a inclusão do licopeno, devido ao seu caráter antioxidante, demonstra ser uma estratégia próspera para prevenção de alguns carcinomas, como o de próstata, já que sua concentração no tecido prostático garante um efeito de proteção. Mesmo que seja necessários maiores estudos relacionados a ingestão diária desse carotenóide, o sorvete enriquecido é uma boa opção para a ingestão deste composto ativo tão benéfico a saúde.

*"A melhor maneira de cultivarmos a coragem nas nossas filhas e em outras jovens é sendo um exemplo. Se elas virem as suas mães e outras mulheres nas suas vidas seguindo em frente apesar do medo, elas vão saber que é possível."
(Gloria Steinem)*

RESUMO

Com a redução da taxa de mortalidade infantil e o aumento da expectativa de vida dos brasileiros, a preocupação com doenças crônicas e degenerativas teve uma ascensão nos últimos anos tornando-se uma questão de saúde pública. Entre essas doenças o câncer se destaca, particularmente o câncer de próstata que é a segunda maior causa de morte no Brasil. Diante das neoplasias de próstata, a prevenção ainda é o melhor caminho, nesse contexto os alimentos funcionais aparecem como possível solução, já que além da gratificação pessoal ainda proporcionam benefícios a saúde. Nessas condições, o licopeno tem relevância especial, já que em consequência de sua estrutura química $C_{40}H_{56}$, ele age como um dos melhores supressores biológicos de radicais livres, especialmente derivados de oxigênio, tornando-o um eficiente agente quimiopreventivo. O tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) é um dos vegetais mais consumidos no mundo, in natura ou processado, sendo a principal fonte de licopeno da dieta humana. Aspirando esse mercado o desenvolvimento de híbridos é cada vez mais recorrente, onde desponta o BRS Zamir, híbrido enriquecido com licopeno, alcançando até 144 $\mu\text{g/g}$ do carotenóide, enquanto outros tomates alcançam 40 a 90 $\mu\text{g/g}$. Assim, através desse trabalho, objetivou-se determinar o teor de licopeno da goiaba *Psidium guajava* L. e de dois tomates das variedades BRS Zamir e *Lycopersicon esculentum* Mill., além da biodisponibilidade do carotenóide, e ainda elaborar formulações de sorvete com diferentes proporções das frutas, caracterizando-os e avaliando a aceitabilidade e intenção de compra. O teor de licopeno e a bioacessibilidade foram maiores na cultivar BRS Zamir, 150,92 $\mu\text{g/g}$ e 3,58% respectivamente, corroborando o propósito desse híbrido, enquanto no tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) os valores encontrados foram 83,19 $\mu\text{g/g}$ e 1,7%. Já nas formulações dos gelados, apresentaram-se todas dentro da legislação, com exceção do parâmetro *overrun*, que foi abaixo do esperado. Quanto a aceitação e intenção de compra, as amostras com menor proporção de tomate e maior de goiaba foram as com melhores avaliações, demonstrando a inclinação dos avaliadores por produtos mais doces, com o sabor de goiaba mais presente. Palavras chave:

Palavras-chave: Licopeno, Tomate, Sorvete, Alimentos funcionais

ABSTRACT

With the reduction of the child mortality rate and increase of Brazilians life expectancy, the concern about chronic and degenerative diseases had a rise in the last few years becoming a public health matter. Among these diseases, cancer stands out, mostly prostatic cancer which is the second largest cause of death in Brazil. Facing the prostatic cancer, the prevention still is the best path, in this sense functional foods show as a possible solution, since beyond personal gratification they also provide health benefits. In this matter, the lycopene has a special relevancy, cause due its chemical structure $C_{40}H_{56}$, it acts as one of the best biological free radicals suppressors, specially oxygen derivatives, turning it in an efficient chemopreventive agent. The tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) is one of the most consumed vegetables in the world, fresh or processed, being the main source of lycopene in human diet. Aspiring this market, the hybrid development it's more and more recurrent, where dawned the BRS Zamir, hybrid enriched with lycopene, reaching till $144 \mu\text{g/g}$ of the carotenoid, meanwhile other tomatoes reach only 40 to $90 \mu\text{g/g}$. Therefore, through this paper, was objectified to measure the lycopene content in guava, *Psidium guajava* L. and of two tomatoes varieties, BRS Zamir and *Lycopersicon esculentum* Mill., plus the carotenoid bioavailability and elaborating ice cream formulations with different fruits proportions, characterizing them and assessing acceptability and purchase intent. The lycopene content and the bioaccessibility were bigger in BRS Zamir, $150,92 \mu\text{g/g}$ and 3,58% respectively, corroborating the purpose of this hybrid, while in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) the values found were $83,19 \mu\text{g/g}$ and 1,7%. In the ice cream formulations, all came within the legislation, in exception the overrun parameter, which was below the expected. As for the acceptance and buy intention, the samples with lower tomato proportions and higher guava proportions had the best evaluations, showing the evaluators' inclination for sweeter products, with more guava taste.

Keywords: Lycopene, Tomato, Ice Cream, Functional foods

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação espacial das taxas ajustadas de incidência por 100 mil homens, estimadas para o ano de 2018, segundo Unidade da Federação (neoplasia maligna da próstata)	16
Figura 2 – Estrutura química da molécula de terpeno	20
Figura 3 – Estrutura química da molécula de licopeno	21
Figura 4 – Fluxograma de Elaboração do Sorvete	28
Figura 5 – Fluxograma da Metodologia de Extração do Licopeno	29
Figura 6 – Taxa de derretimento das diferentes formulações	36
Figura 7 – Ficha de teste de aceitação por escala hedônica e escala de intenção de compra	54
Figura 8 – Relação para conteúdo de licopeno para extração de licopeno das frutas.	55
Figura 9 – Relação para conteúdo de licopeno da análise da biodisponibilidade.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição das formulações.	28
Tabela 2 – Padrões microbiológicos para gelados comestíveis	31
Tabela 3 – Resultados das características físico-químicas dos sorvetes elaborados com goiaba <i>Psidium guajava</i> L. e tomates <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. (F1, F2 e F3) e BRS Zamir (F4, F5 e F6)	34
Tabela 4 – Densidade aparente das formulações.	36
Tabela 5 – Teor de licopeno nos frutos.	37
Tabela 6 – Teor de licopeno nos sorvetes.	38
Tabela 7 – Resultados das análises microbiológicas nas formulações de sorvete.	39
Tabela 8 – Resultados de bioacessibilidade das amostras de tomate.	39
Tabela 9 – Descrição das notas atribuídas pelos avaliadores para aceitação global.	40
Tabela 10 – Aceitação global das formulações preparadas a partir do Tomate Italiano.	40
Tabela 11 – Aceitação global das formulações preparadas a partir do Tomate BRS Zamir.	41
Tabela 12 – Descrição das notas atribuídas pelos avaliadores para intenção de compra.	41
Tabela 13 – Intenção de compra das formulações preparadas a partir do Tomate Italiano.	41
Tabela 14 – Intenção de compra das formulações preparadas a partir do Tomate BRS Zamir.	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS GERAIS	14
1.1.1	Objetivos Específicos	14
1.2	JUSTIFICATIVA	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	CÂNCER DE PRÓSTATA	16
2.2	ALIMENTOS FUNCIONAIS	19
2.3	LICOPENO	20
2.4	TOMATE	22
2.4.1	Cultivar BRS Zamir	23
2.5	GOIABA	24
2.6	FROZEN	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1	MATERIAIS UTILIZADOS	27
3.2	ELABORAÇÃO DO SORVETE	27
3.3	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LICOPENO NAS FRUTAS SELECIONADAS E NAS AMOSTRAS	27
3.4	CARACTERIZAÇÃO DOS SORVETES	29
3.4.1	Análises Físico-Químicas	29
3.4.1.1	Análise de pH	29
3.4.1.2	Acidez titulável	29
3.4.1.3	Sólidos solúveis totais	30
3.4.1.4	Determinação do teor de proteína	30
3.4.1.5	Taxa de derretimento	30
3.4.1.6	Densidade aparente – <i>Overrun</i>	30
3.4.2	Análises Microbiológicas	31

3.4.2.1	Coliformes a 45°C e <i>Salmonella</i> ssp.	31
3.4.2.2	Estafilococos Coagulase Positiva	31
3.4.3	Digestão <i>in vitro</i>	31
3.4.3.1	Fase oral	32
3.4.3.2	Fase gástrica	32
3.4.3.3	Fase intestinal	32
3.4.3.4	Preparo da fração micelar	32
3.4.3.5	Extração da fração micelar	32
3.5	ANÁLISE SENSORIAL	33
3.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	33
4	RESULTADOS	34
4.1	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	34
4.2	TAXA DE DERRETIMENTO	35
4.3	DENSIDADE APARENTE - OVERRUN	36
4.4	LICOPENO	37
4.5	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	38
4.6	DIGESTÃO IN VITRO	39
4.7	ANÁLISE SENSORIAL	40
4.7.1	Aceitação Global	40
4.7.2	Intenção de compra	41
5	CONCLUSÃO	43
6	AUXÍLIO	44
	REFERÊNCIAS	45
	APÊNDICES	53
	APÊNDICE A – FICHA DA ANÁLISE SENSORIAL	54
	APÊNDICE B – RELAÇÕES PARA ESTIMAR O CONTEÚDO DE LICOPENO	55

1 INTRODUÇÃO

A taxa de mortalidade no Brasil tem padecido de mudanças no decorrer dos anos, a transição demográfica e epidemiológica gerou um grupo populacional com particularidades e novos problemas relacionados ao envelhecimento, isso ocorreu devido a diminuição da mortalidade infantil e o aumento da expectativa de vida dos brasileiros, nesse contexto as doenças crônicas e degenerativas se tornaram cada vez mais constantes (MIRANDA; MENDES; SILVA, 2016). Nesse âmbito, entre as doenças crônicas, o câncer é um grande problema de saúde pública, a mortalidade masculina por câncer tem apresentado níveis crescentes nas últimas décadas, os óbitos por neoplasias de próstata possuem uma tendência significativamente maior que as demais, atingindo a segunda maior causa de morte no Brasil, sendo superados somente pelos óbitos decorrentes de câncer de pulmão (INCA, 2017).

Segundo Ezzati et al. (2005), é possível observar os efeitos do estilo de vida contemporâneo nos hábitos alimentares e conseqüentemente à saúde, no mundo ocidental a comida está associada ao prazer, logo combinar a gratificação e saúde é uma tarefa complexa na sociedade. Nessas circunstâncias, os alimentos funcionais aparecem como possível solução, já que proporcionam benefícios à saúde além da função nutricional, sendo chamados também de alimentos saudáveis (ILLANES, 2015).

Segundo Stahl e Sies (1996), as primeiras observações nas atividades biológicas do licopeno ocorreram em 1959, em estudos onde ratos que sofreram irradiações obtiveram aumento na sua taxa de sobrevivência e na resistência contra bactérias infecciosas. O interesse neste carotenóide cresceu em anos recentes, devido aos estudos que o associam à diminuição do risco de doenças cardiovasculares e câncer. Mariani et al. (2014) indicam que uma baixa concentração de licopeno pode estar relacionada ao desenvolvimento de câncer de próstata.

O licopeno é um carotenóide com estrutura acíclica, isômero de beta-caroteno, que não possui atividade pró-vitamina A (por não possuir o anel beta-ionizável), cuja fórmula é $C_{40}H_{56}$, ele é encontrado na natureza como um pigmento natural lipossolúvel responsável pela cor vermelha e laranja de algumas frutas e legumes, é sintetizado exclusivamente por plantas e microrganismos onde sua principal função é absorver luz durante a fotossíntese para proteger a planta contra a fotossensibilização. É caracterizado por ter uma estrutura química de cadeia aberta alifática formada por quarenta átomos de carbono com treze ligações duplas, das quais onze são conjugadas, por isso é muito reativo contra oxigênio e radicais livres (BOJÓRQUEZ; GALLEGU; COLLADO, 2013).

Segundo Vasconcelos (2015), o consumo de frutas atualmente está aliado não só à satisfação sensorial e escolha pessoal, mas também aos benefícios à saúde proporcionados pelos seus nutrientes e compostos bioativos, as frutas tropicais do Brasil por exemplo, possuem uma

grande variedade destes compostos bioativos. Em muitos países, o tomate e seus derivados constituem a única fonte de licopeno, o que pode justificar a maior atenção voltada a esse fruto, entretanto no Brasil além do tomate, o mamão, a goiaba, a pitanga e a melancia são também importantes fontes desse composto (RAO; SHEN, 2002).

Os carotenóides estão aliados às evidências de maior biodisponibilidade em alimentos processados e tendo conhecimento da susceptibilidade dos mesmos à degradação quando expostos ao calor, luz e oxigênio, estudos envolvendo o efeito do processamento e avaliação da composição de carotenóides em alimentos processados, vem sendo bastante estudados (NASCIMENTO, 2006). A absorção de carotenóides concentrados em gordura é maior que a absorção de carotenóides presentes em alimentos e em combinações de alimentos ingeridos em uma dieta mista (CAMPOS; ROSADO, 2005).

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) apresenta importância econômica e social, pois faz parte da dieta do brasileiro, principalmente como fonte de vitaminas A e C, licopeno e de sais minerais como potássio e magnésio. Além disso, o Brasil é grande produtor e consumidor mundial desta hortaliça (SILVEIRA et al., 2011). A EMBRAPA (2013), em parceria com outras instituições, desenvolveu o BRS Zamir que é um tomate tipo cereja alongado, representante de uma nova geração de híbridos nutricionalmente enriquecidos, sendo um dos materiais comerciais com mais elevados teores do pigmento antioxidante licopeno.

A goiaba (*Psidium guajava* L.) além do seu aroma e sabor agradáveis, também possui elevado valor nutricional, é uma importante fonte de vitamina C altos teores de açúcares, vitamina A e vitaminas do grupo B, como a tiamina e a niacina, além de teor significativo de fósforo, potássio, ferro e cálcio, sendo também rica em fibras. (EMBRAPA, 2010).

Segundo Arbuckle (1977 apud SOUZA et al., 2010) “a composição do sorvete é bastante variada, normalmente apresentando de 8 a 20% de gordura, 8 a 15% de sólidos não gordurosos do leite, 13 a 20% de açúcar e 0 a 0,7% de emulsificante-estabilizante, porém pode haver variabilidade de acordo com a região e em diferentes mercados.” De acordo com a ABIS (2018), o consumo de sorvete no Brasil teve um crescimento ascendente, de 686 milhões de litros em 2003 para 1,1 bilhões de litros em 2018, com ênfase no ano de 2014, onde houve um aumento para 1,3 bilhões de litros no consumo. O consumo per capita por ano também cresceu, de 3,83 litros em 2003 para 5,27 litros em 2018.

Desta forma, o sorvete foi escolhido como objeto de estudo desta pesquisa, por ser um alimento de elevado valor nutricional e alto teor de gordura, favorecendo a biodisponibilidade do licopeno. O interesse no licopeno e no seu potencial papel protetor sobre a carcinogênese deu início quando Giovannucci (1999), demonstraram uma relação inversa entre a ingestão de licopeno e a incidência de câncer de próstata. O licopeno é encontrado na próstata humana, sugerindo a possibilidade biológica de um efeito direto deste carotenóide na função da próstata e na da carcinogênese (BOILEAU et al., 2003); (SHAMI; MOREIRA, 2004).

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Formular e caracterizar um sorvete rico em licopeno, visando suas propriedades funcionais para auxiliar na prevenção do câncer de próstata.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Determinar o teor de licopeno da goiaba (*Psidium guajava* L.) e de tomates das variedades (*Lycopersicon esculentum* Mill. e BRS Zamir);
- Elaborar seis formulações de sorvete contendo goiaba e diferentes variedades de tomates, modificando as proporções das frutas selecionadas;
- Caracterizar as propriedades físico-químicas (pH, acidez total, sólidos solúveis e teor de proteínas) e reológicas (taxa de derretimento e *overrun*) dos gelados obtidos;
- Definir o teor de licopeno nos sorvetes e seu comportamento após o armazenamento;
- Avaliar a bioacessibilidade do licopeno nos tomates;
- Avaliar a aceitação e intenção de compra dos produtos desenvolvidos por meio de teste sensorial.

1.2 JUSTIFICATIVA

A utilização de alimentos para além da alimentação é uma realidade desde os primórdios, e continua desempenhando papel importante, principalmente quando levando em consideração a oportunidade da descoberta de novos agentes terapêuticos. Neste contexto, e considerando o papel da indústria de alimentos, frutas e hortaliças são comumente consideradas alimentos nutracêuticos, aliando além do prazer pessoal o apelo à saúde.

A alimentação funcional tem se tornado um nicho de mercado significativo, o que é benéfico para além das inovações tecnológicas, mas também para o desenvolvimento de novos produtos e novas pesquisas referentes à utilização de subprodutos e componentes até então não usuais. Sob a perspectiva do licopeno, sabe-se que sua biodisponibilidade é potencializada ao passar por processamentos industriais, que ocasionam o desprendimento do carotenóide de outras grandes moléculas, além da sua absorção ser facilitada quando em conjunto com a adição de gordura, que tem como função a incorporação nas micelas.

Ante a questão da saúde, vários estudos têm apontado que a inclusão do licopeno na dieta, em decorrência do seu caráter antioxidante, pode ter impacto no risco de desenvolvimento de doenças crônicas como o câncer de próstata. É consenso entre especialistas que a prevenção do câncer, é ainda a melhor forma de lidar com essa patologia, e cada vez mais há evidências que a alimentação representa papel relevante, principalmente nos estágios iniciais e no desenvolvimento da doença.

Considerando-se que a nutrição pode ser introduzida no campo clínico, com dietas funcionais, o presente trabalho se justifica no âmbito de além do desenvolvimento de um novo produto, avaliar a presença funcional do licopeno e sua absorção em um alimento com histórico de boa aceitação e utilizando matéria prima de fácil acesso. Além da relevância em expor um assunto desconhecido pela maioria da população, que são os efeitos de um dos carotenóides que mesmo estando inserido em uma pequena gama de alimentos, é muito presente na alimentação cotidiana, através principalmente do tomate.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CÂNCER DE PRÓSTATA

O aumento da mortalidade por câncer apresenta uma característica peculiar: o número de óbitos masculinos supera os femininos; por este motivo, os homens podem ser apontados como aqueles que possuem maior risco de morrer por esta causa (FRIESTINO et al., 2013). Para o Brasil, estimam-se 68.220 casos novos de câncer de próstata para cada ano do biênio 2018-2019, conforme indica a Figura 1. Esses valores correspondem a um risco estimado de 66,12 casos novos a cada 100 mil homens. Sem considerar os tumores de pele não melanoma, o câncer de próstata é o mais incidente entre os homens em todas as Regiões do país, com 96,85/100 mil na Região Sul, 69,83/100 mil Região na Sudeste, 66,75/100 mil na Região Centro-Oeste, 56,17/100 mil na Região Nordeste e 29,41/100 mil na Região Norte (INCA, 2017).

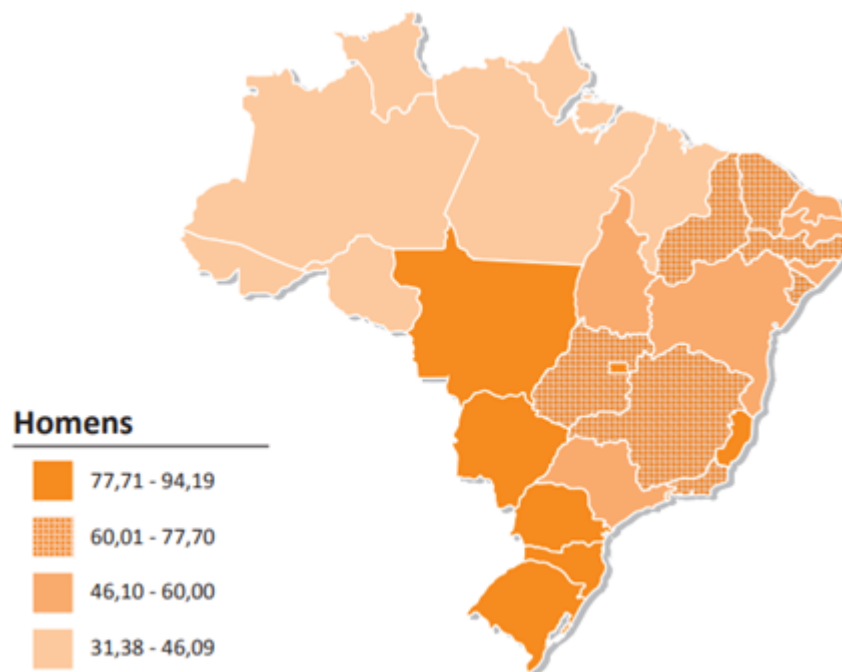


Figura 1 – Representação espacial das taxas ajustadas de incidência por 100 mil homens, estimadas para o ano de 2018, segundo Unidade da Federação (neoplasia maligna da próstata)

Fonte: INCA, 2017

Existem algumas singularidades e fatores de risco específicos da neoplasia de próstata, como: idade avançada, no Brasil, a cada dez homens diagnosticados com câncer de próstata, nove têm mais de 55 anos; predisposição genética, homens cujo pai, avô ou irmão tiveram câncer de próstata antes dos 60 anos, fazem parte do grupo de risco; e sobrepeso e obesidade,

estudos recentes mostram maior risco de câncer de próstata em homens com peso corporal mais elevado (BRASIL, 2019).

O Ministério da Saúde (2009), segundo a Portaria nº 1.944, de 27 de agosto de 2009 propõe que a Política Nacional de Atenção Integral à Saúde do Homem (PNAIHS), que busca promover a melhoria das condições de saúde da população masculina no Brasil, contribua para redução da morbidade e mortalidade dessa população e facilite o acesso às ações e aos serviços de assistência integral à saúde, além disso, pretende organizar, implantar, qualificar e humanizar, em todo o território brasileiro, a atenção integral à saúde do homem. Para o câncer de próstata, um dos propósitos é a conscientização para ampliar a adesão da população masculina aos serviços existentes, promovendo ações de esclarecimento sobre a doença, bem como informações quanto aos riscos e benefícios que envolvem o rastreamento dessa patologia.

Na fase inicial, o câncer de próstata pode se manifestar silenciosamente, às vezes assintomático, ou podendo apresentar sintomas como dificuldade de urinar, sangue na urina e diminuição do jato de urina. Porém esses sintomas podem ser confundidos, visto que esses sinais também ocorrem devido a doenças benignas da próstata, como por exemplo, hiperplasia benigna da próstata que ocorre naturalmente com o envelhecimento; e prostatite que é causada por bactérias (BRASIL, 2019).

O PSA (Antígeno Prostático Específico) foi introduzido nos anos 1980 como um marcador tumoral para detecção de recorrência e progressão da doença durante o tratamento. O teste tem baixa sensibilidade e especificidade e não existem evidências claras do limiar para indicar a biópsia. O limiar comumente utilizado (>4 ng/mL) tem 70% de resultados falso-positivos (MULHEM; FULBRIGHT; DUNCAN, 2015).

As “Diretrizes de Câncer de Próstata” da SBU (2017) são um tanto ambíguas sobre o rastreio, esse documento evidencia a necessidade de informar os homens sobre seus aspectos básicos, riscos e potenciais benefícios, cabendo a eles a opção por rastrear ou não, deixando sob responsabilidade dos médicos a definição do ponto de corte do PSA que levará a maiores investigações (que incluem ultrassonografia transretal e biópsia de próstata), assim como a aplicação dos critérios de baixa agressividade a cada câncer detectado, porém, o texto favorece o rastreamento anual com PSA e toque retal (TR) em homens com expectativa de vida mínima de dez anos, iniciando aos cinquenta anos – ou aos 45 anos, naqueles com risco aumentado. Já o INCA (2013) recomendou que não se organizassem programas de rastreamento populacional para a neoplasia, por existirem evidências científicas de boa qualidade de que ele produz mais danos que benefícios.

A detecção precoce não infere nenhum impacto na mortalidade, adverso do que acontece com o câncer de colo uterino, por exemplo, isso se deve porque a detecção tanto de cânceres graves e incipientes é indiscriminada – logo não progredirão, ou o farão de forma prolongada que por ventura nem se tornarão causa de morte para os homens acometidos. Portanto, não há alegação para estimular o rastreamento de câncer de próstata por qualquer método, em

homens de qualquer idade; e aqueles que buscam tal intervenção devem ser questionados quanto a alterações relacionáveis à próstata, como noctúria, jato urinário fraco e gotejamento pós-miccional, caso esses sintomas sejam presentes, PSA e toque retal estariam indicados para investigação, e não rastreamento; caso os indícios sejam presentes, devem ser discutidos os riscos associados ao rastreio (MODESTO et al., 2017).

Quando respiramos provemos o oxigênio necessário para fornecer energia a todas as células no corpo – o metabolismo oxidativo, em síntese, o oxigênio é reduzido e as ligações covalentes da glicose são quebradas liberando gás carbônico, água e energia, em cada processo há geração de subprodutos, em maior parte benéficos, contudo, em torno de 5% podem ser tóxicos para as células quando em altas concentrações (SILVA; JASIULIONIS, 2014). O estresse oxidativo, enquanto fator determinante para o surgimento de neoplasias, é resultante do aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), essa produção excessiva ocasiona uma interação com biomoléculas (proteínas, lípidos, glúcidos), desencadeando um processo de oxidação que, por sua vez, facilita processos implicados na carcinogênese, como a transformação celular, a apoptose, a angiogênese, e a metástase (BÔTO et al., 2019).

Nos últimos anos, o hábito alimentar tem sido alvo de estudo como fator de risco na evolução e no surgimento de algumas neoplasias; contudo, diversas pesquisas apontam a importância de estratégias que possibilitem a prevenção do câncer através da proteção contra o estresse oxidativo, incluindo a associação de grupos alimentares com compostos anticarcinogênicos, com propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes, as quais são capazes de induzir a apoptose e bloquear a progressão do ciclo celular das células neoplásicas (JÚNIOR; BRUNELLI; LEMOS, 2011).

De acordo com Trejo-Solís et al. (2013), em relação ao câncer de próstata, estudos apontam evidências no que diz respeito a dietas ricas em carotenóides, em especial o licopeno, uma vez que altas concentrações deste composto funcional no organismo podem estabelecer funções de genes, melhorar a comunicação celular, modular a resposta hormonal e imune, ou regular o metabolismo, além de exercer efeitos antiandrógenos e anticrescimento e ocasionar o aumento da comunicação intercelular através do incremento de junções do tipo *gap* (comunicantes) entre as células, regulando assim o desenvolvimento do ciclo celular.

Há ainda estudos sobre a ação do licopeno em câncer do cólon, onde verificou-se a capacidade de inibição da proliferação e progressão de células neoplásicas do cólon (TANG; PAI; WANG, 2011). E também no câncer de mama, onde foi reportado uma relação inversa entre os níveis de licopeno e a diminuição ou recorrência dessa patologia (WANE; LENGACHER, 2006). Também há evidências sobre o potencial do licopeno na patologia cardiovascular, através das suas propriedades antioxidantes e supressão da síntese de colesterol (MORDENTE et al., 2011).

Seren et al. (2008) demonstraram, por meio de estudos epidemiológicos *in vitro*, que o licopeno possui papel na prevenção do carcinoma hepatocelular (forma mais comum de câncer de fígado) que sucedem da hepatite C crônica. Focando nas características antioxidantes, o

licopeno pode agir como neuroprotetor, Kaur, Chauhan e Sandhir (2011) observaram um efeito benéfico na melhoria do stress oxidativo e na restauração dos níveis de antioxidantes endógenos, auxiliando na doença de Parkinson.

2.2 ALIMENTOS FUNCIONAIS

A nutrição é uma das ciências mais antigas que visa estudar o alimento e as modificações que este sofre ao passar pelo organismo, sua antiguidade é comprovada a partir das citações de vários autores: Hipócrates há 2500 anos advertiu sobre a importância da relação entre nutrição e doença; Lavoisier no ano de 1770 desvendou a combustão de alimentos e respiração celular; Pasteur entre os anos de 1857 e 1890 afirmou sobre a necessidade de aprofundar o estudo dos alimentos; Benedict no ano de 1919 constatou mudanças fisiológicas em relação à alimentação; e Pedro Escudeiro, considerado o pai da nutrição, no ano de 1937 introduziu o estudo da alimentação e nutrição nas escolas de medicina de seu país de origem, Argentina (TIRAPEGUI, 2002).

Com a transição da década de 90, o termo “alimento funcional” passou a ser empregado, foi no Japão onde se iniciou a produção e comercialização de alimentos funcionais denominados como FOSHU, “Foods for Specified Health Use”, eles apresentam um selo de aprovação do Ministério da Saúde e Bem Estar do seu país, atualmente esses produtos estão presentes em vários países, enquadrados em suas legislações específicas (VIDAL et al., 2012).

Ainda de acordo com Vidal et al. (2012) os alimentos funcionais são os que proporcionam alguns efeitos metabólicos e fisiológicos, além das suas funções nutricionais, seus impactos são estudados especialmente nas patologias desde câncer e diabetes até doenças cardiovasculares, inflamatórias e intestinais. Porém estes alimentos não devem ser utilizados como medicamentos, mas sim inclusos em uma dieta e consumidos cotidianamente para que assim, possam promover benefícios e melhoria da qualidade de vida (ILLANES, 2015)

Com o aumento da expectativa de vida e envelhecimento da população, houve uma crescente na conscientização entre a população sobre a importância de uma dieta equilibrada para a saúde, fato que não é exclusivo dos países desenvolvidos e também pode ser observado nos países da América Latina. Esse contexto incita a indústria de alimentos, que não é considerada um setor dinâmico em pesquisa e desenvolvimento, a conceber uma resposta à demanda de produtos funcionais e de fato o progresso do setor se deve muito a produtos relacionados com melhorias para a saúde e cumprimento das legislações para os mesmos (ANNUNZIATA; VECCHIO, 2011).

A relação dos alimentos funcionais e a legislação é muito significativa, visto que ela varia de país para país, enquanto na Europa a ênfase é para os regulamentos quanto à segurança do consumidor, nos Estados Unidos é relevante a declaração dos seus efeitos. Sem uma regulamentação rígida quanto aos alimentos funcionais, de modo geral, é difícil definir a

validade científica da declaração de efeitos benéficos a saúde (SOHAIMY, 2012).

Segundo Cha, Lee e Song (2010), importante ressaltar a importância da aceitação do consumidor, comumente os alimentos funcionais são vistos como uma categoria de alimentos naturais, portanto a aparência e a qualidade do produto influenciam na aceitação. Essa aceitação é relacionada com a escolaridade, com a origem geográfica, gênero e com a conduta de médicos e nutricionistas.

2.3 LICOPENO

Existem cerca de 600 pigmentos carotenóides encontrados na natureza e 25 no plasma e tecidos humanos, estando o licopeno incluído em ambos, ele se caracteriza por estrutura simétrica e acíclica, constituído por átomos de carbono e hidrogênio, com 11 ligações duplas conjugadas e 2 ligações não conjugadas. O licopeno é um antioxidante com efeito protetor contra radicais livres pode ser utilizado para determinar a eficácia e a eficiência das intervenções propostas (WALISZEWSKI; BLASCO, 2010). A unidade básica de um carotenóide é o terpeno, presente na Figura 2, o qual se repete oito vezes na estrutura do licopeno, dando um total de 11 ligações duplas conjugadas (resultando uma cor bem visível e intensa) (MORAES, 2003).

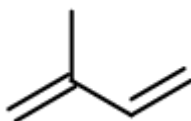


Figura 2 – Estrutura química da molécula de terpeno

Fonte: Autoria própria.

Devido ao seu sistema de ligações duplas conjugadas, o licopeno é uma substância rica em elétrons, susceptíveis de serem atacados por reativos eletrofílicos, assim, o licopeno pode se unir ao oxigênio singleto e aos radicais livres como o radical hidroxila (HO) e vários radicais peróxidos. Este comportamento é a base de sua ação antioxidante nos sistemas biológicos, sendo, portanto, um eficiente agente quimiopreventivo (VITALE; BERNATENE; POMILIO, 2010). Estudos afirmam que o licopeno é o carotenóide com maior poder antioxidante, pois possui a maior capacidade seqüestrante do oxigênio singleto, apresentando capacidade antioxidante maior em relação ao β -caroteno, possivelmente devido à presença do elevado número de ligações duplas conjugadas (Figura 3), tornando-o mais reativo (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006); (TASCA, 2007).

De acordo com Glanz (1997), há várias evidências de que a alimentação tem um papel importante nos estágios de iniciação, promoção e propagação do câncer, destacando-se entre outros fatores de risco; entre as mortes por câncer atribuídas a fatores ambientais, a dieta contribui com cerca de 35%, seguida pelo tabaco (30%) e outros, como condições e tipo de trabalho, álcool, poluição e aditivos alimentares, os quais contribuem com menos do que 5%

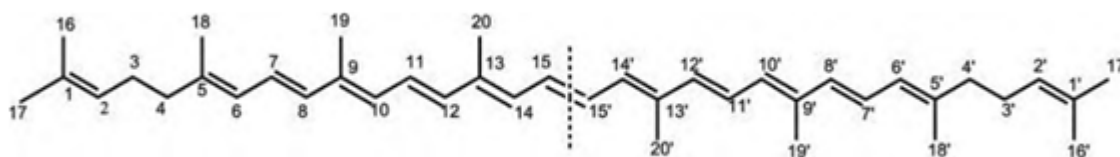


Figura 3 – Estrutura química da molécula de licopeno

Fonte: Shu et al. (2006)

acredita-se que uma dieta adequada poderia prevenir de três a quatro milhões de casos novos de cânceres a cada ano.

O interesse em dietas ricas em licopeno e em suplementos para a prevenção ou a terapia de câncer de próstata aumentou extremamente nos últimos anos. Os produtos de licopeno são bem tolerados e cumprem os requisitos da US Food and Drug Administration (USFDA, na sigla em inglês) para a designação de geralmente reconhecida como segura (GRAS, na sigla em inglês) (SILVA; MOURA, 2017). Segundo Morgia et al. (2017), os efeitos do licopeno no processo de oncogênese e na saúde da próstata são benéficos ao homem, todavia, os ensaios clínicos de eficácia exigem uma adesão desse composto bioativo a longo prazo e em elevadas concentrações, sendo necessários, concomitantemente, estudos que avaliem como potencializar sua absorção e maior biodisponibilidade e também as doses corretas de ingestão do mesmo para alcançar seu efeito protetor.

Segundo Waliszewski e Blasco (2010), a absorção do licopeno se processa da seguinte forma: após ser consumido, o licopeno se incorpora às micelas dos lipídios da dieta e são absorvidos na mucosa intestinal através de difusão passiva, onde se incorporam aos quilomícrons e são liberados para o sistema linfático para serem transportados ao fígado. Assim, o licopeno é transportado pelas lipoproteínas através do plasma para a distribuição a vários órgãos por possuir natureza lipofílica, o licopeno pode ser encontrado também em partes das lipoproteínas LDL, VLDL e HDL. Sendo que essa absorção por humanos é de 10 a 30%, o restante é excretado pelo organismo.

Embora as propriedades benéficas à saúde, a falta de solubilidade do licopeno em água, alto ponto de fusão, estabilidade química limitada e baixa biodisponibilidade são grandes obstáculos para o êxito do uso desse carotenóide na produção de novos produtos funcionais. Devido à natureza lipofílica do licopeno, sua biodisponibilidade é notadamente aumentada quando a matriz alimentar funcional for rica em gordura, como já demonstrado, quando a ingestão de suco de tomate foi associada com emulsões de excipiente de óleo em água (SALVIA-TRUJILLO; MCCLEMENTS, 2016). Estudos apontam que as concentrações de licopeno no organismo cresceram constantemente com o consumo de sorvete enriquecido, além de diminuir significativamente os danos oxidativos inflamatórios e os valores da lipoproteína de baixa densidade (colesterol ruim), ainda destacam que as características sensoriais do produto não foram alteradas (CHERNYSHOVA et al., 2019).

O teor de licopeno em produtos processados varia de acordo com a composição do alimento de origem e das condições de processamento. Geralmente, em produtos processados, os níveis de licopeno são maiores do que os encontrados em alimentos crus, por haver perda de água durante o processamento, havendo concentração do composto. Durante o processamento térmico também há liberação de licopeno pela matriz celular, tornando-o mais biodisponível; um estudo mostrou que a absorção de licopeno de massa de tomate cozida era de 3,8 vezes maiores que para tomates frescos (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2001); (TASCA, 2007).

O Ministério da Saúde reconhece o licopeno como alimento funcional, associado ao combate de radicais livres, permitindo a alegação na embalagem. De acordo com a Resolução RDC nº18 de 30/04/1999 a alegação de propriedade de saúde é “aquela que sugere, afirma ou implica a existência de relação entre o alimento ou ingrediente com doença ou condição relacionada à saúde” (BRASIL, 1999b). Ao contrário dos demais carotenóides, o licopeno está presente em apenas um pequeno grupo de alimentos vegetais, incluindo o tomate, a goiaba, a pitanga, o mamão formosa e a melancia. Em muitos países, o tomate e seus derivados constituem a única fonte de licopeno, o que pode justificar a maior atenção voltada a esse fruto (FREDA et al., 2018).

Conforme Li et al. (2016), para a prevenção do câncer, é indispensável a adoção de uma dieta saudável do ponto de vista nutricional, a inclusão do licopeno extraído do tomate e de outras frutas, tais como melancia e goiaba cor-de-rosa, demonstrou ser uma medida efetiva na prevenção e no tratamento do câncer de próstata, principalmente pela vantagem de que o licopeno pode atingir uma concentração muito maior no tecido prostático e garantir o efeito de proteção.

2.4 TOMATE

O tomate é uma planta pertencente à família das solanáceas, denominada cientificamente *Lycopersicon esculentum* Mill, potencialmente perene e com facilidade de adaptação a uma grande variedade de climas, com exceção daqueles nos quais as geadas estão presentes atualmente o seu cultivo e o consumo alcançaram tal difusão que hoje dificilmente se pode encontrar outro produto agrícola que seja consumido nas mesmas quantidades que o tomate (ROSA et al., 2012).

De acordo com Pedroso (2019), o tomate é uma das principais hortaliças cultivadas no mundo, a cultura do tomate abrange dois segmentos distintos, o denominado tomate mesa para consumo do produto fresco (*in natura*) e o tomate industrial (destinado às indústrias de processamento para produção de polpas, molhos, temperos, sopa em pó, entre outros). Sua expansão vem ocorrendo, nos últimos anos, com destaque para o tomate industrial em função de um conjunto de fatores, como o aumento da demanda por refeições fora de casa e de alimentos que possam ser feitos de forma mais ágil. Nos anos recentes, as atividades da cadeia produtiva de tomate industrial experimentaram notáveis investimentos, com grande incremento

na produção, adoção de novas variedades e híbridos, além de técnicas modernas de cultivo e proporcionou a implantação da mecanização para o plantio com mudas e colheita mecânica de tomate com cultivo na palha de milho, soja ou feijão (CAMARGO; CAMARGO FILHO, 2011).

O tomate é a principal fonte de licopeno na dieta humana, sua composição em carotenóides é de cerca de 80-90% de licopeno e 7-10% de β -caroteno, além disso, resíduos do processamento de tomate também apresentam altos teores de carotenóides, compostos fenólicos e elevada capacidade antioxidante, os polifenóis presentes no tomate são principalmente ácidos fenólicos, como o ácido gálico e flavonóides como a rutina e a naringenina (FRUSCIANTE et al., 2007). A diferença entre estes compostos bioativos e os nutrientes é que estes compostos não são essenciais para a saúde, mas melhoram a saúde e proteção quando estão presentes no nosso organismo, estes compostos em sinergia exercem efeitos positivos para a saúde humana através de diferentes mecanismos. Consequentemente frutos de tomate são cada vez mais considerados como "alimentos funcionais", além da polpa do tomate, as cascas e as sementes são caracterizadas por elevados teores de licopeno e fenólicos (ILAHY et al., 2016).

2.4.1 Cultivar BRS Zamir

A EMBRAPA (2013) em parceria com a empresa Agrocinco desenvolveram o tomate BRS Zamir é um híbrido do segmento "grape", a cultivar representa uma nova geração de híbridos enriquecidos: o teor do pigmento antioxidante licopeno alcança até 144 $\mu\text{g/g}$, enquanto outros híbridos comerciais do segmento "grape" no mercado brasileiro obtêm por volta de 40 a 90 $\mu\text{g/g}$. Seus frutos são alongados e pesam entre 10 e 15 gramas, eles apresentam boa conservação após a colheita – até 18 dias em temperatura ambiente, possuem sabor adocicado e adequado balanço de ácidos orgânicos, com o teor de sólidos solúveis até 11° Brix.

De acordo com a EMBRAPA (2018) do ponto de vista agrônômico, o tomate BRS Zamir possui uma vantagem genética que aumenta o número de frutos por penca, pesquisadores da Embrapa Hortaliças e parceiros caracterizaram um gene (denominado bif) responsável por estimular o grau de bifurcação dos cachos do tomateiro, o que aumenta em até três vezes o número de flores e, por consequência, de frutos. Afirmam ainda, que além da produtividade superior em comparação aos outros híbridos do mesmo segmento, o tomate BRS Zamir também é amplamente adaptado às altas temperaturas encontradas nas regiões produtoras do País, alcançando perto de 100% de pegamento dos frutos, a boa sanidade é outra vantagem competitiva do tomate BRS Zamir: ele apresenta tolerância elevada ao fungo oídio, uma doença foliar que atinge com severidade as plantações de tomate em cultivo protegido – principal sistema de produção adotado para plantio de tomates especiais como os do segmento grape.

Os avanços na genômica criaram uma biotecnologia agrícola chamada de "seleção assistida por marcadores" (SAM), a qual não apresenta potenciais desvantagens em relação às tecnologias de geneticamente modificados. A SAM é um método avançado que pode acelerar o melhoramento de plantas e animais, identificando genes associados a características como

rendimento, resistência a pragas, ou características sensoriais ou nutricionais aperfeiçoadas (conhecidas como “locos de característica quantitativa” (QTL, do inglês *quantitative trait loci*)) (JIANG, 2013). Quando determinados genes são identificados, as variedades selvagens relacionadas são examinadas quanto à presença desses genes. Em vez de se utilizarem tecnologias de geneticamente modificados, faz-se o cruzamento das variedades selvagens com a lavoura alimentícia para criar as características desejadas, isso pode reduzir o tempo necessário para o desenvolvimento de novas variedades em 50% ou mais (FELLOWS, 2018).

A genômica nutricional (ou “nutrigenômica”) é a aplicação à nutrição humana, especialmente a relação entre nutrição e saúde, a pesquisa está centrada na prevenção de doenças mediante a compreensão das interações relacionadas aos nutrientes nos níveis genéticos, proteico e metabólico, e seus efeitos em tecidos e órgãos; com o progresso na pesquisa genética, incluindo o Projeto Genoma Humano, sabe-se que a variação genética afeta as tolerâncias alimentares e também pode afetar as necessidades alimentares individuais, os distúrbios bioquímicos relacionados à nutrição foram relacionados à origem genética e a influência da dieta na saúde pode, portanto, depender, em parte, da estrutura genética de um indivíduo (STOVER, 2006).

2.5 GOIABA

A *Psidium guajava* L. conhecida como goiaba, pertence à família *Myrtaceae*, composta por mais de 100 gêneros e 3800 espécies de arbustos e árvores verdes durante o ano, podendo atingir até 6 metros de altura. Fruto carnoso do tipo baga com polpa doce-acidulada e levemente aromático, internamente apresenta um mesocarpo de textura firme e 4 a 5 lóculos, cheios por uma massa de consistência pastosa, onde contém numerosas sementes pequenas e muito duras (SANTOS, 2011).

A goiabeira é uma importante cultura, principalmente, nas áreas irrigadas do Nordeste brasileiro entretanto, os estados da Bahia e de Pernambuco se destacam na produção da fruta que se destina, em maior parte, ao mercado nacional para consumo in natura e à indústria para produção de sucos, geleias, doces, sorvetes, além de outros produtos mais novos como o “guatchup” (AGRIANUAL, 2018).

Estudo realizado por Oliveira et al. (2011) comparando os teores de compostos bioativos e a atividade antioxidante entre goiaba, mamão e manga, mostrou que a goiaba vermelha foi a fruta que mais se destacou, apresentando os teores mais elevados de compostos fenólicos. Esses compostos encontrados na goiaba são considerados antioxidantes, vasodilatadores e antimicrobianos. Além de defesa da planta em relação à luz, temperatura e umidade, possuem também funções relacionadas a fatores internos, como genética, nutrientes e hormônios (SILVA et al., 2010).

Segundo Nascimento (2006), do ponto de vista nutricional, a importância da presença

da goiaba e seus produtos como fonte de carotenóides na dieta, que são responsáveis pela sua atrativa coloração e que desempenham importante papel na saúde humana, pois contribuem para o fortalecimento do sistema imunológico e diminuição do risco de doenças degenerativas. Além da sua função como corante natural e ação antioxidante, alguns carotenóides, como o β -caroteno apresenta atividade pró vitamínica A.

2.6 FROZEN

Sorvetes ou gelados comestíveis são produtos alimentícios obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem adição de outros ingredientes e submetidas ao congelamento (SILVA et al., 2012). O *frozen* foi introduzido no mercado como uma nova opção de produtos lácteos em meados dos anos 70 e se tornou muito popular em diversos países do mundo devido à sua semelhança simultânea ao iogurte e ao sorvete convencional, passando a imagem de uma sobremesa gelada saudável, com excelente valor nutricional (KNUPP, 1979). É uma mistura coloidal aerada, um produto lácteo contendo espessantes e estabilizantes, de sabor doce, com um aceitável consumo nacional e internacional, assim como o sorvete, além de ser um produto saudável de vários sabores já comercializáveis em mercados. É considerado um iogurte gelado, mas possui características que podem classificá-lo como um sorvete a base de iogurte (ARAÚJO, 2011). Atualmente a legislação brasileira não dispõe de padrões específicos para *frozen*, assim sendo, utiliza-se o Regulamento técnico referente a gelados comestíveis (BRASIL, 1999a).

Os componentes químicos do sorvete geram vários parâmetros estruturais e sensoriais para aquisição de um produto final de qualidade, quanto à firmeza, oposição ao derretimento, textura, entre outras características, desta forma, os ingredientes escolhidos para a elaboração do sorvete é de suma importância para a definição dos atributos do produto final (GRANGER et al., 2005). Os carotenóides, por exemplo, possuem cadeia poliênica, constituída por um longo sistema de ligações duplas conjugadas, e devido à presença dessas insaturações sofrem facilmente oxidação, perda da cor, sensibilidade à luz, temperatura extrema e acidez portanto é necessária atenção ao processamento para que ocorra a conservação desses compostos. (MEWS et al., 2014).

Frozen yogurts podem ser produzidos de acordo com três técnicas básicas: método da acidificação direta, método da acidificação indireta e método da adição. Quando a técnica de acidificação direta é utilizada, uma mistura base de sorvete é inoculada com uma cultura láctica starter (*Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* na razão 1:1), incubada de 12 a 18 horas, resfriada, batida, congelada e armazenada sob temperatura de congelamento. A acidificação indireta envolve a combinação entre mistura base de sorvete e iogurte (iogurte natural ou leite fermentado), em proporções que variam de 5% a 70% dependendo da proporção de iogurte desejada, características de batimento, congelamento e armazenamento. O método da adição refere-se a incorporação da bactéria ácido-láctica antes

do congelamento sem nenhuma fermentação da mistura (SOUKOULIS; TZIA, 2008).

Segundo RODAS et al. (2001), essas bactérias lácticas estimulam-se mutuamente, complementando o crescimento uma da outra, no início da fermentação, o pH do leite favorece o desenvolvimento do *Streptococcus thermophilus*; com o aumento da acidificação, ou seja, do teor de ácido láctico a partir da lactose, crescem os *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* que são proteolíticos, obtêm aminoácidos a partir da caseína (glicina, histidina, valina) e ativam o crescimento dos estreptococos que, por sua vez, estimulam o crescimento dos lactobacilos, com a produção de ácido fórmico e gás carbônico.

De acordo com Renhe, Weisberg e Pereira (2015) o interesse do público pelos gelados comestíveis pode e deve ser usado como incentivo à abertura de uma discussão sobre o real papel do sorvete na alimentação. Analisando-se sua base láctea, o sorvete contém todas as propriedades nutritivas do leite, quando adicionado de frutas, o sorvete torna-se uma importante fonte de proteínas, vitaminas e minerais além disso, a adição de probióticos ao sorvete o torna um alimento ainda mais atrativo e com potencial para promover a saúde através de mecanismos não previstos na nutrição convencional.

É interessante observar também, que a maior parte dos produtos lácteos disponíveis no mercado é produzida com frutas de clima temperado (morango, ameixa, pêsego, etc.), no entanto, as frutas tropicais são reconhecidas por seus sabores exóticos, multiplicidade de formas e cores, além de apelo mercadológico diferenciado (ARAÚJO, 2011).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

O presente estudo foi desenvolvido nos laboratórios do Bloco C do Departamento Acadêmico de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus* Campo Mourão.

A goiaba tailandesa utilizada para a elaboração do sorvete foi obtida diretamente com um produtor da cidade de Taciba – SP, já o tomate italiano em um estabelecimento comercial de Regente Feijó – SP e o BRS Zamir orgânico, com produtor da cidade de Mandaguari – PR.

Os demais ingredientes utilizados para a elaboração do sorvete foram: leite pasteurizado (Vidativa); sacarose (Caravelas); leite em pó integral (Italac); creme de leite pasteurizado (Vidativa); espessante (mix de goma-guar); estabilizante super liga neutra (Selecta); glicose (Yoki); xarope de glucose (Mix); emulsificante (Emustab Selecta); cepas de *Lactobacillus acidophilus* (Chr. Hansen); cepas de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* (Sacco) e cepas de *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* (Sacco).

Durante a elaboração e caracterização do gelado foram utilizados diversos materiais e utensílios de uso recorrente em laboratórios, como béquer e vidrarias de medição volumétrica, tubos de digestão kjeldahl, balança semi-analítica (Shimadzu – UW620H), máquina produtora de sorvete (Fortfrio), liquidificador (M vithory- 3500 rpm), freezer doméstico (Electrolux), pHmetro de bancada (Gehaka- PG2000), refratômetro de bancada tipo Abbe (RTA – 100), bloco digestor (Tecnal – TE007MP), destilador de nitrogênio (Solab – SL 74), incubadora shaker refrigerada (Novatecnica - NT 715),

3.2 ELABORAÇÃO DO SORVETE

Os sorvetes foram preparados seguindo as etapas indicadas na Figura 4, quanto as formulações foram executadas conforme a composição da Tabela 1. As proporções de geléia de goiaba e polpa de tomate utilizados nos tratamentos foram 2:1, 1:1 e 1:2, para o tomate italiano (de 1 a 3) e para o BRS Zamir (de 4 a 6), respectivamente.

3.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LICOPENO NAS FRUTAS SELECIONADAS E NAS AMOSTRAS

Para a extração do licopeno, foi aplicada a metodologia de Fish, Veazie e Collins (2002) adaptada consoante a Figura 5. O teor de licopeno foi definido de acordo com as relações das Figura 8 e Figura 9 (Apêndice B).

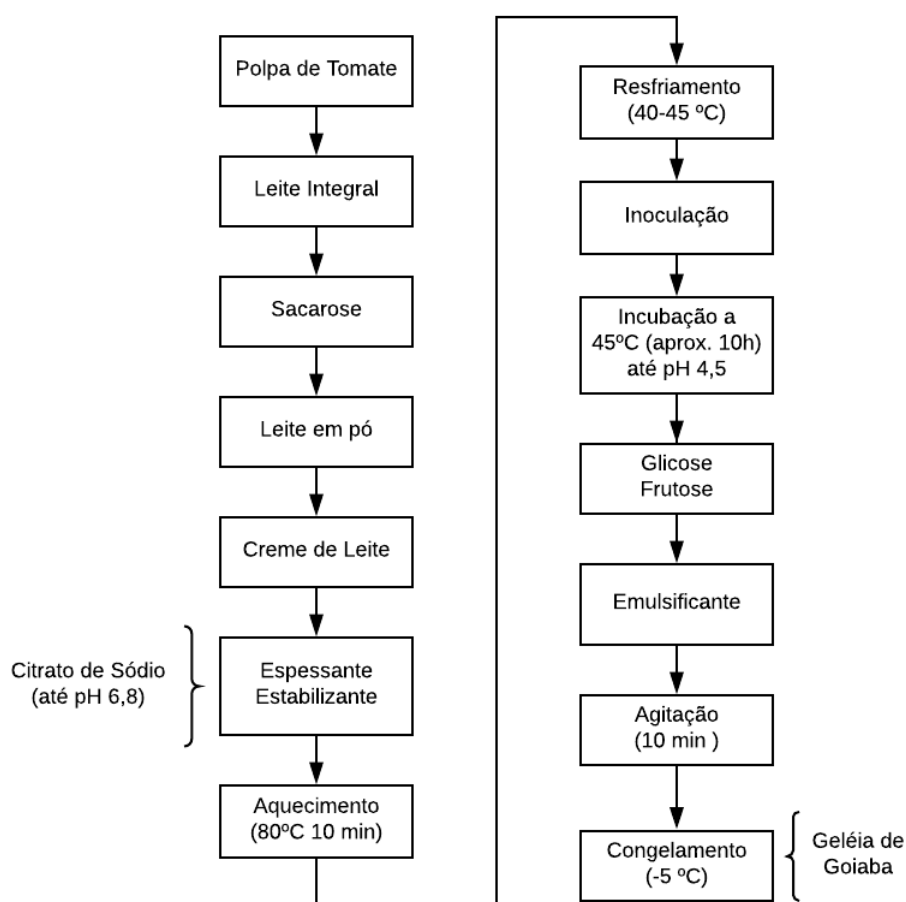


Figura 4 – Fluxograma de Elaboração do Sorvete

Fonte: Autoria Própria

Tabela 1 – Composição das formulações.

	Formulação 1	Formulação 2	Formulação 3
Polpa de tomate	400 g	600 g	800 g
Leite pasteurizado	940 g	840 g	750 g
Sacarose	140 g	120 g	110 g
Leite em pó	120 g	115 g	100 g
Creme de leite pasteurizado	280 g	250 g	220 g
Espessante	8 g	7,2 g	6,4 g
Estabilizante	8 g	7,2 g	6,4 g
Cultura*	100 mL	100 mL	100 mL
Glicose	110 g	99 g	90 g
Xarope de glicose	70 g	63 g	60 g
Emulsificante	20 g	20 g	20 g
Polpa de goiaba	800 g	600 g	400 g
Sacarose	400 g	300 g	200 g

*Cepas de *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* e cepas de *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*. F1, F2 e F3 elaboradas com tomate italiano e F4, F5 e F6 com o tomate BRS Zamir.

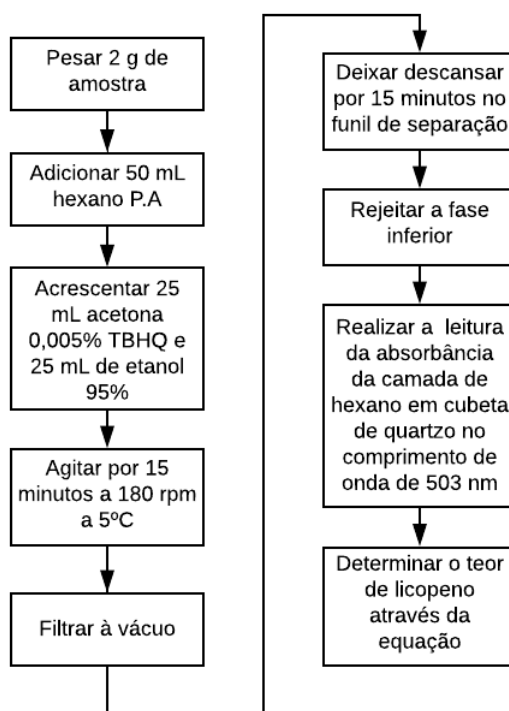


Figura 5 – Fluxograma da Metodologia de Extração do Licopeno

Fonte: Autoria Própria

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS SORVETES

3.4.1 Análises Físico-Químicas

Para caracterização do produto final, foram realizadas as seguintes análises: determinação de pH, Acidez titulável, Sólidos solúveis e Teor de proteína conforme as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), todas em triplicata garantindo maior exatidão nos resultados.

Enquanto a densidade aparente, foi determinada utilizando os métodos propostos por Muse e Hartel (2004) e o teste de derretimento descrito por Granger et al. (2005) adaptado.

3.4.1.1 Análise de pH

Pesou-se 10g da amostra e diluiu-se em 100 mL de água destilada e foi homogeneizado. Determinou-se o pH com potenciômetro calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

3.4.1.2 Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada pela titulação de hidróxido de sódio 0,1 mol/L utilizando fenolftaleína como indicador. Posteriormente, calculou-se conforme a Equação 3.1:

$$\% \text{ acidez em solução } \left(\frac{m}{v} \right) = \frac{(V \times f \times M \times 100)}{P} \quad (3.1)$$

Onde: V é volume gasto de hidróxido de sódio gasto na titulação, f é o fator de correção da solução de hidróxido de sódio, M é a molaridade da solução de hidróxido de sódio e P é a massa da amostra em gramas.

3.4.1.3 Sólidos solúveis totais

Primeiramente homogeneizou-se a amostra, foi medida a temperatura e então transferidas cerca de 2 gotas para o prisma do refratômetro. O grau Brix foi anotado e posteriormente corrigido, pois a temperatura ambiente era de aproximadamente 22°C.

3.4.1.4 Determinação do teor de proteína

Foi utilizado o método de MicroKjeldahl, onde em tubos de digestão identificados, foi adicionado 0,1 g de amostra, 1,0 g de mistura catalítica e 5 mL de ácido sulfúrico P.A. Posteriormente, esses tubos foram levados para aquecimento no bloco digestor, a temperatura foi aumentada gradativamente até 400°C e após atingi-la, aguardou-se cerca de 4h para completar a digestão.

Com as amostras digeridas em temperatura ambiente, foram acrescentados 10 mL de água destilada em cada tubo. Em um erlenmeyer de 125 mL, adicionou-se 15 mL de ácido bórico e 4 gotas de indicador e agitou-se. Com cada tubo encaixado no destilador, a amostra foi neutralizada com solução de NaOH 40% e destilada até obter 75,0 mL de destilado.

O destilado foi titulado gota a gota, com HCl 0,1 mol/L até a mudança de cor da solução. O fator de conversão proteico utilizado foi 6,38, que segundo Instituto Adolfo Lutz (2008) é o fator de conversão de nitrogênio em proteína para o leite.

3.4.1.5 Taxa de derretimento

Para determinar o ponto de derretimento, foi empregada a metodologia de Granger et al. (2005) adaptada. Foram pesados 100g de cada formulação e colocados sobre uma tela com abertura de 0,5 cm em um suporte com um béquer de vidro abaixo, este béquer estava em cima de uma balança semi-analítica, onde coletava a amostra à medida que ocorria o derretimento. Foi anotado o peso a cada dez minutos durante noventa minutos, A temperatura ambiente não foi controlada, porém foi acompanhada, com média de 24,5°C.

3.4.1.6 Densidade aparente – *Overrun*

Overrun determina a quantidade de ar incorporado durante o batimento da calda, atribuindo leveza e aumentando o volume do produto final.

Para determinação do overrun foi medido o volume da base antes de ir para a sorveteira e posteriormente ao congelamento e aeração do sorvete de acordo com Segall e Goff (2002), foi calculado através da Equação 3.2:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{(V_{\text{sorvete}} - V_{\text{base}})}{(V_{\text{base}})} \times 100 \quad (3.2)$$

3.4.2 Análises Microbiológicas

Para assegurar a sanidade do produto, foram realizadas as análises microbiológicas conforme as determinações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), segundo a resolução RDC nº 12, de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001) para amostras de sorvete. Foi feita a contagem de Coliformes a 45°C, presença de *Salmonella* ssp. e Estafilococos Coagulase Positiva em conformidade com a categoria do produto. Todas as análises foram executadas em triplicata para garantir a precisão dos resultados.

Tabela 2 – Padrões microbiológicos para gelados comestíveis

Coliformes a 45°C	Estafilococos coagulase positiva	Salmonella ssp
NMP/mL 5x10	UFC g/mL 5x10 ²	Ausencia em 25g

Fonte – RDC nº 12, de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001)

3.4.2.1 Coliformes a 45°C e *Salmonella* ssp.

Para a análise de Coliformes a 45°C e *Salmonella* ssp, foi utilizado o ágar VRB glucosado, que é aplicado na detecção de *Enterobacteriaceae*, que são bactérias fermentadoras de glicose, grupo do qual as bactérias de interesse estão inclusas. A diluição 10⁻¹ foi inoculada por semeadura em profundidade utilizando a técnica Pour Plate. As placas foram incubadas por 24h a 36±1 °C.

3.4.2.2 Estafilococos Coagulase Positiva

Foi utilizada a metodologia de contagem direta em placas, onde após a diluição e homogeneização das amostras, as devidas diluições foram plaqueadas também pela técnica Pour Plate e incubadas por 48h a 36±1 °C.

3.4.3 Digestão *in vitro*

Foi utilizada a metodologia de Oomen et al. (2003), incorporando adaptações propostas por Failla e Chitchumronchokchai (2005) e ainda com alguns ajustes. Pesou-se 10 g da amostra de cada tomate em temperatura ambiente em erlenmeyers de 125 mL, as amostras foram pesadas em duplicata. Todas as soluções de enzima foram utilizadas até no máximo 24 horas

após o seu preparo. A simulação foi executada em incubadora shaker com agitação mecânica para simular os movimentos peristálticos. A simulação foi contínua de forma que o volume de trabalho foi aumentando gradativamente a partir da amostra inicial.

3.4.3.1 Fase oral

Adicionou-se 5 mL da solução saliva em cada erlenmeyer, essa solução é composta por 0,2% de α -amilase e solução tampão fosfato de sódio. Foi-se transferidos para a incubadora shaker a 100 rpm, por 10 minutos a 37°C.

3.4.3.2 Fase gástrica

Após a retirada da incubadora, ajustou-se o pH para 2 e foram adicionadas 12 mL da solução gástrica, composta por 0,9 g NaCl e 0,3 g de pepsina com o pH corrigido para 3 com HCl 1 mol/L. Em seguida os erlenmeyers foram novamente incubados por 60 minutos, nas mesmas condições anteriores.

3.4.3.3 Fase intestinal

Nessa fase, o pH foi ajustado para $5,5 \pm 0,2$ com NaOH 1 mol/L e acrescentou-se a solução intestinal, constituída de 0,1 g de pancreatina, 0,3 g de sais biliares em 100 mL de tampão fosfato de sódio. Novamente o pH foi ajustado, agora para $7,0 \pm 0,2$, com adição de NaOH 1 mol/L. Os erlenmeyers foram incubados por 120 minutos sob as mesmas condições descritas previamente. Decorrido o tempo, os tubos foram mantidos em banho de gelo a fim de inibir a ação enzimática.

3.4.3.4 Preparo da fração micelar

As amostras provenientes da fase intestinal, foram então transferidas para tubos tipo Falcon, e centrifugadas a 4500 rpm por 5 minutos a 4°C, a fração solúvel foi transferida para novos tubos e identificadas.

3.4.3.5 Extração da fração micelar

A partir da fração micelar, separou-se 4 mL da fração solúvel e juntou-se 2 mL de hexano, 1 mL de acetona e 1 mL de etanol 0,1% TBHQ e foi levado a centrifuga a 4500 rpm por 2 minutos a 4°C. Em seguida, foi reextraída a fase polar em 2 mL de hexano 0,1% TBHQ e mais uma vez centrifugada a 4500 rpm por 2 minutos a 4°C. Foi separada através de funil de separação e realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 503 nm. A bioacessibilidade foi calculada pela razão entre a quantidade de carotenoides nas micelas e a quantidade presente na amostra inicial no momento do ensaio, que é denominada eficiência de micelarização, conforme Equação 3.3:

$$\text{Eficiência de micelarização (\%)} = \frac{\text{Licopeno na fração micelar}}{\text{Licopeno na matriz}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.5 ANÁLISE SENSORIAL

Por meio da análise sensorial, as características ou propriedades de interesse relativas à qualidade sensorial do alimento foram identificadas e adequadamente estudadas, com base em metodologias sensoriais de coleta de dados e em métodos estatísticos de avaliação e interpretação dos resultados do estudo sensorial desse alimento (MINIM, 2010).

O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética de Pesquisas com seres humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pelo Portal Plataforma Brasil com o número do Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE): 02027012.3.0000.0092.

Os testes foram conduzidos no laboratório de Análise Sensorial da universidade, sala 103, bloco C, durante o período da tarde com sessenta provadores não treinados abordados no próprio campus, foram apresentadas as devidas instruções acompanhadas das amostras codificadas com três dígitos e das fichas.

Foram apresentadas aos avaliadores, porções de aproximadamente 15 a 20 g de sorvete em copos transparentes, agrupados em três amostras junto com uma ficha, repetindo esse processo com as demais amostras. Em todas as condições de teste o avaliador recebeu uma ficha para julgamento em relação à aceitação do produto e intenção de compra, consoante a Figura 7.

A aceitação foi realizada de acordo com a escala hedônica que é de fácil entendimento e consiste no consumidor expressar sua aceitação pelo produto em uma escala de preferência. A escala utilizada foi a de nove pontos, seguindo de 9 para "gostei extremamente" até 1 para "desgostei extremamente".

Já o teste de intenção de compra manifesta o desejo do avaliador em comprar o produto que lhe foi oferecido. Foi utilizada uma escala de cinco pontos, variando de 5 para "certamente compraria" até 1 para "certamente não compraria".

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias agrupadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade por meio do software Statistica.

4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises físico-químicas das amostras de sorvete elaboradas.

Tabela 3 – Resultados das características físico-químicas dos sorvetes elaborados com goiaba *Psidium guajava* L. e tomates *Lycopersicon esculentum* Mill. (F1, F2 e F3) e BRS Zamir (F4, F5 e F6)

Parâmetros	F1	F2	F3	F4	F5	F6
pH	3,91±0,04a	3,80±0,02b	3,87±0,05ab	3,91±0,02a	3,90±0,06ab	3,74±0,04bc
Acidez total titulável (%)	0,17±0,01abc	0,17±0,01abc	0,16±0,01abc	0,17±0,01abc	0,15±0,01ac	0,18±0,01ab
Sólidos soluveis	32±0,8a	31±0,5a	30±0,5a	31±0,5a	28±0,8b	27±0,5b
Teor de proteína (%)	3,96±0,7a	3,41±0,4a	3,91±0,6a	3,15±0,5a	2,95±0,4a	3,41±0,8a

Resultados expressos pela média de três repetições ± desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Nesse estudo, os valores de pH e acidez variaram de 3,91 a 3,74 e de 0,18 até 0,16, respectivamente, conforme representado na Tabela 3.

A legislação não dispõe de valores de referência para acidez titulável e pH, porém a determinação da acidez do leite é usualmente utilizada para controle de qualidade (BRASIL, 2002). De acordo com Correia et al. (2008), tanto o pH quanto a acidez titulável são características influenciadas pela fruta utilizada na formulação, sorvetes de fruta comumente possuem acidez diferenciada em relação a sorvetes de chocolate ou creme por exemplo. Ainda sobre a acidez titulável, segundo Vanin (2015), é um parâmetro importante utilizado como padrão para classificar as polpas para a concepção de produtos à base de frutas, e é determinada pelos ácidos majoritários nas frutas e o seu nível de maturação.

Rosa et al. (2012) encontrou em tomates do tipo italiano, pH em média de 4,5, enquanto Gouveia et al. (2004) constatou nos seus estudos que o pH em goiaba da variedade Paluma 3,9, ainda Abreu et al. (2019) encontraram em iogurte probiótico de leite de vaca adicionado de polpa de goiaba o pH de 3,98. Logo, com o caráter ácido das frutas em conjunto com a conversão da lactose em ácido láctico pela fermentação, é natural que os sorvetes sejam mais ácidos, sendo assim boas opções para o preparo de *frozen*, visto que a acidez colabora contra o desenvolvimento de microrganismos, aumentando assim a vida de prateleira.

Os sólidos solúveis variaram de 27 a 32 °Brix, estando de acordo com a legislação que exige o mínimo de 26 °Brix para sorvetes (BRASIL, 2002). Ainda, Carvalho, Asquiere e Damiani (2018) encontraram em sorvete utilizando apenas polpa e polpa com a geléia de sapota, 29,57 e 34,53 °Brix, respectivamente, constata-se que a adição de geléia realmente eleva os valores como apresentado nas formulações F1 e F4. Ademais, as várias fontes de açúcar presentes no

frozen podem ser responsáveis por aumentar o °Brix.

Os sólidos solúveis das polpas dos frutos possuem compostos importantes como açúcares e ácidos orgânicos, responsáveis pelo sabor e pela aceitação, sendo de grande importância para o processamento industrial, os altos teores dos sólidos solúveis na matéria-prima ajudam a reduzir a quantidade de açúcares adicionados, o tempo de evaporação da água e o gasto de energia, tendo rendimento maior do produto final (LIMA, 2012).

Os teores de proteína encontrados nas formulações divergem de 2,95 a 3,96%, não houve diferença significativa no teor de proteína em nenhuma das formulações, logo segue a linha de outros sorvetes a base de frutas e ainda se encontram dentro da legislação, que tem como mínimo 2,5%. Correia et al. (2008) observaram em sorvetes de leite de vaca e de leite de cabra, ambas com adição de polpa de goiaba, encontraram teores de proteínas de 3% e 4%, já Morzelle et al. (2012) ao avaliarem sorvetes a base de frutos do cerrado, obtiveram valores inferiores ao desse estudo, com 2,16% a 2,86% para araticum e pequi, respectivamente.

De acordo com Pérez-Jiménez e Saura-Calixto (2006), quando a fruta é misturada com a proteína do leite, várias interações são possíveis. Interações entre polifenóis e proteínas podem levar a formação de complexos polifenóis-proteínas, e esta complexação pode resultar em efeitos como a estabilidade do leite no aquecimento e sinergia na capacidade antioxidante.

4.2 TAXA DE DERRETIMENTO

A aparência do sorvete à medida que ele derrete é extremamente importante na percepção global do consumidor quanto a qualidade do produto. Além disso, a observação do processo de derretimento pode trazer informações quanto a outros fatores de variação da qualidade, tais como estabilidade da proteína, aglomeração de gordura etc., que afetam a cremosidade, suavidade e riqueza do sorvete. Por isto, a devida observação do comportamento do sorvete no processo de derretimento merece grande atenção em um programa de garantia de qualidade (BRAGANTE, 2010).

Segundo Muse e Hartel (2004), o tamanho dos cristais de gelo tem grande influência sobre a resistência ao derretimento e sorvetes com cristais de gelo maiores derretem mais rápido, assim, a desestabilização da gordura e o tamanho dos cristais a partir de diferentes formulações, agem ao lado da consistência do sorvete.

O comportamento do derretimento é apresentada na Figura 6, este parâmetro indica a quantidade de sorvete derretido versus o tempo. Com base na figura, é possível observar que as formulações 3 e 6, com maior teor de polpa de tomate, apresentaram ponto de derretimento mais lento, derretendo aproximadamente 54% e 53%, respectivamente, da massa total ao longo dos 90 minutos. A tendência do derretimento seguiu-se com as formulações 1 e 4, que derreteram 75% e 73%, e ainda com a 2 e 5 com 71% e 68% de taxa de derretimento.

Segundo Estumano e Melo (2011) o derretimento ideal deve ocorrer entre 10 a 15min,

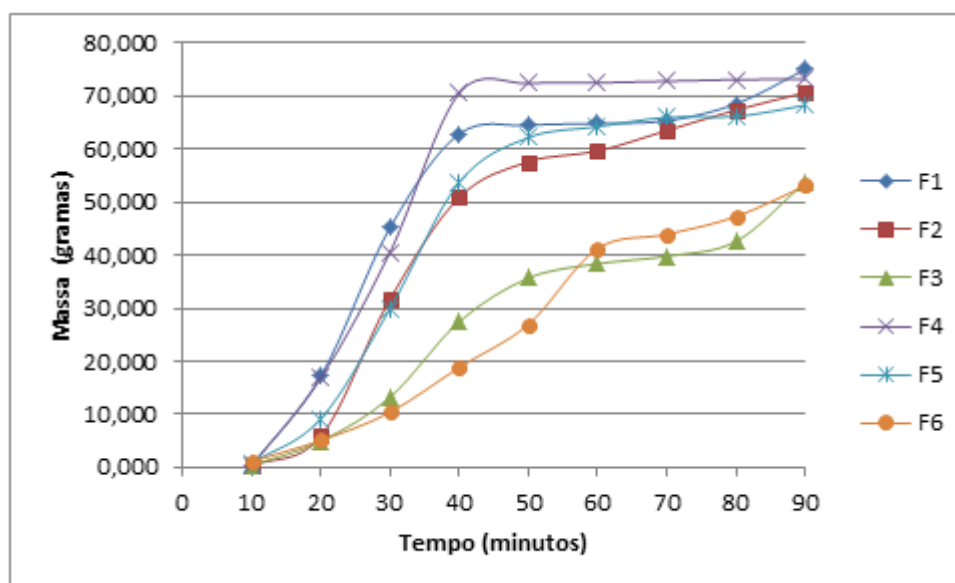


Figura 6 – Taxa de derretimento das diferentes formulações
Fonte: Autoria Própria

em temperatura ambiente de 25 a 30°C, com a formação de um líquido homogêneo, com boa fluidez, parecido com a calda antes do congelamento e com pouca espuma, pode-se observar através da Figura 6 que todas as formulações obtiveram derretimento crescente nos 20 primeiros minutos, o líquido resultante também atendeu aos requisitos, sendo homogêneo e sem espuma, como a mistura inicial.

4.3 DENSIDADE APARENTE - OVERRUN

Tabela 4 – Densidade aparente das formulações.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Overrun (%)	43,48	37,50	60,98	46,67	40,43	57,14

Goncalves e Eberle (2009) encontraram em *frozen* probiótico valores de *overrun* baixos, 4,33% e 19,56%, Sofjan e Hartel (2004) estabeleceram o valor mínimo de 20% de *overrun* para sorvetes. Todas as amostras apresentaram *overrun* acima do mínimo estabelecido, porém as amostras 3 e 6 obtiveram valores maiores, garantindo cremosidade e rentabilidade. Já F1 e F2 apresentaram porcentagem de incorporação de ar um pouco menores, seguidas por F5 e F6.

No trabalho de Sofjan e Hartel (2004) foi demonstrado que sorvetes com 80% de *overrun* derretem mais rapidamente que sorvetes com *overrun* acima de 100%. A explicação dada para esta constatação é de que existe uma diferença na transferência de calor devido à presença de ar. O ar é um bom isolante térmico e reduz a taxa de transferência de calor para os sorvetes que apresentavam maior quantidade de ar (maior *overrun*).

Conforme Estumano e Melo (2011), o congelamento na máquina produtora deve ser rápido, enquanto a mistura é agitada, para incorporar ar e evitar a formação de cristais de gelo, esse processo bem feito faz com que o sorvete fique suave no corpo e na textura, tenha bom sabor e bom *overrun*.

As proteínas são de grande importância para a qualidade do sorvete, pois influencia no batimento, emulsificação e melhoram a estrutura (QUEIROZ et al., 2009). Contribuem também nas propriedades funcionais tais como a interação com outros estabilizantes, estabilização da uma emulsão depois da homogeneização, contribuição para a formação da estrutura do gelado e capacidade de retenção de água, que melhora viscosidade da mistura. Podem contribuir também para o aumento do tempo de derretimento do sorvete e para redução de formação do gelo (SOUZA et al., 2010).

4.4 LICOPENO

Tabela 5 – Teor de licopeno nos frutos.

	Teor de Licopeno ($\mu\text{g/g}$)
Tomate BRS Zamir	150,92a
Tomate Italiano	83,19b
Goiaba Tailandesa	41,20c

Valores seguidos por letras distintas diferem entre si significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Maruyama et al. (2015) em seu estudo quantificou o licopeno em tomates do tipo BRS Zamir e Italiano e encontrou $144,02 \mu\text{g/g}$ e $28,73 \mu\text{g/g}$, respectivamente. Foi possível notar que enquanto o BRS Zamir se aproxima muito dos valores encontrados nesse ensaio, o teor de licopeno para o tomate italiano obteve um valor maior, porém ainda dentro do proposto pela EMBRAPA (2013) que é um intervalo de 40 a $90 \mu\text{g}$, essa variação pode ser consequência de fatores como a maturação do fruto, tipo de cultivo, manejo pós colheita e armazenamento. Rosa et al. (2012) encontrou em tomates de diferentes cultivares, do tipo italiano sob manejo orgânico, valores entre $40,31$ a $62,91 \mu\text{g/g}$, pode-se constatar que tanto o cultivo quanto o cultivar são fatores que influenciam a concentração de licopeno.

Oliveira et al. (2011) encontraram na goiaba Paluma, uma das mais ricas em licopeno, $69,99 \mu\text{g/g}$, já Clareto (2007) encontrou na mesma goiaba, mas por processo de microfiltração $80,54 \mu\text{g/g}$ de licopeno, como a goiaba do referente estudo foi a Tailandesa, era esperado a menor concentração.

A Tabela 6 apresenta os teores de licopeno nos sorvetes no dia do seu preparo e dez dias depois. Foi possível notar que não houveram diferenças significativas na maioria das amostras, essa diferença só ocorreu no teor de licopeno na amostra F3, esse declínio pode ser devido a degradação do licopeno pela exposição à luz e ao oxigênio.

Tabela 6 – Teor de licopeno nos sorvetes.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Dia 1 ($\mu\text{g/g}$)	21,62a	55,48a	68,05a	60,09a	64,30a	78,35a
Dia 10 ($\mu\text{g/g}$)	18,10a	48,26b	60,96b	54,77a	58,92a	76,08a

Valores seguidos pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Barankevicz et al. (2015) observou variações nos teores de licopeno em duas variedades de tomates híbridos, durante o congelamento de suas polpas, enquanto o Granadero apresentou crescimento linear, o cultivar Tinto apresentou crescimento até o 22^o dia, quando começou a reduzir, a diferença observada do comportamento da polpa para o *frozen* ocorreu em virtude da matriz alimentar que por ser mais complexa, ocasionou comportamento distinto do licopeno. Segundo Rodriguez-Amaya et al. (2001), em um mesmo alimento diferenças qualitativas e especialmente quantitativas, no teor de carotenoides, ocorrem como resultado de fatores como cultivar e parte da planta amostrada.

Ainda não se sabe a quantidade exata da ingestão diária de licopeno recomendada, estudos epidemiológicos podem trazer informações importantes sobre os níveis de licopeno que se pode utilizar, ainda que não se tenha alcançado uma dose padrão por conta da grande variedade de concentração de licopeno em suas diversas fontes (COSTA; MATIAS, 2015). Em estudo brasileiro realizado no Rio Grande do Sul com 43 pacientes que apresentavam hiperplasia benigna da próstata, foram analisadas as mudanças ocorridas após a ingestão de licopeno. Esses indivíduos foram submetidos à ingestão diária de 50 g de extrato de tomate, uma vez por dia, durante 10 semanas consecutivas. Os níveis de antígeno prostático específico (PSA, do inglês Prostate-Specific Antigens) foram analisados antes, durante e posteriormente o consumo de extrato de tomate e houve uma diminuição de 10,77% no PSA. Este foi um estudo piloto, não controlado, não randomizado, portanto, sua validade na escala de evidências é considerada baixa, porém, extremamente útil para a viabilização de outros estudos com boa qualidade metodológica (EDINGER; KOFF, 2006).

4.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Todas as amostras de sorvete apresentaram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação RDC nº 12/2001, salientando que todas as formulações estavam aptas a serem consumidas e que toda a elaboração e armazenamento seguiram as boas práticas, conforme indica a Tabela 7.

Kanbakan, Con e Ayar (2004) estudaram as fontes de contaminação microbiológica de sorvete durante o processamento e constataram que a higiene pessoal, uso prolongado de equipamento em temperaturas inadequadas de congelamento, treinamento de pessoal em Boas Práticas de Fabricação e aplicação do Sistema de Análise de Pontos Críticos de Controle APPCC são pontos importantes no controle sanitário na indústria de sorvete.

Tabela 7 – Resultados das análises microbiológicas nas formulações de sorvete.

Formulações	Coliformes a 45 ^o C	Estafilococos coagulase positiva	Salmonella ssp
F1	<10	<10	Ausência
F2	<10	<10	Ausência
F3	<10	<10	Ausência
F4	<10	<10	Ausência
F5	<10	<10	Ausência
F6	<10	<10	Ausência

4.6 DIGESTÃO IN VITRO

Segundo Donhowe e Kong (2014), bioacessibilidade se refere ao carotenoide ingerido que é liberado da matriz alimentar e incorporado às micelas no trato gastrointestinal e portanto disponível para absorção intestinal. A partir do conhecimento da fisiologia digestiva humana, os modelos de digestão *in vitro* foram desenvolvidos com o objetivo de estudar, através da simulação das condições gastrointestinais, as alterações estruturais, a digestibilidade e a liberação de compostos presentes nos alimentos. A absorção de carotenoides envolve a liberação de carotenoides da matriz alimentar, difusão e emulsificação lipídica, solubilização em lipases pancreáticas e sais biliares e formação de micelas misturadas, movimentação através dos microvilos e captação dos carotenoides pelas células da mucosa intestinal, incorporadas nos quilomícrons e entrada no sistema linfático e circulação (FAILLA; CHITCHUMRONCHOKCHAI, 2005).

A Tabela 8, indica os resultados de biodisponibilidade do licopeno, foi possível observar que o tomate BRS Zamir apresenta biodisponibilidade muito superior.

Tabela 8 – Resultados de bioacessibilidade das amostras de tomate.

Amostra	Concentração na micela ($\mu\text{g/g}$)	Bioacessibilidade (%)
Tomate Italiano	1,47	1,77
Tomate BRS Zamir	5,41	3,58

Concentração de licopeno na matriz: Tomate BRS Zamir: 150,92 $\mu\text{g/g}$ e Tomate Italiano: 83,19 $\mu\text{g/g}$

Pode-se observar que o tomate italiano apresentava menor teor de licopeno, todavia a sua biodisponibilidade foi baixa, isso pode ter ocorrido devido a maior concentração de água na polpa deste tomate, que pode ter prejudicado a extração do carotenóide da matriz, em virtude do caráter hidrofóbico que estes compostos possuem, viabilizando sua permanência no interior dos cromoplastos. Perante o tomate BRS Zamir, a biodisponibilidade foi mais que duas vezes maior, o seu teor de licopeno já é maior na matriz e a sua concentração influi na biodisponibilidade. Constant et al. (2016), encontraram a eficiência de micelarização de 2,22% em suco integral de melancia, enquanto Kohlmeier et al. (1997) obteve em seus estudos 5% em tomate cru, logo os valores encontrados no presente estudo são muito promissores.

4.7 ANÁLISE SENSORIAL

4.7.1 Aceitação Global

Tabela 9 – Descrição das notas atribuídas pelos avaliadores para aceitação global.

Avaliador	F1	F2	F3	F4	F5	F6
1	7	8	6	9	8	6
2	7	7	7	8	8	5
3	5	7	5	5	6	3
4	8	9	9	6	7	3
5	5	6	5	8	7	4
6	6	7	6	9	6	6
7	7	7	6	8	7	7
8	6	7	6	7	6	5
9	6	8	7	8	6	2
10	9	8	8	5	7	5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	9	9	7	7	6	5
Média	7,08	7,03	5,85	7,48	6,71	4,90

Por meio da Análise de variância (ANOVA) obteve-se um p-valor menor que 0,05. Portanto as formulações F1, F2 e F3, obtidas a partir do Tomate Italiano, diferem entre si à um nível de significância de 5% em relação à aceitação global, então aplicou-se o teste de Tukey, conforme a Tabela 10:

Tabela 10 – Aceitação global das formulações preparadas a partir do Tomate Italiano.

Amostras	Aceitação global
F1	7,08a
F2	7,03a
F3	5,85b

Amostras seguidas por letras iguais não diferem entre si, em relação a sua aceitação global (p-valor < 0,05).

As amostras de sorvete diferem entre si à um nível de significância de 5% em relação a aceitação global, logo, dentre as 3 formulações do Tomate Italiano, a formulação F1 foi melhor aceita entre os avaliadores.

Por meio da Análise de variância (ANOVA) obteve-se um p-valor menor que 0,05. Portanto as formulações F4, F5 e F6, obtidas a partir do Tomate BRS Zamir, diferem entre si à um nível de significância de 5% em relação à aceitação global, então aplicou-se o teste de Tukey, de acordo com a Tabela 11:

As amostras de sorvete diferem entre si à um nível de significância de 5% em relação a aceitação global, logo, dentre as 3 formulações do Tomate BRS Zamir, a formulação F4 foi melhor aceita entre os avaliadores.

Tabela 11 – Aceitação global das formulações preparadas a partir do Tomate BRS Zamir.

Amostras	Aceitação global
F4	7,48a
F5	6,71b
F6	4,90c

Amostras seguidas por letras iguais não diferem entre si, em relação a sua aceitação global (p-valor < 0,05).

4.7.2 Intenção de compra

Tabela 12 – Descrição das notas atribuídas pelos avaliadores para intenção de compra.

Avaliador	F1	F2	F3	F4	F5	F6
1	5	5	3	5	1	1
2	3	4	5	4	3	2
3	4	4	5	4	5	1
4	4	3	5	2	3	2
5	4	3	5	5	5	5
6	3	3	4	3	4	1
7	3	4	1	4	4	2
8	4	3	2	2	1	1
9	5	3	3	4	1	5
10	3	1	1	5	1	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	4	4	4	5	4	1
Média	3,83	3,63	2,91	4,08	3,45	2,13

Por meio da Análise de variância (ANOVA) obteve-se um p-valor menor que 0,05. Portanto as formulações F1, F2 e F3, obtidas a partir do Tomate Italiano, diferem entre si à um nível de significância de 5% em relação à intenção de compra, então aplicou-se o teste de Tukey, consoante a Tabela 13:

Tabela 13 – Intenção de compra das formulações preparadas a partir do Tomate Italiano.

Amostras	Intenção de compra
F1	3,83a
F2	3,63a
F3	2,91b

Amostras seguidas por letras iguais não diferem entre si, em relação a sua aceitação global (p-valor < 0,05).

As amostras de sorvete diferem entre si à um nível de significância de 5% em relação a intenção de compra, logo, dentre as 3 formulações do Tomate Italiano, a formulação F1 foi a que apresentou maior intenção de compra entre os avaliadores.

Por meio da Análise de variância (ANOVA) obteve-se um p-valor menor que 0,05. Portanto as formulações F4, F5 e F6, obtidas a partir do Tomate 2, diferem entre si à um nível de significância de 5% em relação à intenção de compra, então aplicou-se o teste de Tukey, como indica a Tabela 14:

Tabela 14 – Intenção de compra das formulações preparadas a partir do Tomate BRS Zamir.

Amostras	Intenção de compra
F4	4,08a
F5	3,45b
F6	2,13c

Amostras seguidas por letras iguais não diferem entre si, em relação a sua aceitação global (p-valor < 0,05).

Por conseguinte, conclui-se que as formulações com maior aceitabilidade e consequentemente maior intenção de compra foram as com menor concentração de tomate e maior de geléia de goiaba, isso expressa a preferência dos avaliadores por produtos mais doces, com o sabor de goiaba mais presente. É possível notar também que o tomate BRS Zamir apresentou maior aceitação, isso corrobora a preferência por produtos mais doces, visto que esse tomate possui o sabor mais adocicado.

5 CONCLUSÃO

A produção do sorvete enriquecido com licopeno foi tecnicamente possível, visto que duas das formulações elaboradas obtiveram boa aceitabilidade e intenção de compra dos avaliadores, tornando viável sua produção.

Quanto as características físico-químicas, os quesitos analisados apresentaram-se convenientes, adequando-se a legislação pertinente, porém o *overrun* é um item interessante para futuras análises utilizando outro equipamento para congelamento do sorvete, objetivando obter maior incorporação do ar, já que esse é um parâmetro de grande importância na qualidade do produto final.

No que se refere aos padrões microbiológicos, todas as formulações foram condizentes com a legislação, indicando boas condições de higiene e constatando a sanidade das amostras para os avaliadores durante a análise sensorial.

Perante aos teores de licopeno, foi evidenciado que apesar dos processos térmicos, o carotenóide se comportou de maneira satisfatória, apresentando boa concentração nos sorvetes.

A biodisponibilidade encontrada nos tomates foi muito satisfatória, principalmente no tomate BRS Zamir. No entanto, ainda são necessárias pesquisas quanto a quantidade de ingestão de licopeno para efetivamente contribuir para a saúde, todavia o sorvete enriquecido com licopeno vem a ser uma boa opção para o consumo desse carotenóide.

6 AUXÍLIO

Foram elaboradas seis formulações de sorvete, englobando a goiaba e um tipo de tomate, em diferentes proporções, todas as amostras foram caracterizadas de acordo com suas propriedades físico-químicas (pH, acidez total, sólidos solúveis e teor de proteínas) e reológicas (taxa de derretimento e *overrun*). Foi comprovado que o teor de licopeno do tomate BRS Zamir é superior e mais bioacessível do que no tomate italiano. A produção é tecnicamente possível, visto que todas as formulações atenderam aos requisitos da legislação conveniente e apresentaram bom comportamento durante armazenagem no período de estudo, e ainda duas das formulações foram bem aceitas sensorialmente. Há ainda a possibilidade de estudos em relação a uma formulação otimizada proporcionando maiores possibilidades de pesquisas.

A alimentação funcional é um nicho atual e em constante desenvolvimento, tendo em vista que a nutrição pode ser aliada a questões do campo clínico, pode-se associá-la a prevenção, evolução e até surgimento de algumas neoplasias. Nesse contexto, estudos apontam que a inclusão do licopeno, devido ao seu caráter antioxidante, demonstra ser uma estratégia próspera para prevenção do câncer de próstata, já que sua concentração no tecido prostático garante um efeito de proteção. Mesmo que seja necessários maiores estudos relacionados a ingestão diária desse carotenoide, o sorvete enriquecido é uma boa opção para o consumo desse carotenoide.

REFERÊNCIAS

- ABIS. Brasil: Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes, 2018. Produção e consumo de Sorvetes no Brasil. Disponível em: <http://www.abis.com.br/estatistica_producaoconsumodesorvetesnobrasil.html>. Acesso em: 15 out. 2019. Citado na página 13.
- ABREU, Amanda Kelle Fernandes de et al. Elaboração de iogurte probiótico de leite de cabra adicionado de polpa de goiaba. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, 2019. Citado na página 34.
- AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria Comércio, 2018. Citado na página 24.
- ANNUNZIATA, Azzurra; VECCHIO, Riccardo. Functional foods development in the european market: A consumer perspective. **Journal of Functional Foods**, Elsevier, v. 3, n. 3, p. 223–228, 2011. Citado na página 19.
- ARAÚJO, Aline Lúcia. Elaboração e aceitação de frozen yogurt sabor frutos do cerrado. Goiás, p. 30, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 26.
- BARANKEVICZ, Gizele B et al. Physical and chemical characteristics of tomato hybrids pulp during frozen storage. **Horticultura Brasileira**, SciELO Brasil, v. 33, n. 1, p. 7–11, 2015. Citado na página 38.
- BARREIROS, ALBS; DAVID, Jorge M; DAVID, Juceni P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química nova**, SciELO Brasil, v. 29, n. 1, p. 113, 2006. Citado na página 20.
- BOILEAU, Thomas W-M et al. Prostate carcinogenesis in n-methyl-n-nitrosourea (nmu)-testosterone-treated rats fed tomato powder, lycopene, or energy-restricted diets. **Journal of the National Cancer Institute**, Oxford University Press, v. 95, n. 21, p. 1578–1586, 2003. Citado na página 13.
- BOJÓRQUEZ, R.M.C.; GALLEGO, J.G.; COLLADO, P.S. Functional properties and health benefits of lycopene [propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno]. **Nutricion Hospitalaria**, v. 28, n. 1, p. 6–15, 2013. Citado na página 12.
- BRAGANTE, Aderbal G. Tecnologia da fabricação de sorvete. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 2010. Citado na página 35.
- BRASIL. Ministério da Saúde, 2019. Câncer de próstata: causas, sintomas, tratamento e prevenção. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/cancer-de-prostata#fatore>>. Acesso em: 15 out. 2019. Citado na página 17.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Instrução Normativa 51 de 18 de setembro de 2002**: Regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade do leite. Brasil, 2002. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 18 de setembro de 2002. Citado na página 34.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 379, de 26 de Abril de 1999**: Regulamento técnico referente a gelados comestíveis, preparados, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis. Brasil, 1999. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 26 de Abril de 1999. Citado na página 25.

_____. **Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999**: Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Brasil, 1999. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 03 de maio de 1999. Citado na página 22.

_____. **Resolução nº 12, de 02 de Janeiro de 2001**: Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasil, 2001. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 10 de janeiro de 2001. Citado na página 31.

BÔTO, Edilayne et al. Licopeno e prevenção do câncer de próstata: Uma revisão integrativa. **International Journal of Nutrology**, v. 12, p. 002–012, 09 2019. Citado na página 18.

CAMARGO, Felipe Pires; CAMARGO FILHO, Waldemar Pires. Desenvolvimento da cadeia produtiva de tomate industrial no brasil: Antecedentes históricos e contribuições do governo para a organização. CATI, p. 1–23, 2011. Citado na página 23.

CAMPOS, Flávia Milagres; ROSADO, Gilberto Paixão. Novos fatores de conversão de carotenóides provitamínicos a1. **Ciências Tecnologia Alimentos, Campinas**, SciELO Brasil, v. 25, n. 3, p. 571–578, 2005. Citado na página 13.

CARVALHO, Vania Silva; ASQUIERI, Eduardo Ramirez; DAMIANI, Clarissa. Produção de sorvete utilizando a polpa de sapota (quararibea cordata vischer). **Agrarian**, v. 11, n. 40, p. 198–195, 2018. Citado na página 34.

CHA, Myeong Hwa; LEE, Jiyeon; SONG, Mi Jung. Dieticians' intentions to recommend functional foods: The mediating role of consumption frequency of functional foods. **Nutrition research and practice**, v. 4, n. 1, p. 75–81, 2010. Citado na página 20.

CHERNYSHOVA, Marina P. et al. Systemic and skin-targeting beneficial effects of lycopene-enriched ice cream: A pilot study. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 1, p. 14–25, 2019. Citado na página 21.

CLARETO, Sílvia Silveira. Estudo da concentração de licopeno da polpa de goiaba utilizando o processo de microfiltração. [sn], 2007. Citado na página 37.

CONSTANT, LS et al. Avaliação da bioacessibilidade de carotenoides em suco de melancia e produtos processados. In: IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25.; CIGR **Embrapa Agroindústria de Alimentos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. [S.l.], 2016. Citado na página 39.

CORREIA, Roberta Targino Pinto et al. Sorvetes elaborados com leite caprino e bovino: composição química e propriedades de derretimento. **Revista Ciência Agronômica**, Universidade Federal do Ceará, v. 39, n. 2, p. 251–256, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 35.

COSTA, Janeci Almeida Pereira; MATIAS, Amanda G Cordeiro. Câncer de próstata e a relação quimiopreventiva do licopeno: revisão sistematizada. **Tempus Actas de Saúde Coletiva**, v. 8, n. 4, p. 223–238, 2015. Citado na página 38.

DONHOWE, Erik G; KONG, Fanbin. Beta-carotene: digestion, microencapsulation, and in vitro bioavailability. **Food and Bioprocess Technology**, Springer, v. 7, n. 2, p. 338–354, 2014. Citado na página 39.

EDINGER, M.S; KOFF, W.J. Effect of the consumption of tomato paste on plasma prostate-specific antigen levels in patients with benign prostate hyperplasia. **Brazilian journal of medical and biological research**, SciELO Brasil, v. 39, n. 8, p. 1115–1119, 2006. Citado na página 38.

EMBRAPA. **A cultura da goiaba**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. Citado na página 13.

EMBRAPA. Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. Soluções tecnológicas - Tomate BRS Zamir. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1262/tomate-brs-zamir>>. Acesso em: 15 mai. 2019. Citado 3 vezes nas páginas 13, 23 e 37.

EMBRAPA. Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. Híbrido de tomate grape é recordista em teor de licopeno. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalias/busca-de-noticias/-/noticia/35286378/hibrido-de-tomate-grape-e-recordista-em-teor-de-licopeno>>. Acesso em: 16 out. 2019. Citado na página 23.

ESTUMANO, Joisiane de Fátima Pereira; MELO, Keyla Cristina Nascimento. **Cartilha de Boas Práticas de Fabricação na Indústria de Gelados Comestíveis**. [S.l.]: SEBRAE, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 37.

EZZATI, Majid et al. Rethinking the “diseases of affluence” paradigm: global patterns of nutritional risks in relation to economic development. **PLoS medicine**, Public Library of Science, v. 2, n. 5, p. e133, 2005. Citado na página 12.

FAILLA, Mark L; CHITCHUMRONCHOKCHAI, Chureeporn. **In vitro models as tools for screening the relative bioavailabilities of provitamin A carotenoids in foods**. [S.l.]: International Food Policy Research Institute Washington, DC, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 39.

FELLOWS, Peter J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: ArtMed, 2018. Citado na página 24.

FISH, Wayne W.; VEAZIE, Penelope Perkins; COLLINS, Julie K. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. **Journal of food composition and analysis**, p. 309 – 317, 2002. Citado na página 27.

FREDA, Suzan Almeida et al. Licopeno: efeito do processamento térmico sobre a estrutura química e biodisponibilidade. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 12, n. 2, p. 1–23, 2018. Citado na página 22.

FRUSCIANTE, Luigi et al. Antioxidant nutritional quality of tomato. **Molecular nutrition & food research**, Wiley Online Library, v. 51, n. 5, p. 609–617, 2007. Citado na página 23.

GIOVANNUCCI, Edward. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. **Journal of the national cancer institute**, Oxford University Press, v. 91, n. 4, p. 317–331, 1999. Citado na página 13.

GLANZ, Karen. Behavioral research contributions and needs in cancer prevention and control: dietary change. **Preventive Medicine**, Elsevier, v. 26, n. 5, p. S43–S55, 1997. Citado na página 20.

GONCALVES, Alex Augusto; EBERLE, Ivana Rigotto. Frozen yogurt com bactérias probióticas. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 3, p. 291–297, 2009. Citado na página 36.

GOUVEIA, Josivanda Palmeira Gomes de et al. Determinação de características físico-químicas da goiaba: goiabeiras adubadas no semiárido da paraíba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 6, n. 1, p. 35–38, 2004. Citado na página 34.

GRANGER, C. et al. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. **International Dairy Journal**, v. 15, n. 3, p. 255 – 262, 2005. ISSN 0958-6946. Citado 3 vezes nas páginas 25, 29 e 30.

ILAHY, Riadh et al. Fractionate analysis of the phytochemical composition and antioxidant activities in advanced breeding lines of high-lycopene tomatoes. **Food & function**, Royal Society of Chemistry, v. 7, n. 1, p. 574–583, 2016. Citado na página 23.

ILLANES, Andrés. Alimentos funcionales y biotecnología. **Revista Colombiana de Biotecnología**, 2015. ISSN 0123-3475. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 19.

INCA. Brasil: Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, 2013. Rastreamento do Câncer de Próstata. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//rastreamento-prostata-2013.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2019. Citado na página 17.

INCA - Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva: Estimativa 2018: incidência de câncer no brasil. Rio de Janeiro: Coordenação de Prevenção e Vigilância, 2017. 218 p. ISBN 85-7318-361-0. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 16.

Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. 1 ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.

JIANG, Guo-Liang. Molecular markers and marker-assisted breeding in plants. **Plant breeding from laboratories to fields**, Intech Croatia, p. 45–83, 2013. Citado na página 24.

JÚNIOR, Hernani Pinto de Lemos; BRUNELLI, Marcela Junqueira; LEMOS, André Luis Alves de. Licopeno. **Diagn. tratamento**, v. 16, n. 2, 2011. Citado na página 18.

KANBAKAN, U; CON, AH; AYAR, A. Determination of microbiological contamination sources during ice cream production in denizli, turkey. **Food Control**, Elsevier, v. 15, n. 6, p. 463–470, 2004. Citado na página 38.

KAUR, Harpreet; CHAUHAN, Shaveta; SANDHIR, Rajat. Protective effect of lycopene on oxidative stress and cognitive decline in rotenone induced model of parkinson's disease. **Neurochemical research**, Springer, v. 36, n. 8, p. 1435–1443, 2011. Citado na página 19.

KNUPP, J.R. Frozen yogurt. **Cult. Dairy Prod. J.**, v. 14, p. 316–19, 1979. Citado na página 25.

KOHLMEIER, Lenore et al. Lycopene and myocardial infarction risk in the euramic study. **American Journal of Epidemiology**, Oxford University Press, v. 146, n. 8, p. 618–626, 1997. Citado na página 39.

LI, Danbin et al. Microrna-let-7f-1 is induced by lycopene and inhibits cell proliferation and triggers apoptosis in prostate cancer. **Molecular medicine reports**, Spandidos Publications, v. 13, n. 3, p. 2708–2714, 2016. Citado na página 22.

- LIMA, Maria Auxiliadora Coêlho. **EMBRAPA**. Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012. Teor de sólidos solúveis. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_147_24112005115227.html>. Acesso em: 26 out. 2019. Citado na página 35.
- MARIANI, Simone et al. Low prostate concentration of lycopene is associated with development of prostate cancer in patients with high-grade prostatic intraepithelial neoplasia. **International journal of molecular sciences**, v. 15, p. 1433–40, 2014. Citado na página 12.
- MARUYAMA, Swami A et al. Evaluation of lipophilic antioxidant capacity and lycopene content in brazilian tomatoes. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 4, p. 1163–1173, 2015. Citado na página 37.
- MEWS, Laura et al. Coordenadas de cor e carotenoides totais em polpa de goiaba microencapsulada obtida por spray dryer. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, p. 3480–3488, 2014. Citado na página 25.
- MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: Editora UFV, 2010. 308 p. ISBN 8572693947. Citado na página 33.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 1.944, de 27 de agosto de 2009**. BRASIL, 2009. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 27 de agosto de 2009. Citado na página 17.
- MIRANDA, Gabriella Morais Duarte; MENDES, Antonio da Cruz Gouveia; SILVA, Ana Lucia Andrade da. O envelhecimento populacional brasileiro: desafios e consequências sociais atuais e futuras. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 507–519, 2016. Citado na página 12.
- MODESTO, Antônio et al. Um novembro não tão azul: debatendo rastreamento de câncer de próstata e saúde do homem. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, 02 2017. Citado na página 18.
- MORAES, Ana Maria Carvalho. **Determinação do potencial antioxidante em geléia de goiaba comercial proveniente de diferentes localidades**. Dissertação (Mestrado) — Bioengenharia da Universidade do Vale do Paraíba, 2003. Citado na página 20.
- MORDENTE, ALVARO et al. Lycopene and cardiovascular diseases: an update. **Current medicinal chemistry**, Bentham Science Publishers, v. 18, n. 8, p. 1146–1163, 2011. Citado na página 18.
- MORGIA, Giuseppe et al. Association between selenium and lycopene supplementation and incidence of prostate cancer: Results from the post-hoc analysis of the procomb trial. **Phyto-medicine**, Elsevier, v. 34, p. 1–5, 2017. Citado na página 21.
- MORZELLE, Maressa Caldeira et al. Caracterização físico-química e sensorial de sorvetes à base de frutos do cerrado. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 387, p. 70–78, 2012. Citado na página 35.
- MULHEM, Elie; FULBRIGHT, Nikolaus; DUNCAN, Norah. Prostate cancer screening. **American family physician**, v. 92, n. 8, 2015. Citado na página 17.
- MUSE, M.R.; HARTEL, R.W. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 1, p. 1 – 10, 2004. ISSN 0022-0302. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 35.

- NASCIMENTO, Priscila. **Avaliação da retenção de Carotenoides de Abóbora, Mandioca e Batata doce**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista, UNESP, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 24.
- OLIVEIRA, Daniela da Silva et al. Vitamina c, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da ceasa do estado de minas gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Universidade Estadual de Maringá, v. 33, n. 1, p. 89–98, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 37.
- OOMEN, AG et al. Development of an in vitro digestion model for estimating the bioaccessibility of soil contaminants. **Archives of environmental contamination and toxicology**, Springer, v. 44, n. 3, p. 0281–0287, 2003. Citado na página 31.
- PEDROSO, Maria Thereza. **A base da modernização da horticultura no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2019. Citado na página 22.
- PÉREZ-JIMÉNEZ, Jara; SAURA-CALIXTO, Fulgencio. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, Elsevier, v. 39, n. 7, p. 791–800, 2006. Citado na página 35.
- QUEIROZ, Herlene Greyce da Silveira et al. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de sorvetes do tipo tapioca. **Revista Ciência Agronômica**, Universidade Federal do Ceará, v. 40, n. 1, p. 60–65, 2009. Citado na página 37.
- RAO, AV; SHEN, Honglei. Effect of low dose lycopene intake on lycopene bioavailability and oxidative stress. **Nutrition Research**, Elsevier, v. 22, n. 10, p. 1125–1131, 2002. Citado na página 13.
- RENHE, Isis Rodrigues Toledo; WEISBERG, Eduardo; PEREIRA, Danielle Braga Chelini. Indústrias de gelados comestíveis no brasil. **Informe Agropecuário**, v. 36, n. 284, p. 81–86, 2015. Citado na página 26.
- RODAS, Maria Auxiliadora de Brito et al. Caracterização físico-química, histológica e viabilidade de bactérias lácticas em iogurtes com frutas. **Cienc. Tecnol. Aliment**, SciELO Brasil, v. 21, n. 3, p. 304–309, 2001. Citado na página 26.
- RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B et al. **A guide to carotenoid analysis in foods**. [S.l.]: ILSI press Washington, 2001. v. 71. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 38.
- ROSA, Cintia Leticia da Silva et al. Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (*lycopersicum esculentum mill*) do tipo 'heirloom' produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 22, n. 4, p. 649–656, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 22, 34 e 37.
- SALVIA-TRUJILLO, L.; MCCLEMENTS, D.J. Enhancement of lycopene bioaccessibility from tomato juice using excipient emulsions: Influence of lipid droplet size. **Food Chemistry**, v. 210, p. 295 – 304, 2016. ISSN 0308-8146. Citado na página 21.
- SANTOS, Cristina Xavier dos. Caracterização físico-química e análise da composição química da semente de goiaba oriunda de resíduos agroindustriais. **Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia**, 2011. Citado na página 24.

SBU. Brasil: Sociedade Brasileira de Urologia, 2017. Nota Oficial 2017 - Rastreamento do Câncer de Próstata. Disponível em: <<http://sbu-sp.org.br/noticias/nota-oficial-2017-rastreamento-do-cancer-de-prostata/>>. Acesso em: 15 out. 2019. Citado na página 17.

SEGALL, K.I.; GOFF, H.D. A modified ice cream processing routine that promotes fat destabilization in the absence of added emulsifier. **International Dairy Journal**, v. 12, n. 12, p. 1013 – 1018, 2002. ISSN 0958-6946. Citado na página 31.

SEREN, Soley et al. Potential role of lycopene in the treatment of hepatitis c and prevention of hepatocellular carcinoma. **Nutrition and cancer**, Taylor & Francis, v. 60, n. 6, p. 729–735, 2008. Citado na página 18.

SHAMI, NJIE; MOREIRA, Emília Addison Machado. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, v. 17, n. 2, p. 227–236, 2004. Citado na página 13.

SHU, Bo et al. Study on microencapsulation of lycopene by spray-drying. **Journal of Food Engineering**, Elsevier, v. 76, n. 4, p. 664–669, 2006. Citado na página 21.

SILVA, Caroline Bertoni; MOURA, Érika da Silva Bronzi. A ação do licopeno contra o câncer. **Ling. Acadêmica**, v. 7, n. 5, p. 49–56, 2017. Citado na página 21.

SILVA, Camila Tainah da; JASIULIONIS, Miriam Galvonas. Relação entre estresse oxidativo, alterações epigenéticas e câncer. **Ciência e Cultura**, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, v. 66, n. 1, p. 38–42, 2014. Citado na página 18.

SILVA, DS da et al. Estabilidade de componentes bioativos do suco tropical de goiaba não adoçado obtido pelos processos de enchimento a quente e asséptico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, SciELO Brasil, v. 30, n. 1, p. 237–243, 2010. Citado na página 24.

SILVA, Wélida Magalhães da et al. A visão bioquímica do sorvete. **Tecnologia, Saúde e Meio Ambiente à Serviço da Vida**, p. 168–172, 2012. Citado na página 25.

SILVEIRA, J et al. Quem é o consumidor brasileiro de frutas e hortaliças. **Hortifruti Brasil**, p. 8–23, 2011. Citado na página 13.

SOFJAN, Rosalina P.; HARTEL, Richard W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, v. 14, n. 3, p. 255 – 262, 2004. ISSN 0958-6946. Citado na página 36.

SOHAIMY, SA El. Functional foods and nutraceuticals-modern approach to food science. **World Applied Sciences Journal**, v. 20, n. 5, p. 691–708, 2012. Citado na página 20.

SOUKOUKIS, Christos; TZIA, Constantina. Impact of the acidification process, hydrocolloids and protein fortifiers on the physical and sensory properties of frozen yogurt. **International journal of dairy technology**, Wiley Online Library, v. 61, n. 2, p. 170–177, 2008. Citado na página 26.

SOUZA, Jean Clovis Bertuol et al. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, p. 155–165, 2010. ISSN 0103-4235. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 37.

- STAHL, Wilhelm; SIES, Helmut. Lycopene: A biologically important carotenoid for humans? **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 336, p. 1 – 9, 1996. ISSN 0003-9861. Citado na página 12.
- STOVER, Patrick J. Influence of human genetic variation on nutritional requirements. **The American journal of clinical nutrition**, Oxford University Press, v. 83, n. 2, p. 436S–442S, 2006. Citado na página 24.
- TANG, Feng-Yao; PAI, Man-Hui; WANG, Xiang-Dong. Consumption of lycopene inhibits the growth and progression of colon cancer in a mouse xenograft model. **Journal of agricultural and food chemistry**, ACS Publications, v. 59, n. 16, p. 9011–9021, 2011. Citado na página 18.
- TASCA, Ana Paula Wolf. **Efeito do processamento industrial para obtenção de goiabada sobre os compostos antioxidantes e cor**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista, UNESP, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 22.
- TIRAPÉGUI, Julio. **Nutrição: fundamentos e aspectos atuais**. 3 ed. São Paulo: Atheneu, 2002. Citado na página 19.
- TREJO-SOLÍS, Cristina et al. Multiple molecular and cellular mechanisms of action of lycopene in cancer inhibition. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine : eCAM**, v. 2013, p. 705121, 2013. ISSN 1741-427X. Citado na página 18.
- VANIN, Camila da Rosa. **Araçá amarelo: atividade antioxidante, composição nutricional e aplicação em barra de cereais**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2015. Citado na página 34.
- VASCONCELOS, Andreanne Gomes. **Avaliação da atividade anti-inflamatória de frações de licopeno da goiaba (Psidium guajava L.)**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Piauí, 2015. Citado na página 12.
- VIDAL, Andressa Meirelles et al. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT**, v. 1, n. 1, p. 43–52, 2012. Citado na página 19.
- VITALE, Arturo Alberto; BERNATENE, Eduardo Alberto; POMILIO, Alicia Beatriz. Carotenoides en quimioprevención : Licopeno Carotenoids in chemoprevention : Lycopene. **Acta Bioquímica Clínica**, v. 44, n. 2, p. 195–238, 2010. ISSN 0325-2957. Citado na página 20.
- WALISZEWSKI, Krzysztof N; BLASCO, Gabriela. Propiedades nutraceuticas del licopeno. **salud pública de méxico**, v. 52, n. 3, p. 254–265, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.
- WANE, Daryle; LENGACHER, Cecile A. Integrative review of lycopene and breast cancer. In: **Oncology nursing forum**. [S.l.: s.n.], 2006. v. 33, n. 1, p. 127. Citado na página 18.

APÊNDICES

APÊNDICE A – FICHA DA ANÁLISE SENSORIAL

Nome: _____ Idade: _____		
Data: _____ Sexo: () Feminino () Masculino		
<p>Você está recebendo três amostras de Sorvete, por favor avalie-as indicando o quanto gostou ou desgostou de cada um dos atributos sensoriais do produto utilizando a escala abaixo.</p>		
(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		
Amostra: _____	Amostra: _____	Amostra: _____
Cor: _____	Cor: _____	Cor: _____
Aroma: _____	Aroma: _____	Aroma: _____
Sabor: _____	Sabor: _____	Sabor: _____
Textura: _____	Textura: _____	Textura: _____
Avaliação global: _____	Avaliação global: _____	Avaliação global: _____
<p>Agora, avalie cada uma das três amostras, segundo sua intenção de compra, utilizando a escala abaixo.</p>		
(5) Certamente compraria (4) Provavelmente compraria (3) Tenho dúvida se compraria (2) Provavelmente não compraria (1) Certamente não compraria		
Amostra: _____ ()	Amostra: _____ ()	Amostra: _____ ()
Comentários: _____		

Figura 7 – Ficha de teste de aceitação por escala hedônica e escala de intenção de compra

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE B – RELAÇÕES PARA ESTIMAR O CONTEÚDO DE LICOPENO

$$\frac{A_{503}}{17,2 \times 10^4} \left| \frac{536,9 \text{ g/L}}{1 \text{ mol}} \right| \left| \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ mL}} \right| \left| \frac{10^3 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \right| \left| \frac{50 \text{ mL}}{\text{kg amostra}} \right| \left| \frac{1 \text{ kg}}{100 \text{ g}} \right| = \frac{A_{503} \times 0,15607}{\text{kg amostra}}$$

$$= \frac{A_{503} \times 156,07}{\text{g amostra}}$$

Figura 8 – Relação para conteúdo de licopeno para extração de licopeno das frutas.

Fonte: Autoria própria.

$$\frac{Abs}{17,2 \times 10^4} \left| \frac{536,9 \text{ g/L}}{1 \text{ mol}} \right| \left| \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ mL}} \right| \left| \frac{10^3 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \right| \left| \frac{2 \text{ mL}}{\text{kg amostra}} \right| \left| \frac{\text{Kg}}{100 \text{ g}} \right| = \frac{A_{503} \times 0,006243}{\text{kg amostra}}$$

$$= \frac{A_{503} \times 6,243}{\text{g amostra}}$$

Figura 9 – Relação para conteúdo de licopeno da análise da biodisponibilidade.

Fonte: Autoria própria.