

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDO DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DE PREPARADO DE FRUTA SUBMETIDO AO PROCESSAMENTO
TÉRMICO COMO ALTERNATIVA DE CONSERVAÇÃO**

DANIELLE RODRIGUES DA SILVA

PORTO ALEGRE

2015

DANIELLE RODRIGUES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE PREPARADO DE FRUTA SUBMETIDO AO PROCESSAMENTO
TÉRMICO COMO ALTERNATIVA DE CONSERVAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a
obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Julio Alberto Nitzke

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Costa Rodrigues

PORTO ALEGRE

2015

DANIELLE RODRIGUES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE PREPARADO DE FRUTA SUBMETIDO AO PROCESSAMENTO
TÉRMICO COMO ALTERNATIVA DE CONSERVAÇÃO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do Sul foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Engenheiro de Alimentos e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Conceito Final: _____

Aprovada em: ___/___/___

Julio Alberto Nitzke

Doutor em Informática na Educação

Orientador

ICTA/UFRGS

Roberta Cruz Silveira Thys

Doutora em Engenharia Química

ICTA/UFRGS

Ana Beatriz Baroni Schütz

Mestre em Sistemas e Processos Industriais

Ritter Alimentos

Dedico este trabalho ao amor da minha vida, meu esposo Diego, que sempre me apoiou desde o início e em todos os momentos de angústias e dúvidas, com palavras reconfortantes e de incentivo, com você eu descobri que sempre posso ir mais além. Também aos meus pais, Marli e Alfredo, que me ensinaram a lutar e correr atrás de meus objetivos com humildade e ética. As minhas irmãs, Bonni e Mariana pelos momentos felizes e descontração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas em todos os momentos.

Aos meus pais Alfredo e Marli, meu esposo Diego, as minhas irmãs, Mariana e Bonni e meus sobrinhos, Fabrício e Bernardo pelo apoio que me dedicaram em todos esses anos de estudo e dedicação. Agradeço a compreensão, amor, carinho e incentivo em mim dedicados. E por acreditarem nas minhas escolhas pessoais e profissionais, compartilhando momentos difíceis e felizes. São as pessoas mais importantes da minha vida, e são responsáveis pelo privilégio de estar me formando.

Obrigada meus tios, primos e amigos que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente! A minha sogra por me acolher como uma filha.

Aos professores do ICTA, em especial a meu orientador, Julio Nitzke, e o meu coorientador, Rafael Rodrigues, pela ajuda e direcionamento necessário para elaboração de tal pesquisa com êxito, ambos sempre dispostos a me auxiliar e dar uma palavra de motivação. Aos técnicos e funcionários do ICTA, principalmente a Ana Paiva pelo auxílio e dedicação.

Aos gestores da empresa parceira por acreditar no meu trabalho e apoiar com todos os insumos necessários para realização deste trabalho. Em especial aos colaboradores do laboratório de P&D pelo auxílio em todos os momentos e pelas palavras de incentivo e carinho.

A todos os colegas e conseqüentemente amigos que conquistei ao longo desse período na Faculdade, em especial a Larissa e Aline, que passaram noites em claro estudando ao meu lado e me apoiarem emocionalmente, vocês sempre terão um lugar especial em meu coração.

Aos meus pets, Luli e Piuí, por me distraírem e me fazerem sorrir em todos os momentos.

Obrigada!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

RESUMO

Preparados de frutas são produtos destinados para a indústria de alimentos, obtendo destaque no setor de lácteos. São produzidos a partir de derivados de frutas, açúcares e aditivos alimentícios; e utilizam geralmente o método de conservação combinado, com o uso de calor e conservantes químicos. Atualmente, o aumento na demanda por alimentos processados mais próximos aos naturais, vem impulsionando as indústrias a buscar alternativas tecnológicas para a conservação dos alimentos sem o uso de conservantes químicos, tanto em relação aos benefícios à saúde, quanto a tornar as indústrias mais competitivas neste novo mercado crescente dos produtos naturais. O objetivo deste trabalho foi avaliar comparativamente preparados de morango conservados com sorbato de potássio (padrão) e os submetidos ao processo térmico em trocador de calor bitubular. As formulações foram desenvolvidas utilizando dois tipos de espessantes, o amido modificado (AT), obtido de amido de milho ceroso, e a carboximetilcelulose (CT), para os dois métodos de conservação. O microrganismo alvo escolhido para o cálculo do binômio de tempo versus temperatura do processamento térmico foi o fungo termorresistente *Byssochlamys nivea*, e a partir dos seus parâmetros cinéticos de morte microbiana (z e D) foi calculado o binômio aplicado, sendo de 105 °C por 13 s. A avaliação das formulações foi realizada a partir do cálculo da letalidade do microrganismo ao longo do processo térmico e das análises de cor, viscosidade, sensorial e microbiológica. Os resultados obtidos demonstraram um tempo de morte térmica do processo muito maior que a do microrganismo, indicando que ocorreu um superprocessamento dos preparados tratados termicamente, com uma letalidade de 75 s para a amostra com amido modificado (AT) e de 91,2 s para a amostra com carboximetilcelulose (CT), valores muito acima do calculado teoricamente (13 s). Nas análises instrumentais ocorreu diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre o padrão e o tratado termicamente, na análise de cor, a amostra CT apresentou um decréscimo dos parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) e a amostra AT um aumento nos parâmetros (L^* e b^*), em relação aos seus respectivos produtos padrão; em relação à viscosidade apenas o produto formulado com amido modificado apresentou diferença significativa com um aumento da viscosidade em relação ao padrão. Na análise sensorial de bebida láctea de morango, com aplicação de 4% de preparado, não foi observada diferença estatística entre as amostras, e as mesmas apresentaram um índice de aceitação superior a 80% para todos os atributos analisados. A avaliação microbiológica demonstrou que a tentativa de simular envase-asséptico não foi efetiva apresentando contaminação de bolores e leveduras nas amostras tratadas termicamente, ocorrido possivelmente pelo fato do

equipamento não possuir envase asséptico. Apesar da contaminação, a substituição do método de conservação químico com sorbato de potássio pelo método de conservação físico com o uso de calor nos dois preparados de morango analisados, mostrou ser uma alternativa bastante viável para a elaboração de preparados de morango sem conservantes.

Palavras-chaves: Preparado de frutas. Conservantes. Tratamento térmico.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Estrutura química da amilose (a) e da amilopectina (b).....	24
Figura 2. Estrutura da carboximetilcelulose.....	26
Figura 3. Esquema das seções do trocador de calor tubular.....	39
Figura 4. Fluxo paralelo e contracorrente de trocador de calor bitubular.....	40
Figura 5. Fluxograma geral do processamento do preparado de morango.....	49
Figura 6. Unidade de serviço processamento UHT/HTST Armfield FT74XTS.....	47
Figura 7. Módulo do trocador de calor tubular UHT / HTST Armfield - FT-MkIII 74-20.	48
Figura 8. Perfil de temperaturas ao longo do tempo de processamento para as amostras AT e CT.....	53
Figura 9. Perfil da letalidade ao longo do tempo de processamento para as amostras AT e CT.	54
Figura 10. Perfil de temperatura no tubo de retenção dos preparados de morango (AT, CT) e Teórico.....	54
Figura 11. Perfil de taxa de letalidade no tubo de retenção dos preparados de morango (AT, CT) e Teórico.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros microbiológicos de polpa de fruta.	20
Tabela 2. Aditivos e quantidades permitidas de uso em preparados de frutas.	21
Tabela 3. Função da CMC em alguns alimentos.	27
Tabela 4. Padrão Microbiológico de algumas frutas, produtos de frutas e similares.	34
Tabela 5. Dados da distância entre os termopares e a localização deste ao longo do trocador de calor.	52
Tabela 6. Parâmetros L^* , a^* e b^* da análise de cor das amostras (AC, AT, CC, CT) preparado de morango.	56
Tabela 7. Viscosidades das amostras AC e AT de preparados de morango.	58
Tabela 8. Viscosidades das amostras CC e CT de preparados de morango. Erro! Indicador não definido.	
Tabela 9. Escores médios dos atributos sensoriais das diferentes amostras de preparado de morango (AC, AT, CC, CT) (média e desvio padrão).	60
Tabela 10. Coliformes totais e fecais, contagem total de mesófilos aeróbios e contagem de bolores e leveduras das amostras de preparados de morango (AC, AT, CC e CT).	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	PREPARADOS DE FRUTAS	15
2.1.1	CARACTERIZAÇÃO DOS INGREDIENTES	17
2.1.1.1	ÁGUA	17
2.1.1.2	SACAROSE	17
2.1.1.3	POLPA DE MORANGO	19
2.1.1.4	ADITIVOS ALIMENTARES.....	20
2.1.1.4.1	ESPESSANTES.....	22
2.1.1.4.2	AMIDO	23
2.1.1.4.3	CARBOXIMETILCELULOSE.....	26
2.1.1.5	AROMATIZANTES	28
2.1.1.6	CORANTES.....	30
2.1.1.7	ACIDULANTE E REGULADOR DE ACIDEZ.....	31
2.1.1.8	CONSERVANTES	32
2.1.2	PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	33
2.2	TRATAMENTO TÉRMICO	36
2.2.1	PROCESSAMENTO TÉRMICO CONTÍNUO	37
2.3	CINÉTICA DE MORTE MICROBIANA.....	40
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.1	MATERIAIS.....	44
3.2	PROCESSAMENTO DO PREPARADO DE MORANGO	45
3.3	CALCULO DO BINOMIO DE TEMPO E TEMPERATURA DO PROCESSO ...	44
3.4	PROCESSAMENTO TÉRMICO DOS PREPARADOS.....	46
3.5	ANÁLISE DE COR INSTRUMENTAL.....	49
3.6	ANÁLISE DE VISCOSIDADE INSTRUMENTAL	50

3.7	ANÁLISE SENSORIAL	50
3.8	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	51
3.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1	CURVA DA TAXA DE LETALIDADE DO TRATAMENTO TÉRMICO.....	52
4.2	ANÁLISE DE COR INSTRUMENTAL	56
4.3	ANÁLISE DE VISCOSIDADE INSTRUMENTAL	58
4.4	ANÁLISE SENSORIAL	60
4.5	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	61
5	CONCLUSÕES	64
6	REFERÊNCIAS	66
7	APÊNDICES.....	78

1 INTRODUÇÃO

Os preparados de frutas são produtos destinados à produção de alimentos lácteos os caracterizam sensorialmente sendo formulados a partir de frutos e seus derivados, açúcares e alguns aditivos alimentares, produzidos por métodos tecnológicos apropriados (FÜGEL; CARLEAND; SCHIEBER, 2005; CARLE, 1997). A maior parte da demanda dos preparados pela indústria láctea provém dos sabores de morango, ameixa e pêsego devido ao fato da maioria dos iogurtes e bebidas lácteas disponíveis atualmente no mercado interno serem destes sabores (BORGES; MEDEIROS; CORREIA, 2009).

Produtos de frutas são geralmente alimentos ácidos e a sua elevada acidez restringe a microbiota deteriorante, especialmente os microrganismos patógenos. Logo, a microbiota normalmente presente é constituída principalmente por bolores e leveduras (SIQUEIRA; BORGES, 1997). O método de conservação comumente utilizado pelas empresas processadoras de preparados é a conservação química, no qual o sorbato de potássio é um dos conservantes mais aplicados em produtos derivados de fruta (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Atualmente, o interesse por produtos alimentícios fabricados sem o uso de conservantes químicos tem se expandido no setor de alimentos. Esta nova tendência é observada pela adoção, por parte das empresas do ramo de alimentos, do uso decrescente de aditivos químicos (FAI; STAMFORD; STAMFORD, 2008), impulsionado pelo mercado consumidor, através do critério da saudabilidade, ou seja, o consumidor vem procurando cada vez mais por produtos com ingredientes naturais e sem adição de conservantes (IKEDA; MORAES; MESQUISTA, 2010). Um estudo realizado pela Mintel (Market intelligence) demonstrou que 12% dos produtos alimentícios e bebidas lançados na América Latina este ano vieram com o posicionamento de sem aditivos ou sem conservantes, registrando um crescimento de 71% em relação a 2009 (ZANETTE, 2014).

Uma das alternativas ao uso de conservantes químicos é a aplicação de métodos de conservação físicos. A ação letal do calor sobre os microrganismos é um dos procedimentos físicos utilizados para aumentar a vida útil dos alimentos, sendo aplicada conjuntamente com o envase asséptico (ORDÓÑES, 2005). O tratamento térmico apesar de uma boa alternativa para a preservação dos produtos pode ocasionar inconvenientes como alterações indesejáveis nas características organolépticas (LEWIS; HEPPEL, 2000).

Diante do exposto, o objetivo geral do presente trabalho foi avaliar comparativamente preparados de morango conservados quimicamente e os submetidos ao processo térmico no

que diz respeito às características do preparado através das análises de cor, de viscosidade e sensorial. Como objetivos específicos, o estudo contempla a identificação do microrganismo alvo a partir de análise bibliográfica, a escolha do binômio de tempo e temperatura mais adequado ao processamento térmico, a avaliação sensorial do produto aplicado em base láctea, a avaliação dos espessantes (amido modificado e CMC) e a microbiologia do produto final com a análise de coliformes totais e termotolerantes, contagem total e contagem de bolores e leveduras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PREPARADOS DE FRUTAS

Preparados de frutas são produtos destinados para a indústria de alimentos, ou seja, não são destinados diretamente ao consumidor final sendo utilizados em produtos lácteos e em produtos de padaria e confeitaria como, por exemplo, iogurtes e recheios, respectivamente (Fügel; Carleand; Schieber, 2005). De acordo com a Associação Alemã de Direito Alimentar e Ciência dos Alimentos (German Association for Food Law and Food Science- BLL) as preparações de frutas são produzidas a partir de frutos ou componentes de frutas, açúcares, essências, aromas, corantes alimentares, agentes espessantes e ácidos, preservados a partir de métodos apropriados (CARLE, 1997).

Trentin (2011) definiu os preparados de fruta como misturas homogêneas obtidas a partir da mistura de frutas com outros ingredientes com a finalidade de conferir cor, textura, sabor e outros atributos a produtos lácteos. A aplicabilidade dos preparados de frutas se confirma pela crescente consumo destes produtos pela indústria de alimentos, destacando-se o setor de iogurtes (SILVA, 2015).

Na legislação brasileira não existe uma definição específica sobre preparados de frutas. Porém, são definidos produtos de frutas como produtos elaborados a partir de frutas, inteiras ou em partes e ou sementes, obtidos por secagem, desidratação, laminação, cocção, fermentação, concentração, congelamento e outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos, podendo ser utilizados sozinhos ou em combinação (BRASIL, 2005). A Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 8, de 06 de março de 2013 que dispõe sobre a aprovação de uso de aditivos alimentares para produtos de frutas e de vegetais e geleia de mocotó; classifica os preparados de frutas como preparações de frutas e ou de sementes (incluindo coberturas e recheios) para uso em outros produtos alimentícios (exceto polpa de fruta); dentro do grupo de produtos de frutas. Nesta legislação são apresentados quais os aditivos podem ser utilizados para esta categoria de produto e seus limites (BRASIL, 2013).

A utilização dos preparados de frutas pela indústria alimentícia traz diversas vantagens como:

- A redução de riscos de contaminação: a adição direta de aromas, corantes e demais ingredientes nas bases dos produtos lácteos normalmente representa um risco de

contaminação. Este risco é minimizado ou pode ser eliminado com o uso dos preparados em produtos industriais.

- Aumento da precisão e constância nas formulações: a manutenção da padronização do produto final aumenta com a utilização de preparados. Como a aplicação de preparados usualmente varia entre 4% a 6% (dependendo da formulação), a margem de erro é muito menor quando comparado com a adição individual dos ingredientes diretamente ao produto final. Isso porque é muito mais fácil a aplicação do preparado a um percentual constante do que administrar diferentes dosagens de corantes, aromas, dentre outros que exigem manipulação precisa e cuidadosa. Como os ingredientes já estão dosados na proporção adequada dentro dos preparados a manipulação dos ingredientes isoladamente é eliminada, reduzindo mão-de-obra e controles.
- Redução de estoques e materiais: o uso de preparados permite ter vários ingredientes em um só, o que facilita o controle de materiais. Com o uso de preparados não há necessidade de manter em estoque de corantes, aromas, conservantes, espessantes e polpas de frutas. Além na redução de custos através da economia de escala, pois as empresas de preparados alimentares compram os insumos em maior quantidade com preços reduzidos.
- Diversificação dos produtos: em um mercado competitivo e cada vez mais exigente, é essencial que a indústria de alimentos tenha produtos diversificados. Os preparados de frutas são desenvolvidos de acordo com a necessidade de cada cliente para a indústria de iogurtes, sorvetes, bebidas, sobremesas, biscoitos e bolos. Podendo apresentar diferentes texturas, aplicações, dando consistência, cor e aroma a diferentes produtos. Por exemplo, no processo de fabricação de iogurtes de frutas o preparado de fruta pode ser adicionado diretamente ao iogurte com posterior homogeneização, através de agitação mecânica, ou na forma de bicamada. No iogurte bicamada o preparado é envasado antes do iogurte, sem a mistura dos dois produtos (HERBSTREITH-FOX, 2015; RITTER ALIMENTOS, 2015; ELO INGREDIENTES, 2015; BORSATO INDUSTRIAL, 2015; CARGILL FOODS, 2015).

Uma desvantagem da utilização dos preparados pela indústria de lácteos seria o risco de ficar dependente de uma empresa específica para manter seu padrão de qualidade, pois podem ocorrer problemas no fornecimento ou na relação comercial com o fornecedor. Devido à complexidade da sua formulação, por envolver vários insumos, a substituição dos

preparados de frutas devido um corte de fornecimento não seria uma tarefa simples. Uma empresa deve evitar manter o suprimento de determinado item utilizando apenas uma fonte. Sendo que o risco associado seria de ficar dependente deste fornecedor exclusivo, que amanhã poderia atrasar uma entrega ou mudar suas condições comerciais, podendo deixar a empresa em uma situação difícil (SILVA; PONTUAL, 2006).

2.1.1 CARACTERIZAÇÃO DOS INGREDIENTES

2.1.1.1 ÁGUA

A água utilizada deve ser potável, visando não oferecer riscos à saúde humana, e deve estar em conformidade com os padrões de potabilidade da Portaria N^o 2.914 do Ministério da Saúde que dispõe das características microbiológicas, do processo de desinfecção e das características organolépticas da água (BRASIL, 2011).

O grau, a intensidade da ligação ou da hidratação na interação água-soluto nos alimentos depende de vários fatores como a natureza do soluto, a composição salina, o pH e a temperatura (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A água é fundamental no processo de gelatinização dos espessantes, pois estes só formam géis na presença de água, ou seja, com a sua hidratação, como o que ocorre com o amido que só gelatiniza com excesso de água e sob aquecimento (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). A água também auxilia no ajuste e manutenção do teor de sólidos solúveis (°Brix) desejado durante o processamento dos preparados de frutas, os °Brix representam a concentração de sólidos solúveis em soluções aquosas de açúcar (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

2.1.1.2 SACAROSE

Sacarose é um dissacarídeo formado por uma unidade de α -D-glicopiranosil e uma unidade de β -D-frutofuranosil unidas por suas extremidades reductoras, portanto a sacarose é classificada como açúcar não redutor. É obtida principalmente do processamento da cana de açúcar e da beterraba (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A sacarose é um ingrediente, que além de fornecer sabor doce aos produtos alimentícios, também atua como agente de corpo, na textura, na palatabilidade, na estabilidade e no volume dos alimentos. Muito utilizada em produtos de confeitaria por suas propriedades de solubilidade e cristalização, sendo usada sozinha ou em combinação com outros açúcares, como xarope de glicose e açúcar invertido (CHARLEY; WEAVER, 1998). A percepção da doçura da sacarose depende de fatores tais como temperatura, pH, concentração, presença de outros ingredientes e da diferença na sensibilidade de percepção dos indivíduos (NORDIC SUGAR, 2015).

Em relação à interação da sacarose com outros ingredientes têm-se as seguintes contribuições:

- Melhorar o sabor do produto, pois dependendo da aplicação, o açúcar tem a capacidade única de aumentar o sabor ou deprimir a percepção dos sabores dos outros ingredientes;
- Auxiliar no incremento do teor de sólidos e regular o ponto de congelamento de sorvetes;
- Auxiliar na dispersão de espessantes pela combinação do açúcar com um agente gelificante, como por exemplo, a pectina que é responsável pela textura gelatinosa das geleias;
- Aumentar a temperatura de gelatinização do amido;
- Aprisionar as bolhas de ar e confere uma textura leve aos bolos;
- Constituir igualmente a base para a fermentação das leveduras;
- Apresentar poder umectante, ou seja, liga-se à água, propriedade que é importante para a textura e preservação dos alimentos (WROLSTAD, 2012; CANADIAN SUGAR INSTITUTE, 2015; NORDIC SUGAR, 2015).

A sacarose possui grande hidrofiliidade e solubilidade, estas propriedades justificam a sua atuação na conservação dos alimentos. Quando em altas concentrações atua na redução da atividade de água tornando a água indisponível para os microrganismos ocasionando a plasmólise da célula e prevenindo, assim, o crescimento microbiano e estendendo o prazo de validade destes produtos alimentares. Os microrganismos diferem na sua resposta a soluções hipertônicas de açúcar, sendo leveduras e mofos menos susceptíveis que bactérias, podendo crescer na presença de até 60% de sacarose, enquanto bactérias são inibidas em concentrações bem menores (JAY, 2005).

2.1.1.3 POLPA DE MORANGO

O morango é a única hortaliça pertencente à família Rosaceae, cuja cultura tem se destacado nos últimos anos como uma das principais hortaliças-fruto plantadas e consumidas no Brasil e no mundo, sendo observada crescente demanda nos mercados locais (JUNIOR, 2011). Os morangos apesar de serem frutos não climatéricos tem grande suscetibilidade a lesões mecânicas e doenças, e elevada taxa de perda de água e por este motivo estão entre as frutas frescas mais perecíveis, e esta alta perecibilidade limita a sua vida pós-colheita sendo uns dos motivos do seu processamento (SOARES et al, 2011; JUNIOR, 2011).

Com o objetivo de solucionar este problema, as partes comestíveis de frutas “in natura” podem ser processadas obtendo-se assim a polpa de fruta. Esse produto não exige uma seleção e classificação das frutas tão rigorosa quanto à necessária para produzir fruta ou doce de fruta em calda, em especial nos quesitos aspecto e uniformidade, uma vez que a matéria-prima será triturada ou desintegrada e, depois, despulpada. A polpa de fruta pode ser conservada por tratamento térmico, congelamento ou aditivos químicos (MORAIS, 2006).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a polpa de fruta é definida como produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtida pelo esmagamento de frutos polposos, pelo processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais provenientes da parte comestível do fruto, específico para cada polpa de fruta. (BRASIL, 2000). A polpa de morango não apresenta valores legais de qualidade e identidade sendo sua caracterização baseada na legislação geral de polpas de frutas (BUENO et al, 2002).

A polpa de fruta tem grande importância como matéria-prima, podendo ser produzida nas épocas de safra, armazenadas e processadas nos períodos mais propícios, sendo posteriormente utilizada como insumo na formulação de iogurtes, doces, biscoitos e sorvetes, entre outros produtos (BUENO et al. ,2002).

As características gerais das polpas de frutas são elevada atividade de água e baixo pH. Destes fatores, a elevada acidez inibe o crescimento da microbiota deterioradora, que se limita principalmente a bolores e leveduras; sendo principalmente estes os mais importantes agentes de deterioração de polpas e sucos de frutas (FAZIO, 2006).

No processamento da polpa de morango sem sementes, depois de despulpada a mesma passa por um novo processo de despulpa, onde se separa a semente da polpa, para em seguida ser destinada à centrifugação, descartando-se o residual de sementes (MONTEIRO et al., 2005).

Pariz (2011) realizou um estudo a respeito da qualidade microbiológica de diferentes polpas de frutas fornecidas a uma empresa processadora de preparados de frutas e observou que a polpa de morango sem sementes apresentou o maior índice de contaminação de bolores e leveduras (de $7,0 \times 10^5$ UFC.g⁻¹) entre as polpas analisadas, estando fora dos parâmetros da legislação. O autor associou ao fato de a polpa de morango sem semente apresentar mais etapas durante seu processamento podendo afetar sua qualidade microbiológica.

A Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000 do MAPA também fixa os limites microbiológicos máximos em polpa de frutas, segundo a Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros microbiológicos de polpa de fruta.

Polpa de fruta	Microrganismo	Tolerância máxima
"In-natura", congelada ou não.	Coliformes fecais/g	1 UFC/ g
	Salmonella sp/25g	Ausência em 25g
	Bolores e Leveduras/g	5×10^3 UFC/g
Conservada quimicamente e/ou que sofreu tratamento térmico	Coliformes fecais/g	1 UFC/ g
	Salmonella sp/25g	Ausência em 25g
	Bolores e Leveduras/g	2×10^3

Fonte: Adaptado de BRASIL (2000).

2.1.1.4 ADITIVOS ALIMENTARES

Os aditivos alimentares são ingredientes adicionados de maneira intencional nos alimentos sem a finalidade de nutrir. A sua adição tem como objetivo a alteração das características químicas, físicas, biológicas ou sensoriais do alimento durante todas as etapas da elaboração do produto. São classificados conforme sua função como, por exemplo, os espessantes, os estabilizantes, os corantes, os aromatizantes entre outros (BRASIL, 1997).

No anexo da RDC Nº 8 de 2013 que dispõe da lista de aditivos alimentares aprovados com suas respectivas funções para a fabricação de produtos de frutas e de vegetais, apresenta quais os aditivos alimentares podem ser utilizados em preparados de frutas conforme a Tabela 1 (BRASIL, 2013).

Tabela 2. Aditivos e quantidades permitidas de uso em preparados de frutas.

IX. Preparações de frutas e ou de sementes (incluindo coberturas e recheios) para uso em outros produtos alimentícios (exceto polpa de fruta)		
INS	Aditivo	Limite máximo (g/100g ou g/100ml)
ACIDULANTE/ REGULADOR DE ACIDEZ		
270	Ácido láctico (L-, D- e DL-)	quantum satis
296	Ácido málico (D-, L-)	0,2
297	Ácido fumárico	quantum satis
327	Lactato de cálcio	quantum satis
330	ácido cítrico	quantum satis
334	Ácido tartárico (L(+)-)	1
331iii	Citrato trissódico, citrato de sódio	quantum satis
AROMATIZANTE		
Todos os autorizados no MERCOSUL		quantum satis
CONSERVADOR		
200	Ácido sórbico	0,15 (como ácido sórbico)
201	Sorbato de sódio	Sozinhos ou em combinação
202	Sorbato de potássio	
203	Sorbato de cálcio	
210	Ácido benzóico	0,1 (como ácido benzóico)
211	Benzoato de sódio	Sozinhos ou em combinação
212	Benzoato de potássio	
213	Benzoato de cálcio	
CORANTE		
Todos os autorizados como BPF no MERCOSUL		quantum satis
100i	Cúrcuma, curcumina	0,015 (como curcumina)
101i	Riboflavina	0,03 (Sozinhos ou em combinação)
101ii	Riboflavina 5' fosfato de sódio	
102	Tartrazina, laca de Al	0,01
110	Amarelo sunset, amarelo crepúsculo FCF, laca de Al	0,01
120	Carmim cochonilha, ácido carmínico, sais de Na, K, NH ₄ e Ca	0,05
122	Azorrubina	0,05
123	Amaranto, bordeaux S, laca de Al	0,01
124	Ponceau 4R, laca de Al	0,005
127	Eritrosina, laca de Al	0,01

Fonte: Adaptado de BRASIL (2013).

Tabela 2. Aditivos e quantidades permitidas de uso em preparados de frutas. Continuação.

IX. Preparações de frutas e ou de sementes (incluindo coberturas e recheios) para uso em outros produtos alimentícios (exceto polpa de fruta)		
INS	Aditivo	Limite máximo (g/100g ou g/100ml)
CORANTE		
129	Vermelho 40, vermelho allura AC, laca de Al	0,01
132	Indigotina, carmim de índigo, laca de Al	0,01
133	Azul brilhante FCF, laca de Al	0,01
141i	Clorofila cúprica	0,01 (Sozinhos ou em combinação)
141ii	Clorofilina cúprica, sais de Na e K	
143	Verde rápido FCF, verde indelével, fast Green FCF, laca de Al	0,01
150c	Caramelo III – processo amônia	0,75
150d	Caramelo IV – processo sulfitoamônia	0,75
153	Carvão vegetal	0,9
160ai	Beta-caroteno (sintético idêntico ao natural)	0,01
160b	Urucum, bixina, norbixina, annatto extrato e sais de Na e K	0,01 (como bixina)
160c	Páprica, capsorubina, capsantina	0,6
160aii	Carotenos: extratos naturais	0,01 (Sozinhos ou em combinação)
160e	Beta-apo-8' carotenal	
160f	Éster metílico ou etílico do ácido beta-apo-8' carotenóico	
163i	Antocianinas (de frutas e hortaliças)	0,3
163ii	Extrato de casca de uva	0,05
ESPESSANTE		
Todos os autorizados no MERCOSUL		quantum satis
425	Goma konjac	0,1
ESTABILIZANTE		
Todos os autorizados no MERCOSUL		quantum satis
405	Alginato de propileno glicol	0,75

Fonte: Adaptado de BRASIL (2013).

2.1.1.4.1 ESPESSANTES

São substâncias que tem como função aumentar a viscosidade ou consistência do alimento sem alterarem significativamente as demais propriedades e ainda proporcionarem resistência a fluir. São componentes hidrossolúveis e hidrofílicos, usados para dispersar, estabilizar e evitar a sedimentação de substâncias em suspensão (ALVES, 2009).

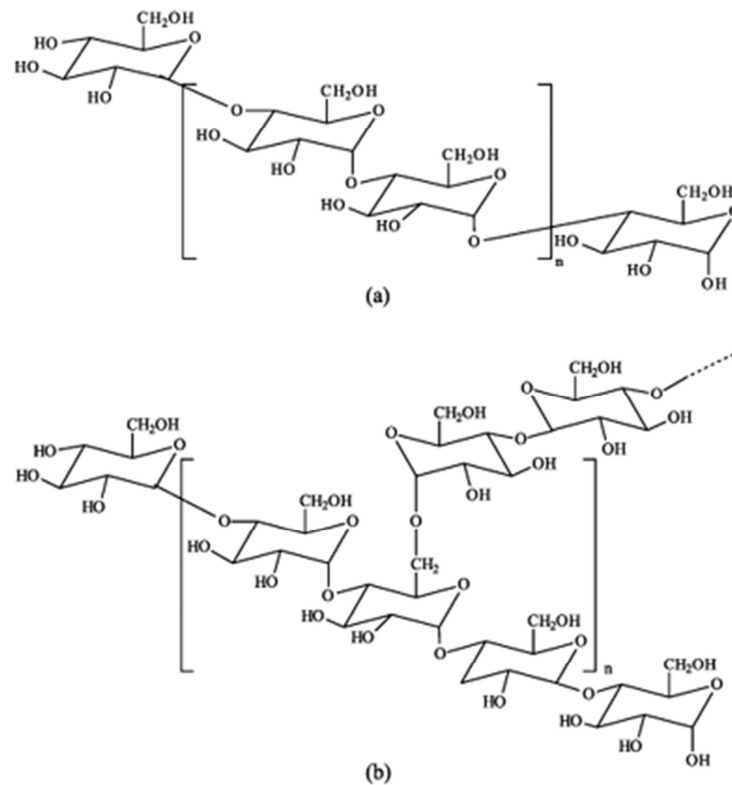
Estes aditivos são formados principalmente por polissacarídeos e por proteínas, podendo ser extraídos de plantas marinhas, sementes, exsudados de árvores e de colágeno animal. Alguns são produzidos por síntese microbiana e outros por modificação de polissacarídeos naturais (PENNA, 2002).

Os hidrocolóides são substâncias orgânicas que dissolvem ou se dispersam em água e, conseqüentemente, modificam as propriedades físicas de sistemas aquosos na forma de gelificação, engrossamento, emulsificação e/ou estabilização. Eles são usados em diversas aplicações tais como: alimentação, tratamento de água, higiene pessoal, têxteis, produtos de construção, detergentes, produtos para campos petrolíferos e processamento mineral (PENNA, 2002).

2.1.1.4.2 AMIDO

O amido é um carboidrato de reserva amplamente distribuído na natureza nos tecidos de planta, tubérculos e em endospermas de sementes. Este polissacarídeo e seus hidrolisados constituem a maior parte dos carboidratos digestíveis da dieta das pessoas. Sua estrutura é constituída por dois polímeros de glicose, sendo um deles a amilose, que é uma cadeia essencialmente linear e o outro é a amilopectina, que é uma molécula grande, com aproximadamente 10^6 unidades de glicose, e bastante ramificada. As duas são constituídas de unidades de α -D-glicopiranosil que diferem em relação à posição e quantidade de ligações entre si; a amilose com ligações α -(1,4) e com poucas ligações α -(1,6) e a amilopectina que além de ser unida por ligações α -(1,4), é fortemente ramificada, com 4% a 6% das ligações em α -(1,6) também possuindo ligações em α -(1,5) (COULTATE, 2004; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). A estrutura destes polímeros está representada na Figura 1.

Figura 1. Estrutura química da amilose (a) e da amilopectina (b).



Fonte: CORRADINI et al (2005).

O amido ocorre na natureza em partículas denominadas grânulos onde as moléculas de amilose e amilopectina são dispostas de maneira radial contendo regiões cristalinas e amorfas alternadas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Os grânulos de amido não danificados são insolúveis e se hidratam muito pouco em água fria (LAJOLO & MENEZES, 2006). Porém, quando são aquecidos em excesso de água (maior que 60%) até a temperatura inicial de gelatinização, entre 55 a 77°C, inicia-se o processo de gelatinização, no qual ocorre a ruptura de sua ordem molecular com o inchamento irreversível, perda da birrefringência e da cristalinidade, bem como a lixiviação da amilose (COULTATE, 2004). À medida que o grânulo de amido é hidratado sob aquecimento ocorre o rompimento das pontes de hidrogênio mais fracas das áreas amorfas, deixando os grupamentos hidroxilas liberados para as ligações com as moléculas de água tendo como consequência a expansão do grânulo de amido (RICKARD et al., 1991).

O aquecimento contínuo do grânulo de amido, em excesso de água, resulta na ruptura total do grânulo; o seu enchimento e ruptura produzem uma goma viscosa (pasta de amido) constituída de amilose solubilizada e/ou moléculas de amilopectina e outra fase descontínua de grânulos remanescentes (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). O fim da

gelatinização é definido quando ocorre um conjunto de mudanças que envolvem a ruptura da estrutura granular, o inchamento, a hidratação e a solubilização das moléculas de amido (THARANATHAN, 2002). O resfriamento da pasta quente de amido produz geralmente um gel firme e viscoelástico (COULTATE, 2004).

Um problema que ocorre após o processo de gelatinização é a retrogradação, que ocorre quando a dispersão de amido gelatinizada é esfriada e durante o armazenamento. Com o passar do tempo, as moléculas do amido vão perdendo energia e as ligações de hidrogênio tornam-se mais fortes, assim, as cadeias começam a reassociar-se num estado mais ordenado formando áreas cristalinas com as moléculas de amilose. Como a área cristalizada altera o índice de refração, o gel vai se tornando mais opaco à medida que a retrogradação se processa (ELIASSON, 1996). Esta transformação pode ser acompanhada de sinérese, expulsão das moléculas de água das moléculas de amilose e também a ocorrência de precipitação de cristais insolúveis de amido levando à separação de fases (DENARDIN & SILVA, 2009).

A retrogradação pode ser influenciada de acordo com diversos fatores, como: temperatura e tempo de armazenamento, pH, fonte de amido, presença de outros componentes (lipídios, eletrólitos e açúcares) e condições de processamento (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

No que diz respeito a suas propriedades tecnológicas, o amido caracteriza grande parte dos produtos processados, uma vez que contribui para diversas propriedades de textura em alimentos, possuindo aplicações industriais como espessante, estabilizador de colóides, agente gelificante e de volume, adesivo, na retenção de água, dentre outros (SINGH et al., 2003).

A maioria dos amidos usados como ingredientes de alimentos é modificado, pois os amidos nativos produzem pastas de pouco corpo, coesivas e gomosas quando aquecidas, e géis indesejáveis quando resfriados. A modificação é feita com o objetivo de melhorar as características das massas ou géis, podendo ser por processos físicos, químicos ou enzimáticos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). O que impulsiona a indústria alimentícia a fazer a modificação do amido são as seguintes razões: modificar as características de cozimento (gomificação); diminuir a retrogradação e a tendência das pastas em formarem géis; aumentar a estabilidade das pastas ao resfriamento e descongelamento, a transparência das pastas ou géis e a adesividade; melhorar a textura das pastas ou géis e a formação de filmes; e adicionar grupamentos hidrofóbicos e introduzir poder emulsificante (BEMILLER, 1997).

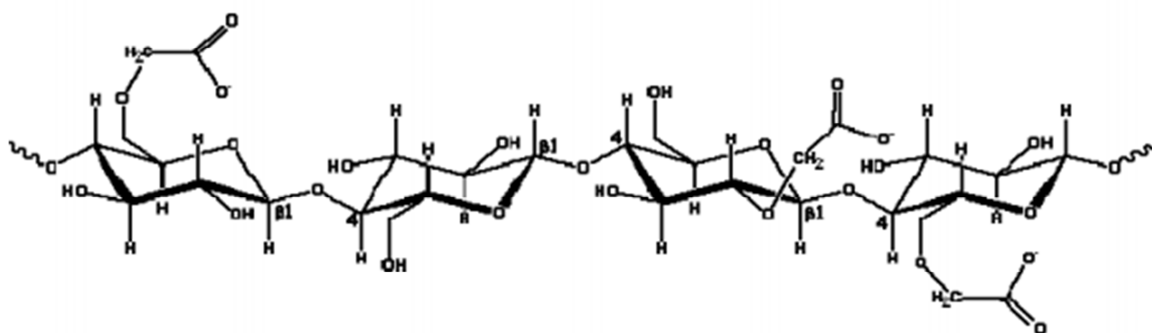
A modificação do amido pode ser feita através de processos de derivatização, como eterificação, esterificação, ligação cruzada, decomposição (hidrolise ácida ou enzimática) ou

através de tratamentos físicos do amido, utilizando o aquecimento, umidificação e pré-gelatinização (MUCCILLO, 2009).

2.1.1.4.3 CARBOXIMETILCELULOSE

A carboximetilcelulose (CMC) é um espessante derivado da celulose e é obtida através de duas reações: primeiramente, ocorre o tratamento da polpa de madeira purificada com hidróxido de sódio resultando na celulose alcalina; em seguida, a celulose alcalina reage com o ácido monocloroacético (eterificação) (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; FONTAN, 2008; MACHADO, 2000). Este aditivo é normalmente vendido na forma de sal de sódio, já que sua forma ácida apresenta baixa solubilidade em água (AMORIM, 2012). O polímero formado na eterificação é mais flexível, com forças intermoleculares mais fracas e cadeias menos regulares, apresentando propriedades que diferem significativamente da celulose de partida conforme a Figura 2 (MACHADO, 2000).

Figura 2. Estrutura da carboximetilcelulose.



Fonte: MACHADO (2000).

Uma vez que a CMC consiste em uma molécula longa e relativamente rígida com carga negativa, devido a seus numerosos grupos carboxílicos ionizados, a repulsão eletrostática faz com que estas moléculas, quando em solução, fiquem estendidas e como consequência as soluções de CMC tendem a ser, ao mesmo tempo, altamente viscosas e estáveis, estando disponíveis em uma ampla faixa de graus de viscosidade (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Apresenta-se sob várias formas, dependendo do tamanho das partículas, grau de substituição (DS), viscosidade e características de hidratação, e também apresenta estabilidade em pH ácido (CALEGUER; BENASSI, 2007). A maioria dos produtos

comerciais de CMC tem DS variando de 0,4 a 0,8, sendo que em os de uso alimentício apresentam um DS de 0,7 (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A CMC é amplamente aplicada em produtos alimentícios como espessante, estabilizante, emulsificante e em produtos com baixo teor de gorduras como agente de corpo (MULTON, 2000). A principal característica deste espessante está na propriedade de formar soluções coloidais e no fato de pequenas concentrações conferirem alto grau de viscosidade (CALEGUER; BENASSI, 2007). É geralmente utilizada na indústria alimentícia em alimentos em pó para dissolução em líquidos, coberturas, panificação, molhos, sorvetes, sobremesas, entre outros (Tabela 3) (BOBBIO, 2001).

Tabela 3. Função da CMC em alguns alimentos.

Aplicação	Função da CMC	Concentração aproximada (% em peso)
Sorvetes e congelados	Espessante; inibe o crescimento de cristais de gelo; confere resistência ao derretimento e cremosidade; melhora a textura.	0,2 -0,6
Leite achocolatado, leite acidificado, achocolatados em pó e pudins	Espessante; estabilizante (proteínas); agente de suspensão; melhorador de textura; controle da sinérese.	0,3 - 1,5
Bebidas em pó	Espessante; agente de suspensão; melhoramento da percepção de sabor; agente de corpo.	0,1 - 0,5
Produtos extrusados	Auxiliar de extrusão; agente de suspensão; formador de filme.	-
Xaropes	Espessante; agente suspensão; agente de corpo.	0,5 – 0,75
Embutidos cárneos	Retentor de água; estabilizante; lubrificante.	0,3-0,5
Sucos e bebidas	Espessante; agente de suspensão; estabilizante.	0,1-0,5

Fonte: Adaptado de DENVER ESPECIALIDADES QUÍMICAS (2012), SILVEIRA; LAPORTA; SANTOS (2011), LIMA (2014), ADITIVOS E INGREDIENTES (2009) e BRASIL (2001b).

Koocheki et al (2009) avaliaram a estabilidade de goma guar, goma xantana e CMC em catchup em diferentes temperaturas e concluíram que a CMC a 1% apresentou uma menor dependência da temperatura que os outros espessantes e comportamento pseudoplástico. Liang (2006) estudou o efeito de hidrocolóides, entre eles, CMC, sobre a sedimentação da polpa, viscosidade e turbidez de suco reconstituído de cenoura e verificou diminuição na sedimentação dos sucos com o uso deste aditivo. Caleguer (2007) verificou que o uso de CMC em pó para refresco de laranja obteve melhor aceitação comparado com a formulação padrão. Foi realizada uma pesquisa sobre a aceitação de diferentes hidrocolóides em bebida láctea de umbu e foi observado que a formulação contendo 0,3% de carboximetilcelulose obteve o pior resultado em relação à aceitação pelos consumidores e concluiu que além de conferir consistência à bebida, o carboximetilcelulose, nesta concentração, pode ter afetado outras características da bebida, que resultou na sua menor aceitação (FONTAN, G.C.R., 2008).

2.1.1.5 AROMATIZANTES

Os aromatizantes conferem sabor e aroma aos diferentes tipos de produtos. Devido a grande parte do sabor de um alimento ser diretamente influenciada pelo seu aroma, e em meio a uma grande variedade de opções e novos alimentos surgindo no mercado, são as características diferenciais destes compostos que vão determinar a aceitação do produto pelo consumidor (MELLO, C; THOMÉ, F.; LIMA, M, 2004). A tendência do consumidor é geralmente de buscar por alimentos industrializados que se aproximem ao máximo dos naturais, e a indústria utiliza os aromatizantes para exercerem esta função nos alimentos processados (HONORATO et al, 2013)

Segundo BRASIL (1997) aromatizantes são substâncias ou misturas de substâncias com propriedades aromáticas e/ou sápidas, capazes de conferir ou reforçar o aroma e/ou sabor dos alimentos. São constituídos por uma parte ativa (as substâncias e produtos aromatizantes), por veículos ou suportes (solventes) e substâncias auxiliares (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2008a).

Os aromas são classificados como natural ou sintético. Os naturais abrangem as seguintes categorias: os óleos essenciais, extratos, bálsamos e oleoresinas e substâncias aromatizantes naturais isoladas; os sintéticos, que podem ser aromatizante idêntico ao natural ou artificial; as misturas de aromatizantes; os aromatizantes de reação ou transformação; e o aromatizante de fumaça (BRASIL, 1997).

Aroma natural é aquele em cuja elaboração utilizou-se somente matéria-prima aromatizante natural, quimicamente definida ou também produto aromatizante natural, obtidos a partir de matérias vegetais ou de animais, seja por extração (processos físicos) ou por processos biotecnológicos (enzimáticos ou microbiológicos). No primeiro caso, a extração é feita a partir de matérias-primas tradicionais; no segundo caso, o desenvolvimento recente dos processos biotecnológicos permite facilitar certas limitações (LUERCE, 2008).

Os aromas sintéticos são compostos quimicamente definidos obtidos por processos químicos e são classificados como idênticos ao natural ou artificial. Os dois são obtidos por síntese química, diferindo-se apenas na sua estrutura química, no qual o aroma idêntico ao natural apresenta estrutura química encontrada na natureza, e os artificiais, são aqueles que ainda não tiveram sua estrutura identificada na natureza (BRASIL, 1997).

Os aromas artificiais continuam sendo os mais utilizados pela indústria alimentícia, por apresentarem menores custos de produção e maior estabilidade frente aos naturais. Porém, atualmente o mercado tem demonstrado que os consumidores esperam encontrar no comércio produtos alimentícios que constituam uma alimentação mais saudável. E o mercado mostra uma tendência de crescimento na próxima década, que poderá ser bastante influenciada pelos bioaromas, considerados naturais e produzidos com o emprego de enzimas ou via fermentação, utilizando-se vários tipos de microrganismos (FIESP; ITAL, 2010).

O termo “artificial” em produtos alimentícios adicionados de aditivos sintéticos vem tendo um impacto negativo na preferência do consumidor levando-os à busca de produtos que possam ser rotulados de naturais. O conceito de natural na visão do consumidor é de que materiais naturais, incluindo os compostos que conferem o aroma, são mais saudáveis e seguros do que os seus similares sintéticos (CHIAPPINI, 2008). Embora estes aditivos sintéticos sejam autorizados por órgãos de fiscalização, onde são feitas avaliações toxicológica e definidas as quantidades de uso que não ocasionem risco a saúde, os consumidores ainda mantêm a ideia de que os alimentos formulados com aromas artificiais trazem malefícios a saúde (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2008b).

Os aromas são termolábeis e também facilmente perdidos ou modificados durante o processamento sendo mais sensíveis os aromas naturais que os artificiais.

2.1.1.6 CORANTES

A alimentação, além de necessária à saúde, é uma fonte de prazer. Os consumidores ao escolherem um produto alimentício para seu consumo são influenciados primeiramente pela visão para tomar sua decisão, ou seja, a cor de um alimento influencia diretamente na percepção de sabor e qualidade do produto; alimentos coloridos, vistosos, são muito mais atraentes para o consumidor, e essa cor deve-se, sobretudo, ao uso de corantes (SOUZA, 2012).

O processamento de alimentos pode causar a degradação de pigmentos naturais existentes nos alimentos e é necessária à adição de corantes para reconstituir ou intensificar sua cor; também podem ser utilizados em produtos que necessitam do corante para apresentarem uma aparência agradável ou característica (LIDON; SILVESTRE, 2007). Segundo a legislação vigente de aditivos químicos, corante é toda substância que confere, intensifica ou restaura a cor de um alimento (BRASIL, 1997).

Duas das classes de corantes disponíveis para uso em alimentos são os sintéticos e os naturais. Os sintéticos são aqueles obtidos por síntese orgânica mediante o emprego de processo tecnológico adequado, sendo subdivididos em artificiais e idênticos ao natural (BRASIL, 1977).

Apesar dos corantes sintéticos apresentarem menores custos de produção e maior estabilidade, o número de aditivos sintéticos permitidos nos países desenvolvidos está diminuindo, a cada ano, em favor dos pigmentos naturais (LOPES et al, 2007). Alguns corantes sintéticos podem causar problemas à saúde, como alergias e em alguns casos, características carcinogênicas; por este motivo a conscientização da população sobre os possíveis efeitos tóxicos dos corantes sintéticos vem aumentando cada vez mais nos últimos tempos (COULTATE, 2004; LIDON; SILVESTRE, 2007).

O corante orgânico natural é obtido a partir de origem vegetal, ou eventualmente, de animal, cujo princípio corante tenha sido isolado com o emprego de processo tecnológico adequado (BRASIL, 1977). Estes aditivos apresentam algumas desvantagens, pois podem apresentar instabilidade ao processamento referente à exposição a luz, pH, tratamento térmico bem como em relação aos preços elevados (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009). Os corantes naturais mais comumente empregados na indústria alimentícia são extratos de urucum,

carmim de cochonilha, curcumina, antocianinas e betalaínas (CONSTANT; STRINGHETA; SANDI apud SILVA, 2010).

A mudança na cor dos alimentos durante um processo térmico é influenciada por vários mecanismos, tais como degradação de pigmentos, a oxidação de ácido ascórbico, escurecimento enzimático, e escurecimento não enzimático (LING *et al*, 2014). As mudanças de cor podem ser causadas pela reação de Maillard ou pela destruição térmica de pigmentos (SKREDE, 1985).

2.1.1.7 ACIDULANTE E REGULADOR DE ACIDEZ

Os acidulantes são substâncias que aumentam a acidez ou conferem um sabor ácido (azedos ou acres) aos alimentos; e o regulador de acidez tem a função semelhante, por ser uma substância que altera ou controla a acidez ou alcalinidade dos alimentos (BRASIL, 2009).

Além disso, também podem ter os seguintes objetivos: atenuar o gosto açucarado de alguns alimentos, estabelecendo um sabor agridoce; acidificar o meio, promovendo a alteração do pH do meio e, ocasionalmente, transformando o alimento em outros produtos (por exemplo, a coalhada); atuar como conservadores; usados como agentes de cura; para o melhoramento da textura em geleias e gelatina, causando a inversão de açúcares e evitando sua cristalização (YAMANAKA; MENEGHIN, 2012; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Os ácidos mais utilizados em alimentos e permitidos pela legislação são o ácido cítrico e o ácido láctico (BRASIL, 2009). O primeiro é o ácido mais empregado na indústria de alimentos, possuindo como características uma alta solubilidade em água, aparência cristalina e sabor semelhante ao de limão, de percepção imediata e intensa, mas pouco duradouro, utilizado em produtos de frutas, refrescos entre outros (FOOD INGREDIENTS, 2011).

O ácido láctico é obtido pela fermentação láctica natural de açúcares, utilizando bactérias da espécie *Streptococcus lactis*, possui aparência cristalina e é geralmente comercializado em solução aquosa a 85%. Este ácido possui uma ampla gama de aplicações na indústria alimentícia, sendo utilizado como acidulante, flavorizante, tamponante ou agente inibidor de bactérias deteriorantes em uma ampla variedade de alimentos processados, tais como, pães e produtos de panificação, bebidas, produtos lácteos, doces e geleias (DATTA, 1995).

O citrato de sódio é utilizado como regulador de acidez ajudando a manter o pH dentro dos limites requeridos em um produto (BRASIL, 2013).

2.1.1.8 CONSERVANTES

Conservantes são substâncias que prologam a durabilidade dos alimentos, protegendo-os contra a deterioração provocada por microrganismos. Podendo ser eficazes contra enzimas, bactérias, bolores e leveduras que tornariam os produtos alimentares impróprios para consumo (LIDON; SILVESTRE, 2007). A legislação definiu a função dos conservantes como de serem substâncias que impedem ou retardam a alteração dos alimentos provocada por microrganismos ou enzimas (BRASIL, 1997).

Em preparados alimentares é permitida a utilização dos ácidos sórbico e benzóico, e dos seus respectivos sais (BRASIL, 1997). O ácido sórbico e seus sais de sódio e de potássio são muito utilizados na inibição de bolores e leveduras em diversos alimentos, como em produtos de panificação, doces e geleias, frutas em conserva e sucos de frutas. O ácido sórbico, que é um ácido graxo poliinsaturado de cadeia curta, apresenta algumas características como: afeta pouco no sabor nas concentrações em que geralmente é usado (máximo 0,3% em peso); é eficaz contra leveduras e fungos e ação mais fraca contra bactérias; sua atividade aumenta à medida que o pH diminui, indicando que a forma não dissociada em geral é efetiva em pH até 6,5; solúvel em fases oleosas e pouco solúvel em temperatura ambiente (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; COULTATE, 2004; LIDON; SILVESTRE, 2007) .

Além do ácido sórbico, são frequentemente utilizados sais de sódio, de potássio e de cálcio do ácido sórbico. A utilização dos sais tem grande aplicação, pois tem os mesmos efeitos antimicrobianos e tem maior solubilidade em água. A respeito de sua toxicidade nas quantidades utilizadas na indústria não parece apresentar efeitos secundários relevantes apenas possíveis alergias que se manifestam como urticárias. O fato de este aditivo ser metabolizado como alguns ácidos graxos, reduz a possibilidade de apresentar efeitos nocivos (LIDON; SILVESTRE, 2007).

O ácido benzoico e seus sais (Na e K) são bastante utilizados pelas indústrias de alimentos devido a seu baixo custo, poder bactericida e fungicida em pH em torno de 2,5 a 4,0 (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Assim como o ácido sórbico o ácido benzoico em sua forma não dissociada é mais efetivo no controle microbiológico, porém é pouco solúvel em água e por este motivo usa-se preferencialmente o benzoato de sódio

(COULTATE, 2004; LIDON; SILVESTRE, 2007). Embora não apresentem efeitos tóxicos agudos ou sub-crônicos, o ácido benzóico e seus sais apresentaram, em estudos de toxicidade crônica, possíveis efeitos carcinogênicos e teratogênicos (SANTOS, 2012). Esta substância além de poder conferir gosto forte e apimentado, também é ativa contra lactobacilos, o que impede o uso em produtos fermentados. Como uma das principais aplicações dos preparados de frutas é em iogurtes este conservante não é aplicado neste tipo de produto (FÜGEL; CARLEAND; SCHIEBER, 2005).

Apesar de imprescindíveis como método adicional de conservação de alimentos os conservantes estão relacionados a riscos toxicológicos que estes compostos representam à saúde do consumidor, levando ao decréscimo do uso de conservantes químicos em alimentos (FAI; STAMFORD; STAMFORD, 2008). Como citado anteriormente em relação aos corantes e aromatizantes, a tendência da fabricação de produtos com o apelo de “sem conservantes” pelas fabricantes de alimento tem crescido, pois os consumidores direcionam-se preferencialmente para estes tipos de produtos no seu processo decisório (IKEDA; MORAES; MESQUISTA, 2010; ZANETTE, 2014).

Uma alternativa tecnológica para a redução do uso de conservantes químicos é o processamento de alimentos de forma asséptica com o uso do binômio tempo e temperatura adequado e envase asséptico (MIRANDA, 2010).

2.1.2 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

Para a determinação do binômio de tempo e temperatura adequado que garanta a inocuidade dos preparados alimentares é necessário caracterizar o seu perfil microbiológico, pois o tratamento térmico aplicado vai variar conforme o preparado e os microrganismos que possam estar nele presentes (LOPES, 2013).

A RDC nº 12 de 2001 que define os padrões microbiológicos para alimentos não contemplam os preparados de frutas, porém esta legislação permite conforme o item 2 do Anexo I que:

No caso de análise de produtos não caracterizados nas tabelas especificadas neste Anexo, considera-se a similaridade da natureza e do processamento do produto, como base para seu enquadramento nos padrões estabelecidos para um produto similar, constante no referido Anexo I deste Regulamento (BRASIL, 2001a).

Esta mesma resolução contempla em seu anexo a categoria das frutas, produtos de frutas e similares, e nesta está definido o padrão microbiológico para alguns produtos similares a preparados de frutas conforme a Tabela 4 (BRASIL, 2001a).

Tabela 4. Padrão Microbiológico de algumas frutas, produtos de frutas e similares.

Produtos de frutas e similares	Microrganismo	Tolerância para Amostra Indicativa UFC ou NMP/g ou ml
Branqueadas ou cozidas, inteiras ou picadas, estáveis à temperatura ambiente, refrigeradas ou congeladas, consumidas diretamente;	Coliformes a 45°C	10 ²
Polpa de frutas concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas.	Salmonella sp	Ausência em 25g
Purês e doces em pasta ou massa e similares, incluindo geleias, não comercialmente estéreis.	Bolores e Leveduras	10 ⁴

Fonte: BRASIL (2001a).

Produtos de frutas são geralmente alimentos ácidos e a sua elevada acidez restringe a microbiota deteriorante, especialmente os microrganismos patógenos. Logo, a microbiota normalmente presente é constituída por bolores, leveduras, bactérias lácticas e outros microrganismos ácido tolerantes como bactérias acéticas, *Zymomonas* e algumas espécies de *Bacillus* (SIQUEIRA; BORGES, 1997). Esta contaminação é proveniente das condições da matéria-prima e da lavagem à qual são submetidas, além das condições higiênico-sanitárias dos manipuladores, equipamentos e ambiente industrial em geral (SANTOS; COELHO; CARREIRO, 2008). Entre as bactérias do gênero *Bacillus* as que apresentam maior

resistência à acidez (acidófilos) são a *B. coagulans* e a *B. polymyxa* sendo que o primeiro pode crescer em pH de até 3,4, em crescimento *in vitro* (MASSAGUER, 2005).

A maioria dos fungos filamentosos possui limitada resistência térmica e é facilmente destruída pela aplicação de calor. Entretanto, algumas espécies que possuem a característica de produzir ascósporos (reprodução sexuada), como *Byssochlamys*, *Neosartorya* e *Talaromyces*, entre outras, demonstram uma alta resistência térmica (HOCKING e PITT, 1984; JESENKÁ et al., 1993; PIECKOVÁ et al., 1994; TOURNAS, 1994; KING JUNIOR, 1997; RAJASHEKHARA et al., 2000; VALÉK e PIECKOVÁ, 2001; SALOMÃO et al., 2007; SLOGO e ARAGÃO, 2007; SANT'ANA et al., 2009).

Nos últimos anos tem se constatado o envolvimento dos *Byssochlamys* na deterioração de sucos e bebidas de frutas, concentrados de uva, pudins de frutas, recheio de frutas para tortas e polpas de frutas em geral podendo sobreviver a temperaturas de 80 a 100°C (MASSAGUER, 2005).

Existem vários estudos sobre a ocorrência de fungos termorresistentes em produtos de frutas, Ferreira et al. (2011) caracterizaram a termorresistência dos fungos mais termorresistentes, isolados de néctares de maracujá e abacaxi comerciais pasteurizados, bem como verificaram a produção de patulina por esses fungos, quando inoculados em tais néctares; os fungos com maior termorresistência isolados no estudo foram o *Byssochlamys fulva* e o *Byssochlamys nivea*, sendo seus parâmetros de destruição térmica os valores $D_{98^{\circ}\text{C}}$ e Z para o fungo *B. fulva* em néctar de maracujá de 27 min e 5,4 °C, respectivamente. E para o *B. nivea* em néctar de abacaxi de 13,6 min e 5,5 °C, respectivamente. Não houve produção de patulina por estes dois fungos nos néctares estudados.

Em néctar de maçã (pH 3,4 e 11,6 °Brix) foram detectadas 11 linhagens de bolores, sendo 5 termorresistentes. Dentre estas, três cepas, isoladas da matéria-prima e do concentrado de maçã, foram identificadas como *Neosartorya fischeri*; uma cepa isolada da matéria-prima foi identificada como *Byssochlamys fulva*, e uma cepa isolada do produto após a primeira pasteurização foi identificada como *Eupenicillium sp.* As cepas de fungos mais resistentes foram as de *Neosartorya fischeri* e *Byssochlamys fulva*, que sobreviveram ao tratamento de 95 °C/20 minutos (SALOMÃO; MASSAGUER; ARAGÃO, 2008).

Em análises de fungos termorresistentes, realizadas em polpas de cupuaçu durante as etapas de homogeneização e pasteurização (90 °C por 60 s), foi observado que os fungos termorresistentes *Aspergillus niger* e *Aspergillus flavus* sobreviveram ao processamento térmico, indicando que a pasteurização aplicada não foi eficiente; seria necessário um tratamento de 95 °C/20,26 min ou a uma temperatura maior por menos tempo, 98 °C/6,83 min

ou 101 °C/1,12 min para redução da população em 5 ciclos logarítmicos do *Aspergillus niger* (GOLÇALVES, 2014).

Outros fatores contribuem para a sobrevivência e a alteração da resistência térmica de fungos termorresistentes, dentre eles, destacam-se a presença de ácidos orgânicos, teor de sólidos solúveis, tipos de meios de aquecimento e a adição de conservantes. A atividade de água, atmosfera e o pH do meio também são considerados fatores importantes para a resistência térmica de fungos (SLONGO, 2004; SLONGO *et al.*, 2005).

B. nivea é capaz de crescer em baixas tensões de oxigênio (KING *et al.*, 1969) e em pH baixo típico de frutas e produtos de frutas e essa capacidade é inibida em alimentos com atividade de água abaixo de 0,9 (BEUCHAT e TOLEDO, 1977). Além disso, algumas espécies de *B.nívea* são micotoxigênicas, produzindo ácido bissoclâmico, patulina e bissotoxina (BEUCHAT e RICE, 1979).

Os estudos sobre a incidência de fungos termorresistentes evidenciam que o solo é a principal fonte de contaminação. Assim sendo, frutas e vegetais que têm contato direto com o solo, como o abacaxi e o morango, são particularmente mais susceptíveis à contaminação por esses microrganismos (FERREIRA, 2009).

Em 1964, foram realizados os primeiros experimentos que demonstravam a alta resistência térmica de *B. nivea* ao calor. A avaliação da sua resistência térmica em sucos de morango mostrou uma capacidade de sobreviver por 10 minutos a 87°C e a destruição de 10 ascósporos/ mL em 10 minutos a 90°C (PUT e KRUISWIJK, 1964 apud ARAGÃO, 1989).

Baglioni (1998) cita que a variação entre cepas de fungos termorresistentes, a influência da natureza do meio de aquecimento e a adição de conservantes são os principais fatores que afetam a resistência térmica de fungos filamentosos termorresistentes como o *B. nivea*.

Aragão (1989) estudou a termorresistência de fungos em suco de morango (15 °Brix, pH 3,0) e a cepa de *B. nivea*, que apresentou a maior termorresistência entre as analisadas, exibiu os seguintes parâmetros de resistência térmica: valor D há 93°C de 3,41 e o valor Z de 6,17°C.

2.2 TRATAMENTO TÉRMICO

A ação letal do calor sobre os microrganismos é um dos procedimentos físicos para aumentar a vida útil dos alimentos, onde a pasteurização e a esterilização são as duas mobilidades comumente utilizadas no tratamento térmico. A pasteurização visa à obtenção de

um alimento isento de microrganismos patógenos não esporulados reduzindo a microbiota indesejável do alimento enquanto a esterilização visa destruir os microrganismos presentes, esporulados ou não, para a obtenção de um alimento microbiologicamente estável (ORDÓÑES, 2005). Além de eliminar microrganismos, o tratamento também pode inativar enzimas que causam alterações indesejadas de cor, sabor, aroma e textura, deterioração dos alimentos (FELLOWS, 2006).

O tratamento térmico apesar de uma boa alternativa para a preservação dos produtos pode ocasionar inconvenientes como alterações indesejáveis nas características sensoriais e nutricionais dos alimentos, isto porque ocorrem diversas reações químicas, bioquímicas e físicas durante a aplicação de processos térmicos; uma medida que visa minimizar os efeitos negativos do tratamento térmico é definir os parâmetros de tempo e temperatura mais adequados para cada tipo de processo (LEWIS; HEPPEL, 2000).

Os tipos de tratamento térmico são basicamente os descontínuos (batelada) e os contínuos, sendo o último aplicado essencialmente com alimentos líquidos ou pastosos como leite, iogurtes e sucos (SARAVACOS; KOSTAROPOULOS, 2002). Uma das vantagens do processamento térmico contínuo em relação ao descontínuo é a melhoria nas características sensoriais do produto final ocasionado pelo menor tempo de processamento (KECHICHIAN, 2011).

2.2.1 PROCESSAMENTO TÉRMICO CONTÍNUO

O processo térmico de fluxo contínuo consiste em aquecer o produto até à temperatura de processo adequada, mantê-lo a esta temperatura durante o tempo desejado, e em seguida arrefecer para uma temperatura adequada para o posterior envasamento asséptico, sem recontaminação (LEWIS; HEPPEL, 2000). O tipo de equipamento mais utilizado na indústria de alimentos para o processo contínuo é o trocador de calor a placas seguido do trocador de calor tubular, que são equipamentos que transferem energia térmica entre dois fluidos com temperaturas diferentes (SANNERVIK; BOLMSTEDT; TRAGARDH, 1996).

Estes equipamentos são classificados de acordo com o método de aquecimento como indiretos, pois o produto a ser processado é mantido separado do meio de aquecimento, água quente ou vapor, por uma barreira condutora de calor normalmente feita de aço inoxidável, de modo que não há nenhum contato físico entre o produto e o meio de aquecimento (FELLOWS, 2006).

Os trocadores de calor de placas são utilizados para produtos de baixa viscosidade e que não possuam quantidades excessivas de partículas suspensas. Estes trocadores apresentam diversas vantagens como a grande área de transferência de calor em um pequeno espaço físico, custos de fabricação baixos e a facilidade de limpeza e manutenção (SARAVACOS; KOSTAROPOULOS, 2002; LEWIS; HEPPEL, 2000).

Em algumas aplicações, os trocadores de calor a placas não são adequados como para processos térmicos de fluidos de média a alta viscosidade, e fluídos contendo pequenas partículas sólidas (fibras ou polpas) e nestes casos os trocadores de calor tubulares (duplo tubo ou tubos concêntricos) são mais utilizados. As desvantagens que os trocadores de calor tubulares apresentam frente aos de placas são uma taxa de aquecimento mais lenta e desenho do equipamento pouco compacto (LEWIS; HEPPEL, 2000).

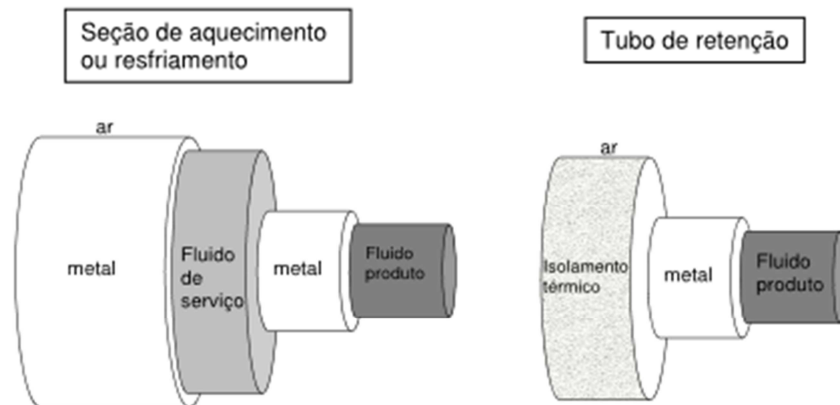
Os trocadores de calor tubulares podem ser classificados como de carcaça e tubo, tubo duplo e de superfície raspada. Os trocadores de carcaça e tubos consistem em uma carcaça que contém um conjunto de tubos verticais ou horizontais (FELLOWS, 2006). Os equipamentos de superfície raspada constituem de um eixo móvel com lâminas de raspagem localizadas concêntricamente dentro de um cilindro de transferência de calor encamisado e isolado, otimizando assim a área de transferência de calor, por manter elevado o coeficiente de transferência de calor pela ação combinada da redução da incrustação e o aumento da turbulência interna do tubo. São especialmente desenhados para produtos de viscosidade elevada. As dificuldades deste equipamento são a difícil construção, o alto custo de manutenção e o tamanho grande do equipamento (SARAVACOS; KOSTAROPOULOS, 2002; LEWIS; HEPPEL, 2000).

Trocadores de calor tubulares, duplo tubos ou tubos concêntricos, são bastante utilizados em processos térmicos de fluídos de média e alta viscosidade com pequenas partículas sólidas, sendo utilizados em produtos lácteos, maionese e alimentos para bebês (FELLOWS, 2006). Apresentam construção simples e são adquiridos em forma de módulos, podendo ser montados em série ou em paralelo, ajustando-se ao dimensionamento do processo ou com a área requerida de troca térmica. Porém são trocadores pouco compactos, podem ocorrer vazamentos devido ao grande número de conexões e dificuldade de limpeza devido à desmontagem (SARAVACOS; KOSTAROPOULOS, 2002; LEWIS; HEPPEL, 2000).

O processo térmico dos trocadores de calor bitubular consiste em três seções: um estágio de aquecimento, onde o produto é aquecido até a temperatura de interesse (temperatura de processo); um estágio de resfriamento, onde o produto é resfriado até certa

temperatura; e o estágio de retenção, no qual o produto fica por um tempo suficiente na temperatura do processo para que o nível de esterilização requerido seja atingido. O produto escoar no tubo interno enquanto o fluido de aquecimento ou resfriamento escoar no espaço anular entre os dois tubos conforme a Figura 3 (JUNG; FRYER, 1999).

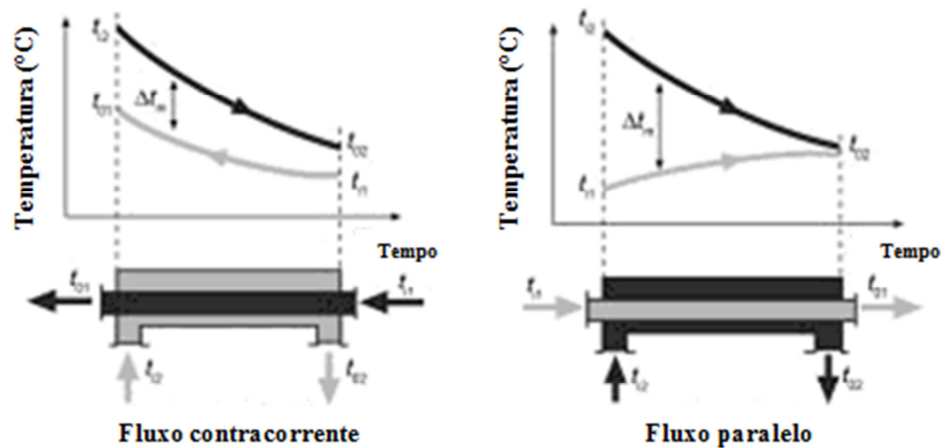
Figura 3. Esquema das seções do trocador de calor tubular.



Fonte: KECHICHIAN (2011).

O equipamento opera com duas possibilidades de fluxo entre as correntes de saída e entrada do produto e do fluido de serviço (água ou vapor) sendo elas as correntes em paralelo ou em contracorrente. Na configuração paralela, os fluidos entram pela mesma extremidade, escoam no mesmo sentido e deixam o equipamento na mesma extremidade, na configuração contracorrente, os fluidos entram no equipamento, escoam e deixam o trocador de calor em extremidades opostas como esquematizado na Figura 4 (SARAVACOS; KOSTAROPOULOS, 2002). Trocadores de calor em contracorrente proporcionam uma transferência de calor mais eficaz, e por este motivo a maioria dos permutadores de calor industriais são de design de fluxo de contracorrente (TAMINE; ROBINSON, 2007).

Figura 4. Fluxo paralelo e contracorrente de trocador de calor bitubular.



Fonte: TAMINE & ROBINSON (2007).

2.3 CINÉTICA DE MORTE MICROBIANA

A cinética de morte microbiana lida com microrganismos que estão envolvidos na deterioração dos alimentos, com o intuito de proteger a saúde pública. No processamento de alimentos a conservação pelo calor pode causar perdas na qualidade sensorial e nutricional dos produtos e a cinética também pode ser utilizada para monitorar tais perdas de qualidade (SARAVACOS; KOSTAROPOULOS, 2002).

Quando se aumenta a temperatura acima da sua temperatura máxima de crescimento de um microrganismo, primeiro este é inibido e posteriormente ocorrem lesões subletais ao mesmo. Neste caso o microrganismo ainda pode ser viável, mas não consegue se multiplicar até que a lesão seja reparada, porém se a temperatura for suficientemente elevada ocorrerá inevitavelmente a sua morte, ou seja, qualquer temperatura acima da máxima de crescimento é letal para o microrganismo (ORDÓNES, 2005).

Os tratamentos térmicos letais provocam nas populações microbianas homogêneas um decréscimo progressivo e ordenado de suas taxas de crescimento e ajustam-se essencialmente ao curso logarítmico. Para qualquer microrganismo que se encontre em um determinado meio tratado termicamente a uma temperatura fixa, a velocidade de destruição segue uma cinética de primeira ordem conforme a Equação 1 (IBARZ; CÁNOVAS, 2005; ORDÓNES, 2005; SARAVACOS; KOSTAROPOULOS, 2002).

$$\frac{dN}{dt} = -kt \quad (1)$$

Integrando a equação (1) obtemos:

$$\ln \frac{N}{N_0} = 2,3 \log \frac{N}{N_0} = -kt \quad (2)$$

Em que $N_{(t)}$ e N_0 são o número de microrganismos existentes no meio em determinado tempo (t) e no início, respectivamente e k é o coeficiente de letalidade térmica (tempo^{-1}). O coeficiente de letalidade térmica é definido como a destruição dos microrganismos durante um tratamento térmico (ORDÓNES, 2005). Normalmente, o valor de k está relacionado com o tempo de redução decimal (valor D_T) que é expresso em função da constante de cinética de destruição térmica como (equação 3):

$$D_T = \frac{2,3}{k} \quad (3)$$

O valor D_T que é definido como o tempo necessário, em minutos a uma determinada temperatura (T), requerido para destruir 90% (um ciclo log) da população de microrganismos presentes (SARAVACOS; KOSTAROPOULOS, 2002).

Logo, o tempo de tratamento térmico em relação a um determinado microrganismo é expresso pela (equação 4):

$$t = D_T \log_{10} \left(\frac{N_0}{N} \right) = nDT \quad (4)$$

Onde n é o número de ciclos de redução da população microbiana. Em um tratamento térmico, é assumido que este tempo D_T é independente da concentração inicial de microrganismos, mas depende da temperatura, do tipo de microrganismo e do alimento em que o microrganismo cresce (IBARZ; CÁNOVAS, 2005).

Em relação à dependência dos parâmetros cinéticos, com os fatores ambientais o modelo de Bigelow é o mais frequentemente utilizado (HABERBECK, 2009). A descrição da dependência da temperatura no valor D_T pode ser representada pela equação de distribuição térmica (equação 5) (IBARZ; CÁNOVAS, 2005).

$$D_T = D_{T_{ref}} 10 \left(\frac{T_{ref} - T}{z} \right) \quad (5)$$

Em que $D_{T_{ref}}$ é o tempo de redução decimal na temperatura de referência (T_{ref}), T_{ref} é a temperatura de referência (°C) e z é um parâmetro cinético. O parâmetro z indica a variação da taxa de morte térmica com a temperatura, representando o aumento da temperatura necessária para reduzir o valor do tempo de tratamento D_T na décima parte, ou seja, mede a resistência térmica dos microrganismos em diferentes temperaturas (IBARZ; CÁNOVAS, 2005; ORDÓÑES, 2005; SARAVALCOS; KOSTAROPOULOS, 2002; STUMBO, 1973). Isto permite o cálculo dos processos térmicos equivalentes em diferentes temperaturas (JAY, 2005), e esta ligado ao tipo de microrganismo e o meio que está inoculado (IBARZ; CÁNOVAS, 2005).

Neste contexto, podemos inserir também o parâmetro cinético de tempo de morte térmica (F) que é definido como o tempo, em minutos em uma dada T , para assegurar a redução de uma carga microbiana especificada, ou seja, levando em conta todo o tratamento térmico com capacidade de destruir esporos ou células vegetativas de um dado microrganismo em um determinado processo (STUMBO, 1973), conforme a equação (6):

$$F_{(t,z)} = D_T \log_{10} \left(\frac{N_0}{N} \right) = n D_T \quad (6)$$

O valor z também se utiliza para calcular a taxa ou a eficácia letal (L) que é definida como a razão entre o tempo de morte microbiana em minutos na T_{ref} e o tempo de morte térmica a qualquer temperatura, expressa pela equação (7) (SARAVALCOS; KOSTAROPOULOS, 2002).

$$L = 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}} \quad (7)$$

A letalidade é um parâmetro adimensional que varia de zero a um (IBARZ; CÁNOVAS, 2005). O F do processo (F_p) é calculado pela integração numérica dos valores das letalidades em cada temperatura ao longo do processo segundo a equação (8).

$$F_p = \int L dt = \int 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}} dt \quad (8)$$

A equação (8) permite avaliar o processamento térmico que ocorre nas seções de aquecimento e resfriamento dos trocadores de calor (PEGORARO, 2012).

Durante um tratamento térmico os períodos de aquecimento e resfriamento contribuem para a letalidade do tratamento, e a avaliação do perfil de temperaturas e letalidades do processo é útil para verificar se o tempo utilizado a certa temperatura foi suficiente para alcançar a letalidade desejada (PEGORARO, 2012).

O efeito letal de qualquer intervalo do processo depende do índice letal a uma determinada temperatura e do tempo de exposição na mesma. O efeito letal acumulativo do tratamento térmico pode ser estimado pela integração gráfica, a partir dos índices letais e dos tempos correspondentes o gráfico pode ser construído, sendo o L do processo proporcional à área abaixo da curva gerada (GAVA, 1998).

O parâmetro F do processo (F_p) pode ser calculado pelo método de Patashnik no qual o F_p é a soma das letalidades calculadas em cada temperatura ao longo do processo, onde o número de medidas de temperatura ao longo do tempo de tratamento deverá ser o máximo possível, a fim de que o valor F_p seja muito próximo ao real. Para aquecimentos instantâneos o F_p é numericamente igual ao valor de t do processo (Penna e Machoshvili, 1997).

Ao compararmos o tempo de morte térmica do microrganismo (F_{mo}) com o do processo (F_p) é fundamental que a F_{mo} seja maior ou igual a F_p no tubo de retenção, para assegurar a estabilidade microbiológica do alimento (IBARZ; CÁNOVAS, 2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram testadas amostras de preparado de morango elaboradas com dois tipos de espessantes, o amido modificado e o CMC. Ambos foram submetidos a diferentes processos de conservação, as amostras padrão utilizando a conservação química com a aplicação do conservante sorbato de potássio e as amostras teste aplicando a conservação física com aplicação de calor em trocador de calor tubular. Logo, as amostras analisadas foram:

- Amido modificado com conservante (AC);
- CMC com conservante (CC);
- Amido modificado tratado termicamente (AT);
- CMC tratado termicamente (CT).

3.1 MATERIAIS

Os ingredientes e embalagens utilizados para elaboração dos preparados de morango foram fornecidos pela empresa parceira processadora de preparados de frutas. Para a produção das formulações foram utilizados os seguintes insumos: água; polpa de morango congelada sem semente com 7 °Brix; açúcar cristal; espessantes amido modificado de amido milho ceroso e carboximetilcelulose (CMC); conservante sorbato de potássio; acidulantes ácido láctico e citrato de sódio; corante carmim 3% sem amônia; aromatizante idêntico ao natural sabor morango.

Potes de vidro com tampas metálicas foram esterilizados previamente em autoclave vertical Phoenix durante 15 min na temperatura de 121°C. Estes potes foram tampados e reservados para o envase das amostras após o tratamento térmico.

3.2 CÁLCULO DO BINÔMIO DE TEMPO E TEMPERATURA DO PROCESSO

Os preparados de morango, por serem alimentos ácidos, possuem normalmente uma microbiota deteriorante caracterizada por fungos e leveduras, que apresentam baixa resistência ao processamento térmico, sendo geralmente inativados por temperaturas inferiores a 100°C. Porém, através da revisão bibliográfica, pode-se observar que os fungos termorresistentes podem sobreviver aos binômios de tempo e temperatura usualmente

aplicados no processamento de produtos de frutas, e por este motivo foi escolhido um fungo termorresistente para a determinação do tempo e temperatura do processo, visando analisar as possíveis alterações nas características sensoriais dos preparados em condições críticas do tratamento térmico.

O microrganismo alvo utilizado foi o fungo termorresistente *B. nivea* que apresenta os parâmetros cinéticos em suco de morango (15 °Brix, pH 3,0) de 3,41 min para o valor D e 6,17°C para o valor de z, na temperatura de referência de 93°C (ARAGÃO, 1989). Para calcular o valor de F do microrganismo foi utilizada a Equação (6) considerando uma redução decimal de 5 log do microrganismo alvo, decréscimo considerado satisfatório para produtos de frutas. Para fins de cálculo foi considerada a taxa de letalidade no tubo de retenção igual a 1, logo, o F_p foi considerado igual F_{mo} .

Na temperatura de 93°C o tempo de retenção ficou muito elevado (3,41 min) e por este motivo foi recalculado o tempo para uma temperatura de 105°C, com o auxílio da equação (5) com o objetivo de minimizar as alterações sensoriais devido à exposição ao calor por um período de tempo mais prolongado, e com o novo valor de D a 105°C pode-se obter o valor de F a esta temperatura. Os cálculos são apresentados no (APÊNDICE A). A partir destas considerações, o resultado do binômio tempo e temperatura do processo calculado foi de 105 °C por 13 s.

3.3 PROCESSAMENTO DO PREPARADO DE MORANGO

Os preparados de morango foram elaborados em escala laboratorial na empresa parceira, com os seguintes parâmetros físicos: teor de sólidos solúveis de 15 °Brix, pH na faixa de 4,2 a 4,3. Os produtos foram elaborados para serem aplicados a 4% em base de bebida láctea. Estes parâmetros foram baseados em formulações consolidadas de preparados de morango e aprovadas previamente pelo laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da empresa de preparados de frutas parceira.

Foram elaboradas duas formulações de preparado de morango com diferentes espessantes, uma com amido modificado e a outra com CMC. Ambas formulações apresentam a mesma porcentagem de polpa de fruta, corante e aromatizante diferindo apenas na concentração de açúcar, pois o ajuste do teor de sólidos solúveis desejado é realizado a partir desta porcentagem, e da concentração de ácido láctico e citrato de sódio que foram utilizados conforme o pH após o cozimento do produto.

O processo de elaboração das amostras iniciou-se com a pesagem dos insumos e posterior preparo dos espessantes, esta preparação preliminar consiste em dispersar e/ou regenerar os espessantes sólidos antes da adição dos demais ingredientes a fim de se obter uma melhor dispersão dos ingredientes. O amido modificado foi disperso em água fria na proporção de 1:1 e o CMC foi disperso em açúcar cristal na proporção de 1:5 e posteriormente colocado em um liquidificador industrial pelo tempo de 5 min contendo água fria para a regeneração da goma na proporção de 1:15 (CMC e açúcar : água).

O espessante, a polpa de morango sem sementes, o açúcar, e a água foram adicionados e homogeneizados em uma panela de aço inox que foi levada à cocção sob agitação sendo cronometrado o tempo de cozimento a partir do início da fervura. O tempo de cozimento necessário para a formação do gel dos produtos foi de 17 min para o amido modificado e de 10 min para o CMC. O teor de sólidos solúveis do produto foi monitorado durante todo o processo de cocção. O corante e o aromatizante foram adicionados após o término da cocção, e posteriormente a esta adição foram feitos os ajustes finais de pH e sólidos solúveis.

Uma alíquota de 5,5 kg de preparado de morango foi envasada em potes plásticos brancos de polipropileno com tampa lacre e armazenadas sob-refrigeração e proteção da luz, para posterior realização do tratamento térmico. O restante da amostra foi separado para a adição do conservante sorbato de potássio; nestas amostras foi realizada um segundo ajuste de pH com ácido láctico, pois o sorbato de potássio causa um acréscimo no pH do produto e após esta correção o produto foi envasado e armazenado sob temperatura ambiente ao abrigo da luz para posterior análise. Estes dois procedimentos foram realizados para ambas as amostras.

3.4 PROCESSAMENTO TÉRMICO DOS PREPARADOS

As amostras de preparados de morango sem a adição de conservantes armazenadas sob refrigeração foram submetidas ao processamento térmico, como forma alternativa de conservação, no dia posterior a sua elaboração. Foi utilizada a planta-piloto de processamento UHT/HTST da Armfield Limited localizada no Laboratório de Laticínios do Instituto de Tecnologia e Ciência de Alimentos (ICTA) da Universidade Federal do Rio Grande Sul (UFRGS).

A planta piloto é constituída de uma unidade de serviço (Armfield FT74XTS), um módulo do trocador de calor tubular (Armfield FT74-20-MkIII) e um chiller (Parker Hidross Hyperchill). A unidade de serviço compreende o tanque de alimentação, a bomba de

alimentação, a instrumentação para os permutadores de calor e uma caldeira (com alimentação elétrica) de água quente com uma bomba de recirculação. Ele é controlado por um Controlador Lógico Programável (CLP) com um painel touch screen proporcionando a interface do operador. O FT74XTS padrão permite a evolução da temperatura a ser gravado num datastick USB para análise subsequente (ARMPFIELD LIMITED, 2008). Esta unidade pode ser visualizada na Figura 6.

Figura 5. Unidade de serviço processamento UHT/HTST Armfield FT74XTS

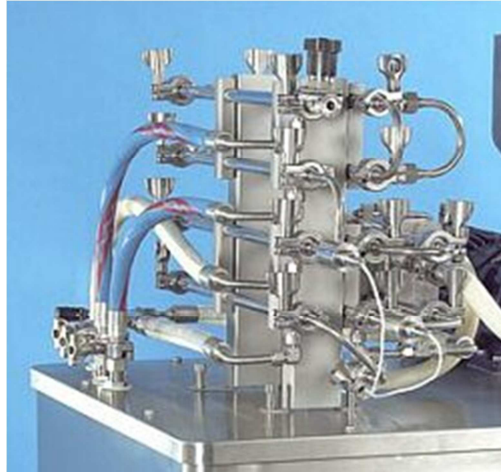


Fonte: ARMPFIELD LIMITED (2008)

O módulo de trocador de calor tubular foi montado com tubos concêntricos de aço inoxidável onde o produto escoam no tubo interno enquanto os fluídos de serviço escoam no espaço anular entre os dois tubos. O layout de processamento para os preparados de morango consistiu em quatro tubos de aquecimento, um tubo de retenção (13s com fluxo de 13L/h) e quatro de resfriamento com fluxo contracorrente. Foram distribuídos seis termopares ao longo do trocador sendo eles na entrada, no pré-aquecimento, na entrada e saída do tubo de retenção, e na saída do produto, e o da temperatura de alimentação de água quente. As especificações do modulo são: diâmetro do tubo interno de 8,1 mm; diâmetro do tubo externo de 15,8 mm; comprimento do tubo de 0.4 m; em aço inoxidável 316; a pressão máxima de

trabalho de 15 bar (ARMFILD, 2008). O trocador de calor tubular pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 6. Módulo do trocador de calor tubular UHT / HTST Armfield - FT-MkIII 74-20.

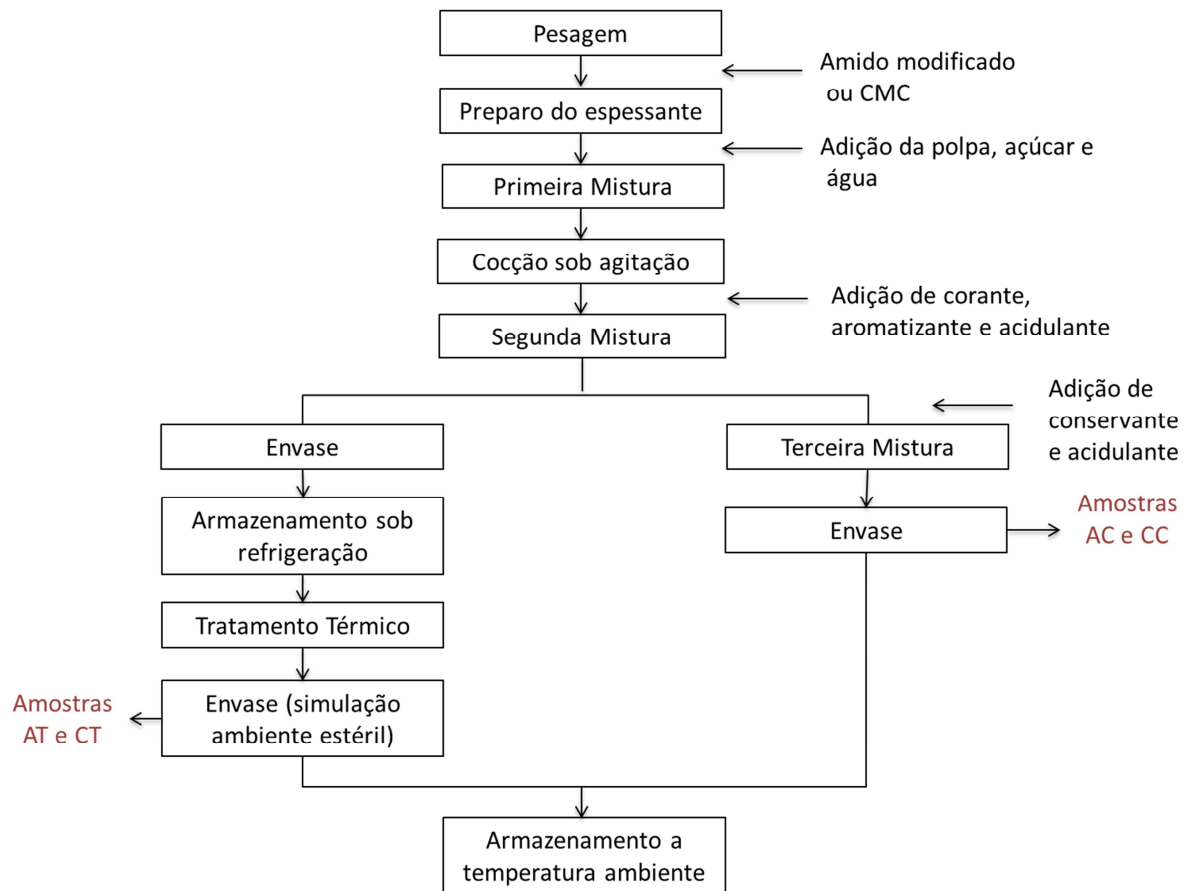


Fonte: ARMFIELD LIMITED (2008)

O equipamento foi alimentado com cinco litros de amostra de preparado de morango sem conservante e submetido ao binômio de 105 °C por 13 s. Após o produto ser submetido ao tratamento térmico, as amostras foram envasadas em potes de vidro autoclavados, durante este envase teve-se o cuidado de simular um ambiente estéril com o auxílio de uma chama na saída do produto. As amostras foram armazenadas à temperatura ambiente protegidas da luz para posteriores análises.

As etapas de processamento do preparado de morango são apresentadas de uma forma esquemática na Figura 5. No qual abrange as duas etapas de elaboração, com conservante e tratado termicamente dos preparados de morango.

Figura 7. Fluxograma geral do processamento do preparado de morango.



Fonte: o autor

3.5 ANÁLISE DE COR INSTRUMENTAL

Os parâmetros de cor instrumental medidos nos preparados de morango foram determinados por leitura direta com um Colorímetro digital Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta Sensing, INC), no espaço de cor CIELAB, previamente calibrado. Para a realização da análise as amostras dos preparados de morango foram acondicionadas em cubetas de quartzo. As leituras foram feitas em triplicata.

No espaço colorimétrico CIELAB é definido por L^* , a^* , b^* , a coordenada L^* corresponde à luminosidade, a^* e b^* referem-se às coordenadas de cromaticidade, verde versus vermelho e azul versus amarelo da amostra, respectivamente (FERREIRA et al, 1999). O parâmetro L^* indica a luminosidade, ou seja, mede a variação da luminosidade entre o

preto (valor zero) e o branco (valor 100) que corresponde ao claro e ao escuro, respectivamente (GUINÉ; CARRILHA; LOUREIRO, 2010).

O parâmetro a^* corresponde ao componente verde-vermelho do diagrama de cromatocidade, no qual os valores positivos definem uma amostra de coloração avermelhada e valores negativos uma amostra de coloração esverdeada (MAIOLI, 2014). O componente azul-amarelo do diagrama de cromatocidade é definido pelo parâmetro b^* , no qual os valores positivos correspondem a cores amareladas e os valores negativos a cores azuladas (MAIOLI, 2014).

3.6 ANÁLISE DE VISCOSIDADE INSTRUMENTAL

A viscosidade é definida como a medida da fricção interna de um fluido, isto é, a resistência encontrada pelas moléculas em se moverem no interior de um líquido, decorrente do movimento Browniano e das forças intermoleculares (RAO, 1999). O viscosímetro rotativo Brookfield de cilindros coaxiais mede o torque necessário para vencer a resistência viscosa do fluido devido ao cisalhamento provocado (BISCO, 2009). A análise de viscosidade foi realizada em viscosímetro Brookfield LVDV II+ com spindle nº1 com rotação de 20 rpm, todas as amostras estavam à temperatura ambiente e foram analisadas em triplicata.

3.7 ANÁLISE SENSORIAL

O teste sensorial aplicado foi o de aceitação com o objetivo de avaliar se a substituição do método de conservação química pelo método de conservação térmica afetaria significativamente as propriedades organolépticas para os dois preparados, ou seja, se as amostras tratadas termicamente apresentariam diferença nos atributos sensoriais em relação ao produto padrão.

Os preparados de frutas são produtos comercializados para a indústria de alimentos, não sendo ofertados diretamente ao consumidor final, e por este motivo a análise sensorial foi conduzida com amostras de bebida láctea de morango, produto no qual é aplicado o preparado de morango. Os ingredientes da base láctea utilizada foram o iogurte natural integral Nestlé®, água filtrada, açúcar cristal e leite em pó desnatado, esta formulação simula as características

organolépticas de uma bebida láctea. Todos os preparados (amostras AC, AT, CC e CT) foram aplicados a 4% na base láctea.

O teste foi executado no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos do ICTA da UFRGS com 30 provadores não treinados. Os candidatos avaliaram as quatro amostras de bebida láctea de morango em relação ao quanto gostaram ou desgostaram de cada produto, utilizando uma escala hedônica estruturada de nove pontos, onde um equivale a “desgostei muitíssimo” e nove a “gostei muitíssimo” para os atributos aparência, cor, aroma, sabor, viscosidade e aceitação global. O teste foi realizado em uma única sessão com delineamento experimental de um bloco completo balanceado sendo oferecido a cada provador 30 mL de cada uma das amostras, servidas em copos plásticos brancos com diferentes codificações de três dígitos. A ficha de avaliação (APÊNDICE B) e um copo de água, para ser consumido entre as amostras.

3.8 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Como o equipamento utilizado não possuía envase asséptico, o envase foi conduzido simulando um ambiente asséptico. Por isto, foi realizada a análise microbiológica para a determinação da contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos, de coliformes totais e termotolerantes e bolores e leveduras dos preparados visando fazer uma avaliação da estabilidade microbiológica do produto. As amostras foram avaliadas em duplicata e a metodologia utilizada foi de acordo com as técnicas descritas por SILVA *et al.* (1997).

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises de cor, viscosidade e análise sensorial foram avaliados estatisticamente pelo programa Microsoft Office Excel 2013, através de análise de variância (ANOVA) com fator duplo sem repetição. Para obter a diferença entre as médias, foi utilizado o Teste de Tukey, com nível de significância de 5%. As análises microbiológicas foram avaliadas da seguinte forma: os coliformes a partir da consulta da Tabela de Número Mais Provável (NMP) (ABNT, 1991); contagem total microrganismos aeróbios mesófilos e contagem de bolores e leveduras através da contagem de cada placa de Petri, com a média obtida multiplicada pela diluição utilizada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CURVA DA TAXA DE LETALIDADE DO TRATAMENTO TÉRMICO

O período de tempo que a amostra permaneceu em cada seção do trocador de calor foi calculado a partir dos dados de fluxo, área transversal e comprimento aproximado entre os termopares por onde passou o produto (APÊNDICE C). Na Tabela 5 são apresentados os valores da distância (Z) e a localização de cada termopar.

Tabela 5. Dados da distância entre os termopares e a localização deste ao longo do trocador de calor.

Termopar	Localização do termopar	Distancia aproximada Z (em metros)
T1	Entrada do produto	0,00
T2	Pré-aquecimento	0,18*
T3	Entrada do tubo de retenção	0,18*
T6	Saída do tubo de retenção	**
T5	Saída do produto	0,36*

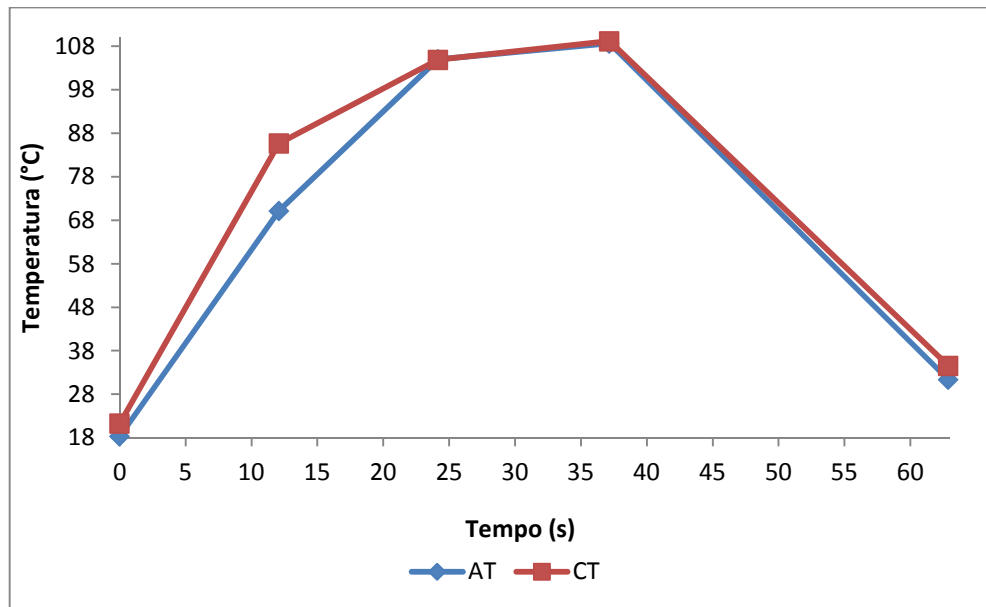
Fonte: o autor.

*Distância medida entre a entrada e a saída do produto em cada seção do trocador de calor.

**Tubo de retenção fixo: 13s com fluxo de 13L/h.

O tempo total do processo foi de 62,88 segundos no qual o preparado permaneceu na seção de pré-aquecimento, de aquecimento e de resfriamento por 12,08, 12,08 e 25,72 s respectivamente, e no tubo de retenção por 13 s. Com os valores medidos de tempo e temperatura foi calculada, a taxa de letalidade (L) para cada amostra (APÊNDICE D) e plotados os gráficos de temperatura e taxa de letalidade versus o tempo de processamento das amostras AT e CT. A Figura 8 apresenta o gráfico do perfil de temperaturas ao longo do tempo executado para as duas amostras analisadas.

Figura 8. Perfil de temperaturas ao longo do tempo de processamento para as amostras AT e CT.

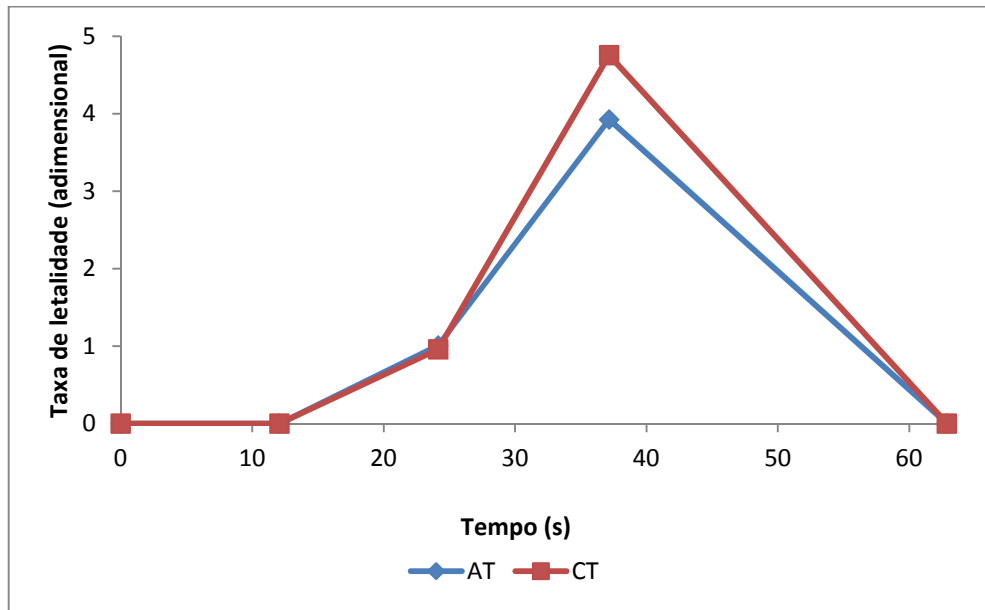


Fonte: o autor

Nos dois tratamentos o perfil de temperatura no tubo de retenção, que deveria ter sido mantido constante, apresentou uma elevação da temperatura ao longo do tempo, que pode ter ocorrido pela dificuldade de controlar os parâmetros de vazão e temperatura do equipamento e por isolamento térmico do tubo de retenção insuficiente.

Como o perfil das taxas de letalidades é dependente da temperatura, o mesmo comportamento aparece no seu gráfico, ocorrendo uma maior taxa letal para a amostra CT do que para a amostra AT demonstrado na Figura 9.

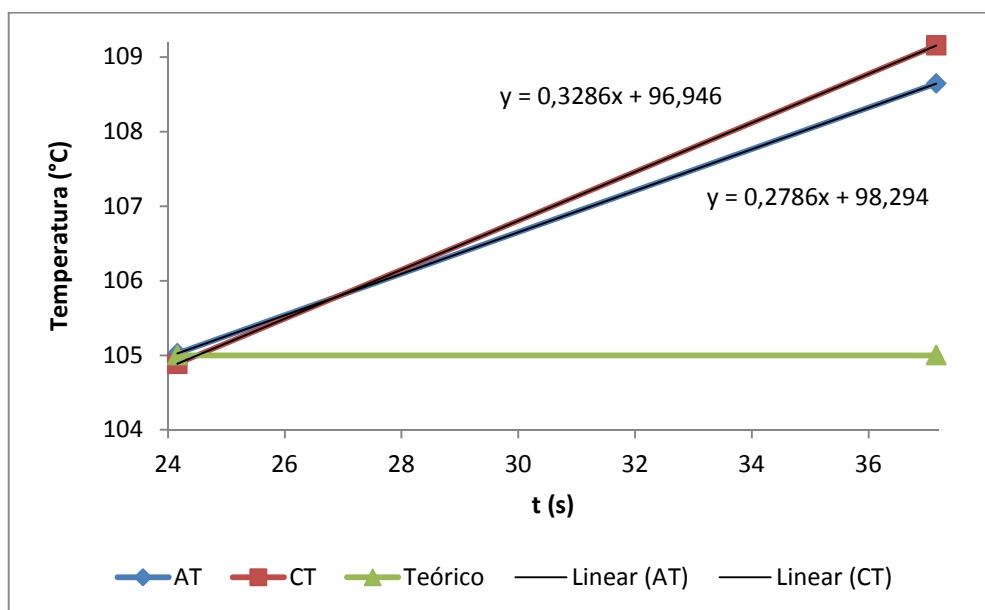
Figura 9. Perfil da letalidade ao longo do tempo de processamento para as amostras AT e CT.



Fonte: o autor

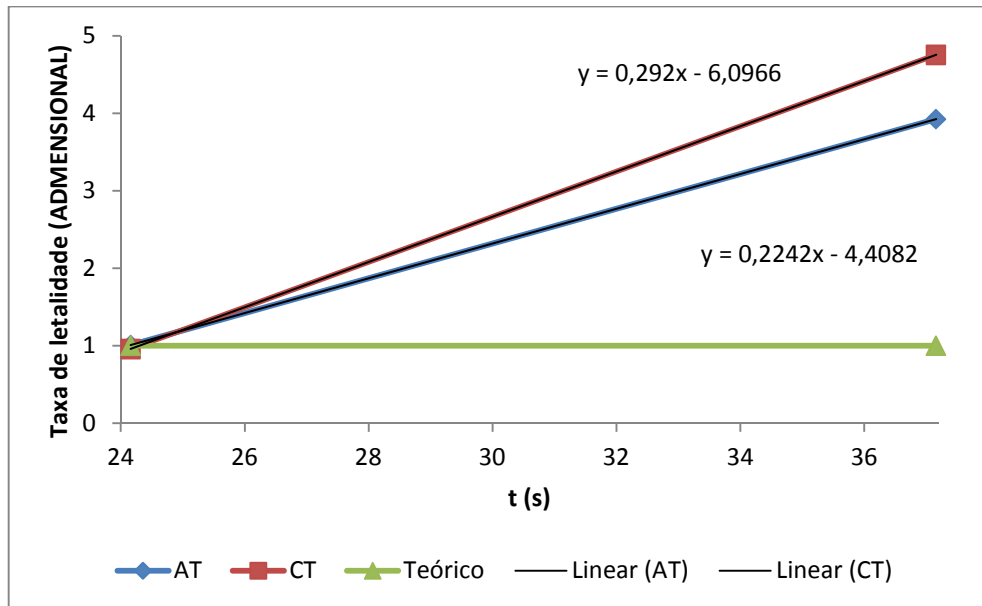
As Figuras 10 e 11 apresentam a zona do tubo de retenção em maior escala para as amostras AT e CT com o objetivo de verificar a semelhança entre os dois gráficos, como seria esperado.

Figura 10. Perfil de temperatura no tubo de retenção dos preparados de morango (AT, CT) e Teórico.



Fonte: o autor

Figura 11. Perfil de taxa de letalidade no tubo de retenção dos preparados de morango (AT, CT) e Teórico.



Fonte: o autor

As inclinações das retas dos dois gráficos são semelhantes para ambas as amostras, o que confirma a semelhança entre eles, o que era esperado pelos dados teóricos.

O F_p foi considerado como a soma das áreas abaixo da curva de letalidades, ou seja, a integração da área da curva foi aproximada para área triangular de cada seção. O F_p foi aproximadamente nulo no pré-aquecimento, de 6,10 e 5,78s no aquecimento, 18,95 e 21,67s no tubo de retenção e de 50,41 e 61,13s no resfriamento para as amostras AT e CT, respectivamente. Resultando em uma letalidade de 75 s para a amostra AT e de 91,2 s para a amostra CT, valores muito acima do calculado teoricamente (13 s) demonstrando que ocorreu um superprocessamento dos produtos.

Pegoraro (2012) determinou experimentalmente a distribuição do tempo de residência de líquidos viscosos em um equipamento bitubular de processamento térmico e o perfil de velocidades associados utilizando água, solução de CMC (1%) e uma mistura de glicerina/água (80%) pela técnica de colorimetria. A letalidade foi calculada em estado estacionário e o autor observou o superprocessamento nos produtos estudados para a amostra relacionando este fenômeno com o superdimensionamento da seção de aquecimento e a variação inesperada da temperatura ao pequeno volume de líquido escoando na tubulação, que pode interferir nos valores medidos pelos termopares.

Ferrão (2012) calculou a letalidade integrada nas três seções de um pasteurizador bitubular com diferentes vazões e confrontou com os dados experimentais do tratamento térmico da solução de CMC (1%) constatando que o perfil de letalidades versus o tempo apresentou um comportamento coerente, mas com uma elevação do valor da letalidade devido a influencia da seção de aquecimento e do tubo de retenção não ser isotérmico. E que as diferenças ocorridas entre o teórico e o experimental foram devido a erros intrínsecos dos termopares e do diâmetro da tubulação. Adicionalmente constatou que a letalidade diminui com o aumento da vazão sendo a maior letalidade atingida na vazão de 10L/h.

4.2 ANÁLISE DE COR INSTRUMENTAL

Por definição, colorimetria é a técnica que busca com o auxílio de modelos matemáticos, descrever, quantificar e simular a percepção da cor pelo homem (SILVA, 2004). A Tabela 6 apresenta os resultados da colorimetria (valores de L*, a* e B*), das amostras (AC, AT, CC, CT) dos preparados de morango.

Tabela 6. Parâmetros L*, a* e b* da análise de cor das amostras (AC, AT, CC, CT) preparado de morango.

Parâmetro	Amostras			
	CC	CT	AC	AT
L*	34,75 ± 0,04 ^a	31,65 ± 0,02 ^b	31,88 ± 0,03 ^d	32,15 ± 0,01 ^c
a*	43,27 ± 0,04 ^a	41,64 ± 0,05 ^b	39,01 ± 0,04 ^c	39,08 ± 0,04 ^c
b*	24,96 ± 0,05 ^a	23,62 ± 0,07 ^b	20,74 ± 0,04 ^d	21,44 ± 0,00 ^c

Fonte: o autor.

* Letras minúsculas iguais na mesma linha significa que não houve diferença significativa nos tratamentos entre as médias ao nível de 5%

De acordo com os resultados verificou-se que o parâmetro L* apresenta diferença significativa ($p < 0,05$) entre todas as amostras. A amostra com CMC tratada termicamente (CT) apresentou um decréscimo significativo da luminosidade em relação ao produto padrão (CC), já as amostras com amido modificado apresentaram aumento significativo deste parâmetro.

Nos preparados de morango o parâmetro a^* apresentou diferença significativa apenas para o produto formulado com CMC reduzindo de 43,27 (CC) para 41,64 (CT); sem apresentar diferença estatística entre as amostras com amido modificado (AC e AT).

O fator b^* diferiu entre as amostras CC (24,96) e CT (23,62) e entre as amostras AT (21,44) e AC (20,72) revelando, no que diz respeito à cor antes e após o tratamento térmico, a perda e o aumento da cor, respectivamente.

As antocianinas presentes em produtos de morango podem ser degradadas por via enzimática ou não enzimática. O escurecimento enzimático ocorre essencialmente devido a presença da enzima polifenoloxidase (PPO), uma enzima que catalisa a oxidação de compostos fenólicos, produzindo pigmentos escuros sendo inativada por aquecimento quando aplicando temperaturas por volta de 90°C , porém isso pode produzir cores indesejáveis resultantes do escurecimento não enzimático (SILVA, 2015; OLIVEIRA, 2008). Como o processo de elaboração utilizado deve ter inativado esta enzima, a redução da luminosidade e na tonalidade vermelha para amarelada na amostra com CMC pode ser devida às reações de escurecimento não enzimático, provocadas pelo aquecimento. As técnicas de processamento podem originar produtos de reação que atuam como pigmentos escuros, derivados de reações como a reação de Maillard, caramelização de açúcares e oxidação das antocianinas (SILVA, 2015).

Em relação às amostras com amido modificado ocorreu o inverso, ou seja, um incremento no valor de L^* aumentando o brilho e de b^* , um acréscimo na cor amarelada e estabilidade do a^* . Isto pode ser devido ao fato do gel de amido formado realçar a cor do preparado.

Ribeiro et al. (2010) avaliaram o impacto do calor em smoothie de frutas (abacaxi, banana, maçã, laranja e leite de coco) em relação ao produto padrão (sem tratamento térmico), o tratado com a combinação do tratamento térmico (55°C por 60s) e obteve como resultado colorimétrico no dia zero os valores de L^* , a^* e b^* de 55,46, 0,20 e 19,55 respectivamente, para o produto padrão e de 55,67 (L^*), -0,12 (a^*), 18,42 (b^*) para a amostra submetida ao tratamento térmico. Observando estes dados pode-se constatar uma redução da luminosidade (fator L^*), da cor vermelha (fator a^*) indicando uma tendência ao verde e a redução da cor amarela em comparação do produto padrão e o processado termicamente, o mesmo ocorreu entre as amostras CC (L^* : 34,74, a^* : 43,27 e b^* : 24,96) e CT (L^* : 31,65, a^* : 31,64 e b^* : 23,62), porém com maior intensidade para a luminosidade provavelmente devido à temperatura mais alta de processo utilizada neste estudo.

Wang et al. (2012) estudaram o efeito da esterilização na características de néctar de batata doce roxa (110°C por 8,6s) e observaram que o processado termicamente tornou-se mais brilhante em relação ao padrão sem tratamento, ou seja, aumento da luminosidade, L^* de $34,41 \pm 0,37$ aumentou para $36,60 \pm 0,06$; para o a^* diminuiu de $22,11 \pm 0,24$ o para $20,16 \pm 0,08$ reduzindo a tonalidade do vermelho; e o b^* de $- 8,38 \pm 0,08$ para $- 7,85 \pm 0,04$ tornando a amostra mais amarela.

4.3 ANÁLISE DE VISCOSIDADE INSTRUMENTAL

A Tabela 7 apresenta os resultados da análise de viscosidade das amostras de (AC, AT, CC, CT) dos preparados de morango.

Tabela 7. Viscosidades das amostras AC e AT de preparados de morango.

Amostras	Viscosidade (cP)
AC	$289,33 \pm 1,34$
AT	$765,83 \pm 7,97$
CC	$96,85 \pm 1,62^a$
CT	$98,00 \pm 1,41^a$

Fonte: o autor.

*Letras minúsculas iguais na mesma linha significa que não houve diferença significativa nos tratamentos entre as médias ao nível de 5%.

** Entre as amostras AC e AT não foi possível realizar a análise estatística devido à mudança de spindle.

Nas amostras utilizando amido modificado (AC e AT) não foi possível fazer a comparação estatística entre as amostras, pois no momento da análise foi necessário realizar a troca do spindle nº 1 para o spindle nº 2, devido o primeiro não ler o valor da viscosidade da amostra. Entretanto, pode-se se observar que ocorreu uma elevação da viscosidade do preparado de morango com amido modificado tratado termicamente em relação ao produto padrão, só pela questão de ter que trocar para um spindle que lê maiores viscosidades. Este resultado pode indicar que a aplicação de amido modificado, com fonte de amido de milho ceroso, em produtos tratados termicamente deve ser utilizado com precaução, ou seja, para obter a mesma viscosidade do produto padrão, se faz necessário diminuir a porcentagem deste insumo na formulação.

Amani et al (2005) avaliaram a resistência à esterilização de géis de amidos modificados e constataram que todos os géis aumentaram a sua viscosidade com o aumento da temperatura.

Guerreiro e Meneguelli (2009) realizaram um estudo do comportamento reológico das suspensões de amidos comerciais, considerados amidos funcionais, em condições de acidez e de tratamento térmico e obtiveram como resultado um acréscimo da viscosidade após o tratamento. A análise de microscopia demonstrou que ocorreu uma expansão dos grânulos, refletida no comportamento reológico dos amidos, que apresentaram resistência ao tratamento térmico e acidez, estruturando ainda mais os géis; concluindo que o comportamento do gel observado nos amidos cerosos pode ser causado pela habilidade de expansão. Nayouf et al. (2003) também constataram um aumento do diâmetro médio dos grânulos em função do aumento da temperatura de tratamento de 90 para 130 °C.

Dufaur e Hurtado estudaram o stress a temperatura de diferentes espécies de amido nativo, e observaram que o amido de inhame submetido à esterilização durante 2 h, apresentou forte resistência ao tratamento térmico; com um aumento da viscosidade após o tratamento. Foram avaliados amidos naturais, com propriedades especiais, para uso em alimentos processados, submetidas ao estresse; as féculas de inhame e biri apresentaram alta viscosidade depois de passar pelo stress da esterilização (GUERREIRO, 2002).

Em relação ao espessante CMC não ocorreu diferença significativa entre as amostras padrão e a tratada termicamente. Demonstrando que o espessante CMC apresentou boa estabilidade em relação ao tratamento, aplicado no presente estudo, não apresentando perda de viscosidade irreversível, como já era esperado.

Um estudo avaliou as propriedades reológicas de soluções de CMC (0,5-2,0%), sem e com sacarose (20-40%), em diferentes temperaturas (25-40 °C), obtendo resultado diferente, no qual a viscosidade das soluções diminui com o aumento da temperatura (CANCELA; ÁLVAREZ; MACEIRAS, 2005). Silva et al. (2014) avaliaram o efeito da temperatura em soluções de CMC e observou que as viscosidades sofreram uma redução com o aumento da temperatura de 25 °C a 30 °C. O mesmo comportamento foi encontrado por Guimarães et al. (2009) e Assis et al. (2010). A redução da viscosidade observada nestes estudos provavelmente é devida ao prolongado tempo de exposição à temperatura das soluções de CMC.

A viscosidade de uma solução de CMC é reversivelmente dependente da temperatura, ou seja, a viscosidade diminui quando a temperatura é aumentada, mas a viscosidade inicial é recuperada quando a temperatura é reduzida para o valor de partida. O aquecimento por

períodos mais longos, em particular, se a temperatura for superior a 100 °C pode causar a perda de viscosidade de forma irreversível do CMC de modo que a viscosidade não será restaurada após arrefecimento (IMESON, 1992; CP KELCO U.S., 2009).

4.4 ANÁLISE SENSORIAL

A Tabela 9 apresenta o resultado da análise sensorial das quatro amostras analisadas (AC, AT, CC, CT) dos preparados de morango aplicados em base láctea. Através dos resultados pode-se verificar que nenhum dos atributos sensoriais analisados apresentou diferença significativa ($p < 0,05$).

Tabela 8. Escores médios dos atributos sensoriais das diferentes amostras de preparado de morango (AC, AT, CC, CT) (média e desvio padrão).

Atributos sensoriais avaliados	Amostras			
	AC	AT	CC	CT
Aparência	7,60 ± 1,19 ^a	7,63 ± 1,25 ^a	7,87 ± 1,22 ^a	7,70 ± 1,21 ^a
Cor	7,93 ± 1,01 ^a	7,87 ± 1,07 ^a	7,90 ± 1,03 ^a	7,97 ± 1,00 ^a
Aroma	7,63 ± 1,27 ^a	7,20 ± 1,35 ^a	7,23 ± 1,59 ^a	7,20 ± 1,45 ^a
Sabor	7,30 ± 1,26 ^a	7,17 ± 1,42 ^a	7,37 ± 1,65 ^a	7,40 ± 1,28 ^a
Viscosidade	7,17 ± 1,29 ^a	7,23 ± 1,22 ^a	7,23 ± 1,19 ^a	7,20 ± 1,16 ^a
Aceitação global	7,57 ± 1,25 ^a	7,17 ± 1,39 ^a	7,37 ± 1,25 ^a	7,60 ± 1,04 ^a

Fonte: o autor.

* Letras minúsculas iguais na mesma linha significa que não houve diferença significativa nos tratamentos entre as médias ao nível de 5%

** Notas: 1: desgostei muitíssimo, 2: desgostei muito, 3: desgostei moderadamente, 4: desgostei ligeiramente, 5: não gostei nem desgostei, 6: gostei ligeiramente, 7: gostei moderadamente, 8: gostei muito, 9: gostei muitíssimo.

Com o resultado obtido pode-se verificar que o tratamento térmico não ocasionou modificação nas características sensoriais do preparado, aplicado demonstrando que o processamento em trocador de calor tubular com o binômio de 105 °C por 13 s é adequado em relação às características sensoriais. No que diz respeito aos espessantes tanto o amido modificado quanto o CMC apresentaram boa estabilidade ao calor comprovando que para este

tipo de produto, no binômio utilizado, qualquer um destes espessantes pode ser aplicado, pois não foi detectado diferença pelo painel de provadores.

Pode-se observar também através desta análise que todas as amostras obtiveram o nível de aceitação superior ao índice de aceitabilidade mínimo (IA: 70%) para todos os atributos. O IA é calculado pela razão entre a nota média do atributo multiplicado por 100 e o valor da nota máxima da escala de avaliação, um produto é considerado aceito pelos provadores quando o IA for maior ou igual a 70% (OLIVEIRA, 2010).

MEHMOOD et al (2008) avaliaram o efeito da pasteurização e de conservante sorbato de potássio sob a conservação de suco de maçã estudando nove tratamentos diferentes sendo dois deles a pasteurização sem a utilização de conservante e outro a conservação com 1% de sorbato de potássio sem tratamento térmico ao longo do período de 90 dias, no dia zero onde ao produtos foram elaborados, a análise sensorial dos atributos (aparência e sabor) do suco não apresentou diferença estatística entre estes dois tratamentos resultado que esta de acordo com o do presente trabalho. Lopes (2013) testou diferentes binômios de tempo versus temperatura em preparados de framboesa e constatou que o binômio de 106°C por 8 min foi o que apresentou melhor estabilidade em relação ao atributo de cor do produto, apesar do autor utilizar um tempo de processamento bastante superior ao deste trabalho, o atributo cor se mostrou estável assim como no resultado encontrado no presente trabalho.

4.5 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A Tabela 10 apresenta os resultados das análises microbiológicas de coliformes totais e fecais, contagem total de mesófilos aeróbios e contagem de bolores e leveduras das amostras de preparado de morango (AC, AT, CC e CT).

Tabela 9. Coliformes totais e fecais, contagem total de mesófilos aeróbios e contagem de bolores e leveduras das amostras de preparados de morango (AC, AT, CC e CT).

Amostra	Coliformes totais e fecais (NMP/ml)	Contagem total de mesófilos aeróbios (UFC/ml)	Contagem de Bolores e leveduras (UFC/ml)
AT	< 0,3	Ausência	$6,56 \times 10^5$
CC	< 0,3	Ausência	Ausente em 0,01
AC	< 0,3	Ausência	Ausente em 0,01

CT	< 0,3	Ausência	$3,00 \times 10^3$
----	-------	----------	--------------------

Fonte: o autor.

As análises de coliformes totais e fecais apresentaram valores menores que 0,3 NMP/ml para todas as amostras, o que indica que os preparados de morango foram processados sob condições higiênico-sanitárias satisfatórias. A ausência em 0,01 ml de bactérias aeróbias e/ou facultativas mesófilas (35-37°C) demonstrou que o processamento dos preparados de morango foi realizado de forma adequada.

Em relação à contagem de bolores e leveduras ocorreu um resultado não esperado nos preparados de morango processados termicamente (AT e CT), com uma contagem de $6,56 \times 10^5$ e $3,00 \times 10^3$ UFC/ml, respectivamente. Como de acordo com o cálculo teórico realizado, ocorreu um superprocessamento da amostra, mesmo levando em consideração um fungo termoresistente, pode-se supor que as amostras foram contaminadas no momento do envase, demonstrando que a tentativa de simular envase-asséptico não foi efetiva. Apesar da contaminação, o preparado de morango com CMC tratado termicamente apresentou valor abaixo do limite de tolerância (10^4 UFC/ml) para preparados de frutas, segundo a legislação vigente.

Lopes (2013) avaliou as características microbiológicas de preparado de framboesa submetido à esterilização no binômio de 106°C por 8 min e não detectou presença de bactérias aeróbias e/ou facultativas mesófilas e de bolores e leveduras após o processamento térmico. O tempo de processamento utilizado no presente estudo, foi bastante inferior, pois foi processado em trocador de calor contínuo, diferentemente do citado anteriormente que foi uma panela de pressão (tacho) em aço inox.

Freitas et al. (2006) estudaram a estabilidade microbiológica em suco de acerola adoçado envasado assepticamente (90 °C por 60 s) e obteve como resultado a contagens de bactérias aeróbias mesófilas, bolores e leveduras inferiores a 10 UFC/ml; e valores de coliformes totais (Coliformes a 35 °C) e coliformes fecais (Coliformes a 45 °C) inferiores a 3 NMP/ml. Magalhães et al. (2008) também utilizaram este binômio de tempo e temperatura, e obteve para suco de manga os resultados de número de coliformes a 35 °C e a 45 °C e de bactérias aeróbias mesófilas para o processo asséptico, respectivamente, valores inferiores a 3 NMP/ml e 10 UFC/ml. As contagens de bolores e leveduras de $1,1 \times 10^1$ UFC/ml. Os dois autores não citam que tipo de equipamento foi utilizado no processamento térmico.

Mas a partir destes estudos, pode-se depreender que não deveria ter ocorrido uma contagem tão elevada de bolores e leveduras nos preparados de morango tratados termicamente, reforçando a hipótese de falhas na simulação do ambiente asséptico.

5 CONCLUSÕES

Através da taxa de letalidade observou-se que o F_p foi maior que o F_{mo} , ou seja, que o processo foi efetivo para o microrganismo alvo escolhido, porém ocorreu um superprocessamento dos produtos resultando em uma letalidade de 75 s para a amostra AT e de 91,2 s para a amostra CT, valores muito acima do calculado teoricamente (13 s), devido ao aumento da temperatura no tubo de retenção, a erros intrínsecos dos termopares e do diâmetro reduzido da tubulação.

Na análise instrumental de cor houve diferença significativa entre as amostras padrão (com conservante) e as tratadas termicamente. No qual a amostra CT apresentou decréscimo dos parâmetros de cor e a AT um aumento, em relação aos seus respectivos controles. Os valores de viscosidade instrumental não apresentaram diferença estatística para o preparado formulado com espessante CMC, mas, para o formulado com amido modificado ocorreu diferença, com um aumento da viscosidade. Portanto, deve-se tomar cuidado com a porcentagem de amido modificado quando aplicado processamento térmico. Já o CMC apresentou uma boa estabilidade ao tratamento térmico.

Com a análise sensorial dos atributos dos preparados de morango pode-se detectar que, quando aplicado 4%, em base láctea, as diferenças entre as amostras observadas instrumentalmente de cor e viscosidade não foram detectadas, sendo que todas as amostras de bebida láctea de morango apresentaram um índice de aceitação superior a 80%, para todos os atributos.

A avaliação microbiológica não confirmou o cálculo teórico da letalidade, levantando a possibilidade de que a tentativa de simular envase-asséptico não foi efetiva, apresentando contaminação de bolores e leveduras nas amostras tratadas termicamente o que não era esperado.

A substituição do método de conservação química com sorbato de potássio pelo método de conservação físico em trocador de calor bitubular, dos dois preparados de morango analisados, mostrou ser uma alternativa bastante viável para elaboração de preparados de morango sem conservantes aplicados em lácteos.

A análise microbiológica demonstrou que é de extrema importância que após o tratamento térmico seja realizado o envase asséptico, com o intuito de não ocorrer uma contaminação do produto finalizado. O sistema de fluxo contínuo deve ser fechado, ou seja, o envase deve ocorrer em equipamentos que proporcionem um ambiente estéril, garantido assim a estabilidade microbiológica do preparado de morango.

A literatura sobre preparados de frutas é muito escassa, por ser um produto de grande diversificação e potencial no mercado é de suma importância caracteriza-lo, avaliando as características físico-químicas, reológicas, microbiologias e de estabilidade durante o armazenamento. Para futuros trabalhos, a serem desenvolvidos neste segmento seria necessário avaliar os parâmetros cinéticos do microrganismo alvo e a vida de prateleira de preparados tratados termicamente, pois os mesmos não foram avaliados neste estudo. Atualmente, um desafio para as empresas processadoras de preparados é utilizar o processamento asséptico, em produtos com maior viscosidade e pedaços de frutas. Abrindo um campo de estudo na avaliação da estabilidade sensorial e microbiológica de preparado com diferentes texturas e aplicações.

6 REFERÊNCIAS

ADITIVOS & INGREDIENTES. Aromas naturais: importância, variações, estrutura e aceitação. São Paulo: Insumos, v.1, n.59, p. 28-39, 2008a. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/88.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.

ADITIVOS & INGREDIENTES. Aromas e os alimentos. São Paulo: Insumos, v.1, n.59, p. 28-39, 2008b. Disponível em: http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/90.pdf. Acesso em: 15 out. 2015.

ADITIVOS E INGREDIENTES. Celulose microcristalina ou, simplesmente, cmc. São Paulo: Insumos, v.1, n.64, p.62-69. 2009. Disponível em http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/130.pdf. Acesso em 16 dez. 2015.

ALVES, M. **A aplicabilidade do polímero carboximetilcelulose (CMC)**. 2009. Dissertação (Pós-graduação) - São Paulo: Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo 2009.

AMANI, N. G. G. et al. Stability of yam starch gels during processing. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, p. 94-101, 2005.

AMORIM, A. A. P. **Caracterização reológica da mistura de carboximetilcelulose com amido de milho e avaliação da microestrutura para estudos de viabilidade em aplicações tecnológicas**. 2012. 55 p. Dissertação (Graduação em Tecnologia de Polímeros) - Rio de Janeiro: UEZO, 2012.

ARAGÃO, G. M. F. **Identificação e Determinação da Resistência Térmica de Fungos Filamentosos Termorresistentes Isolados de Polpa de Morango**. 1989. 139f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

ASSIS, T. F. et al. Kinematic Viscosity and Density of Binary and Ternary Mixtures Containing Hydrocolloids, Sodium Chloride, and Water. **Int J Thermophys**, v. 31, p. 513-524, 2010.

BAGLIONI F. **Estudo da ocorrência de fungos filamentosos termorresistentes em polpa de tomate envasada assepticamente**. 1998. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 1998.

BEMILLER, J. N. Starch modification: challenges and prospects. **Starch/Stärke**, v. 49, n. 4, p 31-127, 1997.

BEUCHAT, L. R.; RICE, S. L. *B.spp.* and their importance in processed fruits. **Advances in Food Research**, v. 25, p. 237-288, 1979.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 2001.

BORSATO INDUSTRIAL LTDA. Produtos. Disponível em <<http://www.borsato.com.br/produtos/>> Acesso em 22 ago. 2015.

BORGES, K. C.; MEDEIROS, A. C. L.; CORREIA, R .T. P. Iogurte de leite de búfala sabor cajá (*spondiaslutea l.*): caracterização físico-química e aceitação sensorial entre indivíduos de 11 a 16 anos. **Alimentação e Nutrição**, v. 20, n. 2, p. 295-300, 2009.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - CNNPA nº 44, de 1977. Considera corante a substância ou a mistura de substâncias que possuem a propriedade de conferir ou intensificar a coloração de alimento (e bebida). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 abr. 1978.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo. Brasília, DF, 28 de out. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa n. 1 de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para a polpa de fruta. Brasília: **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 10 jan. 2000, Seção 1, p. 54-58.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001a.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada – RDC nº 179, de 17 de outubro de 2001. Aprova a extensão de uso dos Aditivos INS 451i Tripolifosfato de sódio e INS 466 Carboximetilcelulose de sódio como estabilizantes em produtos cárneos, em complementação ao vigente na Portaria SVS/MS nº 1004 de 11/12/98. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo. Brasília, DF 19 de outubro de 2001b.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo. Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria No - 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo. Brasília, DF, 14 de dez. 2011. Seção 1. p. 39-46. 2011.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada – RDC nº 8, de 06 de março de 2013. Dispõe sobre a aprovação de uso de aditivos alimentares para produtos de frutas e de vegetais e geleia de mocotó. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo. Brasília, DF 21 de agosto de 2006. 2013.

BUENO, S. M. et al. Avaliação da qualidade de Polpas de Frutas Congeladas. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 62, p. 121-126, 2002.

CALEGUER, V. F.; BENASSI, M. T. Efeito da adição de polpa, carboximetilcelulose e gomaarábica nas características sensoriais e aceitação de preparados em pó para refresco saborlaranja. **Ciências Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 27 p. 270-277, 2007.

CANADIAN SUGAR INSTITUTE. Functional Properties of Sugar, Disponível em: <<http://www.sugar.ca/Nutrition-Information-Service/Health-professionals/About-Sugar-and-Role-of-Sugar-in-Foods/Functional-Properties-of-Sugar.aspx>>. Acesso em: 28 set. 2015.

CANCELA, M. A.; ÁLVAREZ, E.; MACEIRAS, R. Effects of temperature and concentration on carboxymethylcellulose with sucrose rheology. **Journal of Food Engineering**, v. 71, p. 419-424, 2005.

CARGILL FOODS. Ingredientes Alimentícios. Preparados de frutas. Disponível em <<http://www.cargillfoods.com/lat/pt/produtos/preparado-defrutas/index.jsp>>. Acesso em 22 ago. 2015.

CARLE, R. Fruit preparations: possibilities and limitations of diversification for the fruit juice industry. **Fruit Processing**, p. 299–306, 1997.

CHIAPPINI, C. C. Aromas naturais produzidos por microrganismos. São Paulo: Ed. Insumos, n. 4, p. 22-24, 2008. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/55.pdf>>. Acesso em: 03/10/2015.

CHARLEY, H.; WEAVER, C. Milk foods: a scientific approach. Sugar, alternative sweeteners and confections. In: _____. Foods: a scientific approach. **Upper Saddle River: Merrill Prentice Hall**, cap.8, p.119-135, 1998.

COULTATE, T.P. **Alimentos: a química de seus componentes**. Tradução Frazzon et al. 3ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368p.

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C.; SANDI, D. Corantes alimentícios. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 203-220, 2002. Apud SILVA, G. J. F.; CONSTANT, P. B. L.; FIGUEIREDO, R. W. Formulação e Estabilidade de Corantes de Antocianinas Extraídas das Cascas de Jabuticaba (*Myrciaria ssp.*). **Alimentos Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 429-436, 2010.

CORRADINI, E. et al. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 15, p. 268-273, 2005.

CP KELCO U.S. A huber company. CMC book. Disponível em <www.cpkelco.com>. Acesso em 26 nov. 2015.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Trad. Brandelli et al. Ed 4. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DATTA R. et al. Technological and economic potential of poly(lactic acid) and lactic acid derivatives. **FEMS Microbiology Reviews**. V.16, p. 221-231, 1995.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, 2009.

DUFOUR, D. et al. Funcional properties of starches from tropical roots and tubers: starch behaviour under different agro-industrial stress conditions. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF TUBER AND ROOTS CROP, 12., 2000, Tsukuba. **Proceedings...** Tsukuba: International Society of Tuber and Roots Crop, 2002. p.21-24.

ELIASSON, A. C. **Carbohydrates in food**. New York: Marcel Dekker, 1996. 664p.

ELO INGREDIENTES. Preparados de frutas. Disponível em <<http://eloingredientes.com.br/preparados-de-frutas.html>> Acesso em 22 Ago. 2015.

FAI, A. E. C.; STAMFORD, T. C. M.; STAMFORD, T. L. M. Potencial biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. Quitosanos em alimentação. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 9, n. 5, p.435- 451, 2008.

FAZIO, M.L.S. **Qualidade microbiológica e ocorrência de leveduras em polpas congeladas de frutas**. São José do Rio Preto: Universidade Estadual Paulista. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2006.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**: Princípios e prática. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FERRÃO, E. S. P. **Modelagem e validação da transferência de calor e da distribuição de temperatura no processamento térmico contínuo de alimentos líquidos em trocadores bitubulares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Química. São Paulo, 2012.

FERREIRA, E. H. R. et al. **Termorresistência de fungos filamentosos Isolados de néctares de frutas envasados assepticamente**. Braz. J. Food Technol., Campinas, v. 14, n. 3, p. 164-171, jul./set. 2011.

FERREIRA, V. L. P. et al. Cinética da degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum, submetida a tratamentos térmicos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.19, n.1, Campinas, 1999.

FIESP; ITAL. **Brasil Food Trends 2020**. São Paulo 2010. Disponível em <http://www.brasilfoodtrends.com.br/Brasil_Food_Trends/index.html> Acesso em 01 out. 2015.

FÜGEL, R. CARLEAND, R., SCHIEBER, A. Quality and authenticity control of fruit purées, fruit preparations and jams—a review. **Trends in Food Science & Technology**, v.16, p. 433–441, 2005.

FONTAN, G. C. R. **Influência do uso de espessantes nas características sensoriais e físico-químicas de bebida láctea com polpa de umbu.** 2008. 57 p. Dissertação (Pós-Graduação) - Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB. 2008.

FOOD INGREDIENTS. Dossiê acidulantes. São Paulo: Ed. Insumos, n. 19, p. 24-30, nov. 2011. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/196.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2015.

FREITAS et al. Estabilidade do suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) adoçado envasado pelos processos hot-fill e asséptico. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 26 (3), p. 544-549, jul.-set. 2006.

GAVA, A. J.; SILVA, V. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de Alimentos: Princípios e Aplicações.** São Paulo: Nobel. 2009. 512 p.

GUINÉ R, CARRILHA F, LOUREIRO A. Influência do modo de secagem sobre a cor, a textura e a composição nutricional das peras. In: Guiné R (Ed.) Secagem de Peras. Da tradição à ciência. Cap. 11, p.173-188, CI&DETS, **Viseu...** 2010.

GUERREIRO, L. M. R. **Avaliação de amidos em condições de estresse adaptados ao processamento de alimentos.** 2002. 180 p. Dissertação (Mestrado área de Energia na Agricultura) - Botucatu: FCA, Faculdade de Ciência Agrônômicas, 2002.

GUERREIRO, L. M. R.; MENEGUELLI, F. C. Influência do tratamento térmico e da acidez no comportamento reológico de amidos nativos funcionais de milho cerosos orgânicos comerciais. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 29, p. 412-419, 2009.

GUIMARÃES C.G., COELHO Jr. M.C., ROJAS E.E.G. Density and Kinematic Viscosity of Pectin Aqueous Solution. **Journal of Chemical & Engineering**, v. 54, n. 2, 2009.

HERBSTREITH-FOX. Yoghurt Fruit Preparations. Disponível em <http://www.herbstreith-fox.de/fileadmin/tmpl/pdf/broschueren/Joghurtfruchtzubereitungen_englisch.pdf> Acesso em 18 ago. 2015.

HONORATO, T.C. et al. Aditivos Alimentares: Aplicações e Toxicologia. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 5, p.01 -11, 2013.

IBARZ, A.; CÁNOVAS, B. G. V. **Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos.** Madrid: Ediciones MundiPrensa, 2005. 867 p.

IKEDA, A. A; MORAES, A; MESQUITA, G. Considerações Sobre Tendências e Oportunidades dos Alimentos Funcionais. Revista Pesquisa & Desenvolvimento Engenharia de Produção. v. 8. n. 2. p. 40-56. Itajubá, 2010.

IMESON, A. Thickenening and Gelling Agents for foods. Springer US. Londres, **Blackie Academic Professional**, 1º ed. p. 258. 1992.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 18-21.

JAY, J.M. **Microbiologia de Alimentos**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005, 712p.

JUNG, A., FRYER, P. J. Optimising the quality of safe food: computational modeling of a continuous sterilization process. **Chem. Eng. Sci.**, 54, 717-730. 1999.

JUNIOR, L. C. C. **Atmosfera controlada na conservação do morango**. 2011. 121 p. Dissertação (Doutorado em Ciências Filotécnicas) – Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2011.

KECHICHIAN, V. **Modelagem do Processo Térmico Contínuo de Fluidos Alimentícios NãoNewtonianos em Trocador de Calor Bitubular**. São Paulo: Tese (doutorado) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

KING, A. D.; MICHENER, H. D.; ITO, K. A. Control of B.and related heat resistant fungi in grape products. **Applied Microbiology**, v.18, p.166-173, 1969.

KOOCHEKI, A. et al. Rheological properties of mucilage extracted from Alyssum homolocarpum seed as a new source of thickening agent. **Journal of Food Engineering**, v. 91, n. 3, p. 490-496, 2009.

LOPES, M.T.V.B. **Caracterização microbiológica de matérias primas e validação do binómio tempo x temperatura de esterilização de preparados alimentares**. 2013. 49 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Aplicada) – Porto: Universidade Católica Portuguesa, Escola Superior em Biotecnologia, 2013.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

LEWIS, M.; HEPPELL, N., **Continuous thermal processing of foods: pasteurization and UHT sterilization**. Gaithersburg: Aspen Publishers. 2000.

LIANG, C. et al. Effect of hydrocolloids on pulp sediment, white sediment, turbidity and viscosity of reconstituted carrot juice. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n.8. p.1190, 2006.

LIMA, C.M. **Formulário prático de farmacotécnica**. Apostila: Universidade federal-faculdade de ciências farmacêuticas. Aracaju, Ed.1, p. 45. 2014.

LINDON, F.; SILVESTRE, M. M. **Indústrias Alimentares: aditivos e tecnologia**. 1º ed. São Paulo: Escolar. 2007, 232 p.

LUERCE, R. F. **Produção de acetoína por Bacillus polymyxa**. 2008. 83f. Dissertação (Pós Graduação) - Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MACHADO, G. O. **Preparação e caracterização de CMC e CMC graftizada**. Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, Ciência e Engenharia de Materiais, 2000.

MAIOLI, D. **Caracterização físico-química e sensorial de bebida energética durante o armazenamento**. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Curso de Engenharia de Alimentos, Rio Grande do Sul, 2014.

MASSAGUER, P. R. **Microbiologia dos processos alimentares**. SP: Varela, 2005. 258 p.

MEHMOOD, Z. et al. Effect of Pasteurization and Chemical Preservatives on the Quality and Shelf Stability of Apple Juice. **American Journal of Food Technology**, v. 3, p. 147-153, 2008.

MELLO, C; THOMÉ, F.; LIMA, M. **Aromatizantes**. Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2004. Apud HONORATO, T.C. et al. Aditivos Alimentares: Aplicações e Toxicologia. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 5, p.01 -11, (Edição Especial) dezembro, 2013.

MONTEIRO, M.; AMARO, A. P.; BONILHA, P. R. N. Avaliação Físico-Química e Microbiológica da Polpa de Maracujá Processada e Armazenada sob Refrigeração. **Alimento e Nutrição**, v. 16, n. 1, p. 71-76. Araraquara, 2005.

MORAIS, I.V.M. Produção de Polpa de Fruta Congelada e Suco de Frutas. Dossiê técnico: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro REDETEC. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT**. 2006.

MUCILLO, R. C. S. T. **Caracterização e avaliação de amido nativo e modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas**. 2009. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MULTON, J.L. **Aditivos y auxiliares de fabricación em las industrias agroalimentares**. 2º ZARAÇOZA (ESPANÑA): ACRIBIA, S.A. 2000. 806 p.

NAYOUF, M. et al. Effect of thermomechanical treatment on the rheological properties of crosslinked waxy corn starch. **Journal of Food Engineering**, v. 59, n. 2-3, p. 209-219, 2003.

NORDIC SUGAR. The Functional Properties of Sugar - on a technical level. Disponível em <http://www.nordicsugar.com/fileadmin/Nordic_Sugar/Brochures_factsheet_policies_news/Download_center/Functional_properties_of_sugar_on_a_technical_level/Functional_prop_on_tech_level_uk.pdf>. Acesso em 28/09/2015.

ORDÓÑEZ, Juan A. **Tecnologia de Alimentos: Alimentos de Origem Animal**. Porto Alegre: Artmed, v. 2. 2005. 294 p.

PARIZ, K. L. **Avaliação da qualidade microbiológica de polpas de frutas**. 2011. 47 p. Dissertação (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Faculdade Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. 2011.

PENNA, A. L. B. Hidrocolóides: usos em alimentos. **Fi Food Ingredients**, São Paulo, vol.3, n.17, p.58-64, 2002.

PEGORARO, P.R. **Distribuição do tempo de residência e letalidade no processamento térmico contínuo de líquidos com escoamento laminar não ideal em trocadores bitubulares**. 2012. 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Química. São Paulo, 2012.

PENNA, T. C. V.; MACHOSHVILI, I. A. Esterilização térmica: conceitos básicos da morte microbiana. **Revista Farmácia Bioquímica da Universidade de São Paulo**, p.1-5, 1997.

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

RITTER ALIMENTOS SA. Preparados de Frutas Especiais para Produtos Lácteos. Divisão Industrial. Disponível em <<http://www.ritter.com.br/site/content/industrial/?Produto=preparados-de-frutas>>. Acesso em 22/08/2015.

SALOMÃO, B. C. M.; MASSAGUER, P. R.; ARAGÃO, G. M. F. Isolamento e seleção de fungos filamentosos termorresistentes em etapas do processo produtivo de néctar de maçã. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 116-121, 2008.

SANTOS, C. A. do A.; COELHO, A. F. S.; CARREIRO S. C. Avaliação microbiológica de polpas de frutas congeladas. **Rev. Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 913-915, 2008.

SINGH, N. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v.81, n.219-231, 2003.

SARAVACOS, G. D., KOSTAROPOULOS, A. E. **Handbook of food processing equipment**. New York: Kluwer Academic. 2002. 698p.

SIQUEIRA, R. S.; BORGES, M. F. Microbiologia de frutas e produtos derivados. In: TORREZAN, R. (Coord.). Curso de processamento de frutas. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CTAA, 1997. p. 2-13.

SILVA, C. S. **Desenvolvimento de preparado de fruta com massa base de casca de maracujá e aplicação em iogurte**. Dissertação (mestrado) - CEUN-IMT, São Caetano do Sul, SP. 2015.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**, São Paulo, Varela, 1997.

SILVEIRA, R. L.; LAPORTA, L. V.; SANTOS, T. S. Desenvolvimento e Avaliação da Estabilidade Físico-Química de Xaropes sem açúcar. In: XV SEPE Simpósio de Ensino, Pesquisa e extensão, 2011, Santa Maria. **Anais... XV SEPE Simpósio de Ensino, Pesquisa e extensão**, 2011.

SKREDE, G. Color quality of blackcurrant syrups during storage evaluated by Hunter L', a', b' values. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 514-525, 1985.

SLONGO A.P; MIORELLI S; ARAGÃO G.M.F. Influência de diferentes fatores na termorresistência de *Neosartoria fischeri* em suco de mamão. **Alimentos e Nutrição**, v. 16, p. 377-387, 2005.

SOARES, S.A. et al. Embalagens e qualidade pós-colheita de frutos de morango. In: Simpósio Brasileiro de Pós-colheita de Frutas, hortaliças e flores, 3., 2011, Nova Friburgo. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. 1 CD-ROM.

SANTOS, V.P.S. **Desenvolvimento de um método de detecção de ácido benzóico em refrescos a base de guaraná.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2012.

SANNERVIK, J; BOLMSTEDT, U.; TRAGARDH, C. Heat transfer in tubular heat exchangers for particulate containing liquid foods. **Journal of Food Engineering**, v. 29, n. 1, 63, 1996.

SILVA et al. Efeito da temperatura e concentração nas propriedades termofísicas de soluções aquosas contendo pectina e carboximetilcelulose. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUIMICA, 2014, Florianópolis. **Anais..** XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis, 2014.

SOUZA, R. M. **Corantes naturais alimentícios e seus benefícios à saúde.** 2012. 65 p. Dissertação (Graduação em Farmácia) - Universidade Estadual da Zona Oeste. Rio de Janeiro. 2012.

STUMBO, C. R. **Thermobacteriology in Food Processing.** 2 ed., New York: Academic Press. 1973. 329 p.

TAMINE, A. Y.; ROBINSON, R.K. **Yoghurt: Science and Technology.** 3 ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 2007. p. 808.

THARANATHAN, R. N. Food-derived carbohydrates - Structural complexity and functional diversity. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.22, p.65-84, 2002.

TRENTIN, P. **Preparado de fruta**, Cargill Foods, S. J. do Rio Pardo, 2011.

WROLSTAD, R. E. **Food carbohydrate chemistry.** John Wiley & Sons, Inc, 2012. 211 p.

YAMANAKA, E. S.; MENEGHIN, M. C. Dossiê Técnico: Aditivos e coadjuvantes de tecnologia para alimentos orgânicos. 2012. Disponível em <<http://sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTcwNA==>>. Acesso em 03/10/2015.

ZANETTE, E. Fisa: tendências chaves em “foods ingredients”. Alimento Seguro. 2014. Disponível em <<http://www.alimentoseguro.com.br/post/93924764660/fisa-tend%C3%Aancias-chaves-em-food-ingredients>>. Acesso em 24/10/2015.

7 APÊNDICES

APÊNDICE A - Cálculo do binômio de tempo e temperatura do processamento térmico dos preparados de morango.

Dados do microrganismo *B. nivea*:

- Valor de D igual a 3,43 min na temperatura de referencia de 93°C;
- Valor de Z igual 6,14 °C. na temperatura de referencia de 93°C (ARAGÃO, 1989).

Considerações:

- No tubo de retenção a letalidade (L) foi considerada igual a um, logo o $F_{mo}=F_{processo}$
- Redução de 5 log do microrganismo indicador.

Utilizando a equação (4) temos o tempo de processamento para o microrganismo:

$$t = 5 \times 3,43 = 17,15 \text{ min}$$

Para a temperatura de processo de 105°C utilizando a equação (5) temos o novo valor de $D_{105^{\circ}C}$:

$$D_{105^{\circ}C} = 3,41 \times 10 \left(\frac{93-105}{6,14} \right) = 0,038 \text{ min}$$

Utilizando a equação (6) se obtém:

$$F_{(105^{\circ}C)} = 5 \times 0,038 = 0,19 \text{ min} = 12 \text{ s}$$

Como o tubo de retenção do equipamento tem um valor fixo de 15s em um fluxo de 10L/h foi realizado uma regra de três direta para obter o novo fluxo para o produto permanecer por 12 s resultando em um novo fluxo de operação de 13L/h.

As secções de aquecimento e resfriamento não foram incluídas no cálculo pois foram consideradas como fator de segurança.

APÊNDECE B – Ficha de análise sensorial

Análise Sensorial de Bebida Láctea

Nome: _____ Data: _____
 Idade: _____

Avalie a aparência, cor, aroma, sabor, viscosidade a aceitação global das amostras abaixo e dê uma nota para cada atributo, segundo a tabela abaixo. Prove as amostras da esquerda para a direita, lembrando-se de beber água entre elas.

9 - Gostei muitíssimo
8 - Gostei muito
7 - Gostei moderadamente
6 - Gostei ligeiramente
5 - Não gostei/ nem desgostei
4 - Desgostei ligeiramente
3 - Desgostei moderadamente
2 - Desgostei muito
1 - Desgostei muitíssimo

Atributo	Amostras			
	134	381	514	750
Aparência				
Cor				
Aroma				
Sabor				
Viscosidade				
Aceitação Global				

Comentários: _____

APÊNDECE C - Cálculo dos tempos de permanência do produto nas seções de pré-aquecimento, aquecimento e resfriamento e no tubo de retenção.

Dados utilizados no cálculo:

- Fluxo volumétrico (Q): 13L/h;
- Diâmetro interno tubo (d): 8,31 mm.

Área transversal

$$A_T = \pi r^2 L = 3,1415 \times (4,155 \times 10^{-3})^2 = 5,4235 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Velocidade média

$$v_m = \frac{Q}{A_T}$$

$$13 \frac{L}{h} = 13 \frac{L}{h} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 L} \times \frac{1 h}{3600 s} = 3,6111 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{s}$$

$$v_m = \frac{3,6111 \times 10^{-6}}{5,4235 \times 10^{-5}} = 0,0662 \frac{m}{s}$$

Seção de pré-aquecimento e aquecimento:

Cada uma das seções é composta por dois tubos de retenção de 0,4 m. Logo, o tempo de permanência de cada seção:

$$t = \frac{L}{v_m} = \frac{0,8}{0,0662} = 12,08 \text{ s}$$

Seção de resfriamento:

Esta seção é composta por quatro tubos de 0,4 m. Logo, o tempo de permanência da seção:

$$t = \frac{L}{v_m} = \frac{1,6}{0,0622} = 25,72 \text{ s}$$

Tubo de retenção:

O equipamento tem seu tubo de retenção fixo com as seguintes especificações: 10L/h por 15s. Como a área transversal é constante foi realizada uma regra de três direta para adequar o tubo de retenção a vazão requerida que ficou de 13L/h durante 13s.

APÊNDECE D – Dados de temperaturas registradas pelos termopares nas seções pré-aquecimento, aquecimento e resfriamento e no tubo de retenção e valores das letalidades por seção.

Temperatura medida e localização do termostato	Tempo (s)	AT		CT	
		T (°C)	L (adimensional)	T (°C)	L (adimensional)
Entrada do produto T1 [°C]	0	18,3414	7,7E-15	21,2751	2,31E-14
Pré- aquecimento do produto T2 [°C]	12,08	70,1411	2,1E-06	85,6438	0,000704
Entrada do tudo de retenção T3 [°C]	24,16	105,024	1,00916	104,885	0,957796
Variable Hold Tube Inlet T6 [°C]	37,16	108,646	3,924105	109,157	4,753612
Saída do produto T5 [°C]	62,88	31,3556	1,01E-12	34,5182	3,32E-12