UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE
ALIMENTOS

ANTONIO CARLOS RODRIGUES

**Desenvolvimento e avaliação de *cheesecake light*
potencialmente funcional e simbiótico.**

**Pirassununga
2014**

ANTONIO CARLOS RODRIGUES

**Desenvolvimento e avaliação de *cheesecake light*
potencialmente funcional e simbiótico.**

(versão corrigida)

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia
e Engenharia de Alimentos da Universidade
de São Paulo, como parte dos requisitos
para a obtenção do Título de Doutor em
Engenharia de Alimentos.

Área de Concentração: Ciências da
Engenharia de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto
Fernandes de Oliveira

**Pirassununga
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo

R696d Rodrigues, Antonio Carlos
Desenvolvimento e avaliação de *cheesecake* light
potencialmente funcional e simbiótico / Antonio Carlos
Rodrigues. -- Pirassununga, 2014.
103 f.
Tese (Doutorado) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
Departamento de Engenharia de Alimentos.
Área de Concentração: Ciências da Engenharia de
Alimentos.
Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Fernandes de
Oliveira.

1. *Cheesecake light* 2. *Bifidobacterium lactis*
(BB-12) 3. Frutoligossacarídeos 4. Eritritol
5. Curcumina. I. Título.

DEDICATÓRIA

a Antônio Luiz Rodrigues (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Titular Dr. **Carlos Augusto Fernandes de Oliveira** pela orientação, confiança e apoio irrestritos.

Aos componentes da Banca de Defesa da Tese (Prof.(a) Dr.(a): **Marta Mitsui Kushida, Carlos Corassin, Marcos Veiga e Adriano Cruz**) pelas valiosas contribuições.

À querida esposa **Dorley** e às minhas filhas **Juliana** e **Fabiana** pelo amor incondicional e paciência.

À **COPEMA** da **Divisão de Ensino da Academia da Força Aérea (AFA)**, representada por seu presidente o Exmo. Sr. **Comandante da AFA**, que me concedeu a dispensa de dois dias semanais para a realização do Programa de Doutorado Direto em Engenharia de Alimentos, FZEA-USP.

À **Comissão de Pós-Graduação da FZEA-USP**, aos **Funcionários** de sua **Secretaria**, aos **Professores e Funcionários da FZEA-USP** pelo apoio.

Ao Prof. Associado Dr. **Antonio Luiz Rodrigues Júnior** da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Departamento de Medicina Social – USP - pela análise estatística dos dados.

Aos **Professores** da Academia da Força Aérea representados pelos Professores Dr. **Oswaldo Melo Souza Filho** pela Carta de Apresentação à Comissão de Pós-Graduação da FZEA-USP e Dr. **Carlos Alberto Ferreira Bispo** pelo auxílio no Projeto de Tese.

À **Manoela Alves Pires** pelo apoio nas análises sensoriais. Aos **Cadetes e Professores da Academia da Força Aérea** que participaram das análises sensoriais.

À Profa. Dra. **Mariza Pires de Melo** da FZEA-USP pelas valiosas sugestões no Exame de Qualificação.

À **Roice Eliana Rosim** - Especialista do Laboratório de Microbiologia e Micotoxilogia de Alimentos da FZEA/USP - pelo apoio nas análises microbiológicas.

À **Silvana Marina Piccoli Pugine** - Especialista do Laboratório de Química Biológica da FZEA/USP - pelo apoio na análise bioquímica.

À Ana **Mônica Quinta Barbosa Bittante** - Especialista do Laboratório de Tecnologia de Alimentos da FZEA/USP - pelo apoio nas análises físico-químicas.

Ao Prof. Dr. **Yoon Kil Chang** e à Técnica **Alessandra Silva Coelho** do Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos do DTA/FEA-UNICAMP por viabilizarem as análises de RVA.

Às empresas: **Ingredion** (amostras de eritritol, amido de milho ceroso modificado e frutoligossacarídeo); **Química Bpar** (amostra de curcumina); **Chr. Hansen** (amostra de *Bifidobacterium lactis* (Bb-12)).

À minha mãe **Santina** pela educação e pelo seu amor incondicional.

À **Deus** que dá suporte a tudo.

RESUMO

RODRIGUES, A.C. **Desenvolvimento e avaliação de *cheesecake light* potencialmente funcional e simbiótico.** 2014. 103 f. Tese – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e a avaliação das propriedades funcionais, físico-químicas, reológicas, sensoriais de preferência pareada (do *cheesecake* e de sua cor) e microbiológica (contagens de coliformes fecais/totais e da bifidobactéria) do *cheesecake* manufaturado com farinha de trigo (ou amido de milho ceroso modificado), queijo fresco, sacarose, eritritol (como substituinte parcial de sacarose), ovos *in natura*, manteiga [ou frutoligossacarídeos (FOS) – prebiótico - como substituinte da manteiga], curcumina e *Bifidobacterium animalis subspécie lactis BB-12* (probiótico). A análise estatística dos dados considerou a existência quatro grupos experimentais, sendo: [2 *cheesecakes lights* (em açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico: T1= farinha de trigo e FOS; T2 = AMCM e FOS] e [2 *cheesecake light* (em açúcar) potencialmente funcional e probiótico: T3 = farinha de trigo e manteiga; T4 = AMCM e manteiga]. Foi estabelecido um tratamento T0 como padrão da Tese, adaptado da formulação da QuarkTorte por Henning Fleissig (Alemanha). As variáveis de resposta foram do tipo quantitativa, considerando unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias láteas, unidade formadora de colônias (UFC) de coliformes totais e fecais, pH, atividade da água, dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade. Estas variáveis de respostas compuseram um modelo de Análise de Variância com medidas repetidas, pois as unidades experimentais foram observadas após 1, 8, 15, 22 e 28 dias. Medidas (como médias, medianas e desvio padrão), gráficos e ANOVA, foram geradas pelo pacote estatístico STATA® - versão 9.0. Os resultados da ANOVA não mostraram resultados estatisticamente significativos que indicassem existir diferenças entre os grupos experimentais [*p-value*: 0,7981; 0,4204; 0,9974; 0,6825; 0,6401; 0,4800; 0,6469; 0,4258; 0,4615] e nem entre os valores ao longo do tempo, dentro de cada grupo experimental [*p-value*: 0,1725; 0,0000; 0,4076; 0,8957; 0,8787; 0,0001; 0,6214; 0,8845; 0,6820] [*p-value* correspondentes respectivamente a: log de UFC de bactérias láteas; pH; atividade de água (a_w); mastigabilidade; gomosidade; coesividade; elasticidade; adesividade; dureza]. Não houve proteção do probiótico pelo prebiótico, ao nível de FOS utilizado neste estudo. Foram efetuadas análises sensoriais de preferência pareada para o *cheesecake* (em três tratamentos: T0, T1 e T2) e para sua cor (em três amostras com curcumina a: 0%, 0,0076% e 0,0152%). O resultado para o *cheesecake* revelou que: a amostra mais preferida foi a T0; os tratamentos T1 e T2 não diferem entre si quanto à preferência; T0 não difere da T2; T0 difere da T1. O resultado para a cor do *cheesecake* revelou que: a amostra mais preferida foi a com curcumina a 0,0076%; e que as três amostras são iguais quanto à preferência da cor. O presente estudo dá sua contribuição para ampliar a oferta de alimentos láteos promotores da saúde humana com características: *light*, potencialmente funcional e simbiótico.

Palavras-chave: *cheesecake light*, *Bifidobacterium lactis* (Bb-12), frutoligossacarídeos, eritritol, curcumina.

ABSTRACT

RODRIGUES, A.C. **Development and evaluation of cheesecake light potentially functional and symbiote**. 2014. 103 p. PhD Thesis – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

The aim of this work was the development and the evaluation of the functionals, physical-chemistry, rheological and sensorial analysis for the pairwise ranking test (cheesecake and its color), and microbiological properties of the cheesecake manufactured with wheat flour (or modified waxy corn starch - AMCM), fresh cheese, sucrose, erythritol (as sucrose partial substitute), eggs *in nature*, butter [or fructooligosaccharide (FOS) – prebiotic – as butter fat replacer], curcumin and *Bifidobacterium animalis subspecies lactis Bb-12* (probiotic). The statistical analysis of the data was considered the existence four experimental groups: [2 *cheesecakes lights* (in sucrose and fat) potentially functional and symbiote: T1= wheat flour and FOS; T2 = AMCM and FOS] and [2 *cheesecake light* (in sucrose) potentially functional and probiotic: T3 = wheat flour and butter; T4 = AMCM and butter]. It was established a treatment T0 as the standard Thesis, adapted the wording of QuarkTorte by Henning Fleissig (Germany). The response variables were type of quantitative, whereas colony forming units (CFU) of lactic bacteria, forming unit colonies (CFU) of total and faecal coliforms, pH, water activity, hardness, adhesiveness, elasticity, cohesiveness, gumminess, chewiness. These variables of responses comprised a model of Analysis of Variance with repeated measures, because the experimental units were observed after 1, 8, 15, 22 and 28 days. Measures (such as average, median and standard deviation), graphics and ANOVA, were generated by statistical package STATA® - version 9.0. The results of the ANOVA showed no statistically significant results that indicate differences between the experimental groups [*p-value*: 0,7981; 0,4204; 0,9974; 0,6825; 0,6401; 0,4800; 0,6469; 0,4258; 0,4615] and not between the values over time, within each experimental group [*p-value*: 0,1725; 0,0000; 0,4076; 0,8957; 0,8787; 0,0001; 0,6214; 0,8845; 0,6820] [*p-value* corresponding respectively to: log of UFC of lactic bacteria; pH; water activity (a_w); chewiness, gumminess, cohesiveness, elasticity, adhesiveness and hardness]. There was no protection of probiotic by prebiotic, at the level of FOS used in this study. Were made sensorial analysis of paired preference for the cheesecake (In three treatments: T0, T1 and T2) and to its color (in three samples with curcumin: 0%, 0.0076% and 0.0152%). The result for the color of the cheesecake revealed that: the sample most preferred was with curcumin to 0.0076%; and that the three samples are equal as the color preference. The present study gives its contribution to extend the offer of lactic food human health promoters with characteristics: light, potentially functional and symbiote.

Key-words: *cheesecake light*, *Bifidobacterium lactis (Bb-12)*, fructooligosaccharide, erythritol, curcumin.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma da produção de <i>cheesecake</i> cremoso (sólido)	25
Figura 2	Fluxograma do Método para produção de <i>cheesecake</i> francês	26
Figura 3	Velocidade relativa das reações e do crescimento de microrganismos em função da atividade de água dos alimentos	31
Figura 4	Resfriamento Rápido <i>Soft</i>	32
Figura 5	Curvas de efeito letal e tempo/temperatura para destruição de algumas enzimas e microrganismos	33
Figura 6	Fluxograma do processamento do <i>cream cheese</i>	37
Figura 7	Estrutura molecular do eritritol	40
Figura 8	Estrutura molecular dos frutanos	41
Figura 9	<i>Cheesecakes</i> produzidos com amido com fluxo curto	46
Figura 10	Estrutura molecular da curcumina	49
Figura 11	Fluxograma do Método “ <i>Cook Chill</i> ” para <i>cheesecake</i> sólido	53
Figura 12	Estabilização do radical livre DPPH [•]	57
Figura 13	Curva típica do <i>Rapid Visco Analyser</i> (RVA)	59
Figura 14	Espaço de cor seguido pela CIE <i>Commission Internationale de l’Eclairage</i>	60
Figura 15	Curva típica de textura em alimentos	61
Figura 16	RVA da farinha de trigo branca	67
Figura 17	RVA do amido de milho ceroso modificado	67
Figura 18	Distribuição dos valores médios da Dureza, segundo o tempo de observação e grupo experimental	70
Figura 19	Distribuição dos valores médios da Dureza do Padrão T0, segundo o tempo de observação	70
Figura 20	Distribuição dos valores médios da Adesividade, segundo o tempo de observação e grupo experimental	72
Figura 21	Distribuição dos valores médios da Adesividade do Padrão T0, segundo o tempo de observação	73

Figura 22	Distribuição dos valores médios da Elasticidade, segundo o tempo de observação e grupo experimental	75
Figura 23	Distribuição dos valores médios da Elasticidade do Padrão T0, segundo o tempo de observação	75
Figura 24	Distribuição dos valores médios da Coesividade, segundo o tempo de observação e grupo experimental	77
Figura 25	Distribuição dos valores médios da Coesividade do Padrão T0, segundo o tempo de observação	78
Figura 26	Distribuição dos valores médios da Gomosidade, segundo o tempo de observação e grupo experimental	80
Figura 27	Distribuição dos valores médios da Gomosidade do Padrão T0, segundo o tempo de observação	80
Figura 28	Distribuição dos valores médios da Mastigabilidade, segundo o tempo de observação e grupo experimental	82
Figura 29	Distribuição dos valores médios da Mastigabilidade do Padrão T0, segundo o tempo de observação	83
Figura 30	Distribuição dos valores médios da Atividade de Água, segundo o tempo de observação e grupo experimental	85
Figura 31	Distribuição dos valores médios da Atividade de Água do Padrão T0, segundo o tempo de observação	85
Figura 32	Distribuição dos valores médios do pH, segundo o tempo de observação e grupo experimental	87
Figura 33	Distribuição dos valores médios do pH do Padrão T0, segundo o tempo de observação	88
Figura 34	Distribuição dos valores médios do logaritmo de UFC de bactérias láteas (log UFC), segundo o tempo de observação e grupo experimental	92
Figura 35	O efeito do teor de curcumina (%) na cor do <i>cheesecake</i>	91

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Proteínas dos alimentos comparadas à proteína do leite humano.	27
Tabela 2	Composição de aminoácidos (mg/g N) de algumas proteínas alimentares comparada às necessidades de aminoácidos essenciais para crianças de 2 a 5 anos.	28
Tabela 3	Digestibilidade Real (TD) e Aparente (AD) de diferentes proteínas em alimentos obtidas por métodos <i>in vivo</i> .	29
Tabela 4	Doçura Relativa de alguns ingredientes.	43
Tabela 5	Os mais importantes derivados do dióxido de enxofre.	50
Tabela 6	Influência do pH na dissociação do ácido sulfuroso (H ₂ SO ₃).	50
Tabela 7	Composição centesimal dos ingredientes dos tratamentos.	54
Tabela 8	Formulação da <i>Tarte au Fromage Blanc / Diabetiker – QuarkTorte por Henning Fleissig</i> (Alemanha).	55
Tabela 9	Adaptações da fórmula padrão para os tratamentos da Tese.	56
Tabela 10	Parâmetros do RVA para a farinha de trigo e AMCM.	68
Tabela 11	Valores de Dureza para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições), segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.	69
Tabela 12	Resultados da Análise de Variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando Dureza, em relação aos grupos experimentais.	71
Tabela 13	Valores de Adesividade para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições), segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.	72
Tabela 14	Resultados da Análise de Variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando Adesividade, em relação aos grupos experimentais.	73
Tabela 15	Valores de Elasticidade para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições), segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.	74
Tabela 16	Resultados da Análise de Variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando Elasticidade, em relação aos grupos experimentais.	76
Tabela 17	Valores de Coesividade para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições), segundo grupos	77

experimentais e as medidas repetidas no tempo.

Tabela 18	Resultados da Análise de Variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando Coesividade, em relação aos grupos experimentais.	78
Tabela 19	Valores de Gomosidade para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições), segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.	79
Tabela 20	Resultados da Análise de Variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando Gomosidade, em relação aos grupos experimentais.	81
Tabela 21	Valores de Mastigabilidade para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições), segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.	82
Tabela 22	Resultados da Análise de Variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando Mastigabilidade, em relação aos grupos experimentais.	83
Tabela 23	Valores de Atividade de Água (a_w) para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições), segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.	84
Tabela 24	Resultados da Análise de Variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando Atividade de Água (a_w), em relação aos grupos experimentais.	86
Tabela 25	Valores de pH para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições), segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.	87
Tabela 26	Resultados da Análise de Variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando pH, em relação aos grupos experimentais.	88
Tabela 27	Valores de Contagem de Bactérias Láteas (log UFC) para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão), segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.	89
Tabela 28	Resultados da Análise de Variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando a transformação logarítmica de UFC de bactérias láteas, em relação aos grupos experimentais.	90
Tabela 29	Valores obtidos na análise de Cor Instrumental do <i>cheesecake</i> .	92
Tabela 30	Diferenças e soma dos pontos da Análise Pareada de Preferência da cor do <i>cheesecake</i> .	92
Tabela 31	Diferenças e soma dos pontos da Análise Pareada de Preferência do <i>cheesecake</i> .	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.	antes de Cristo
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
t° amb.	temperatura ambiente
FOS	frutoligossacarídeos
a _w	atividade de água
probe	sensor
aa	aminoácido
PT	proteína total
Equi	equivalente
Hum.	Humano
Alim.	alimento
Rec.	recebida
FAO	Food and Agriculture Organization (Organização de Alimentos e Agricultura)
OMS	Organização Mundial da Saúde
TD	Didestibilidade Real
AD	Digestibilidade Aparente
TGI	trato gastrointestinal humano
AGCC	ácidos graxos de cadeia curta
CLA	ácido linoleico conjugado
UFC	unidade formadora de colônias

IDA	ingestão diária aceitável
dr	doçura relativa
GF ₂	uma glucose; duas frutoses (polímero de frutoligossacarídeos)
GF ₃	uma glucose; três frutoses (polímero de frutoligossacarídeos)
GF ₄	uma glucose; quatro frutoses (polímero de frutoligossacarídeos)
BU	unidade Brabender
CH	carboidrato
GT	gordura total
sac	sacarose
AMCM	amido de milho ceroso modificado
BHA	butil-hidroxianisol (antioxidante)
BHT	butil-hidroxitolueno (antioxidante)
<i>Bif.</i>	<i>Bifidobacterium</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

t°	temperatura
$^{\circ}\text{C}$	graus Celsius
g	grama
s	segundos
L	litros
h	hora
min	minuto
kcal	quilocaloria
kg	quilograma
mm	milímetro
ppm	partes por milhão
lb/pol^2	libra por polegada quadrada
$^{\circ}\text{D}$	grau Dornic
%	porcentagem
~	aproximadamente
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazila
trolox	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico
SO_2	dióxido de enxofre
Na_2SO_3	sulfito de sódio anidro
$\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	sulfito de sódio heptahidratado
NaHSO_3	bissulfito de sódio

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	metabissulfito de sódio
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	metabissulfito de sódio
$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$	metabissulfito de potássio
H_2SO_3	ácido sulfuroso
SO_3^{2-}	íons sulfito
HSO_3^-	íon bissulfito
L^*	Luminosidade
a^*	coordenada a
b^*	coordenada b
C^*	Croma
H^*	ângulo hue
H_2S	ácido sulfídrico
tan	tangente
m	média
md	mediana
s	desvio padrão

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
LISTA DE SÍMBOLOS	xii
1. INTRODUÇÃO	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1. <i>Pâtisserie</i> e Engenharia de Alimentos: Arte e Ciência	21
2.2. <i>Cheesecake</i> - Breve História	23
2.3. Caracterização do <i>Cheesecake</i> e dos <i>Bavaroises</i>	23
2.4. Produtos alimentícios <i>light</i> (<i>Cheesecake</i>)	25
2.5. Formulações e métodos - processos térmicos usuais de produção de <i>Cheesecake</i>	25
2.5.1. Métodos de produção de <i>cheesecake</i> cremoso (sólido)	25
2.5.2. Processamento do <i>cheesecake</i> para diabético – Método Francês	26
2.6. Valor biológico dos alimentos	26
2.6.1. Valor biológico das proteínas	26
2.6.2. Biodisponibilidade de proteínas	27
2.7. Alimentos Funcionais (Prebióticos, Probióticos e Simbióticos)	29
2.7.1. Propriedades Funcionais – Funcionalidade	29
2.8. Atividade de água (a_w) nos alimentos	30
2.9. Processo <i>Cook-Chill</i>	30
2.9.1. Destruição Térmica de Microrganismos a 90°C	32

2.10.	Ingredientes dos tratamentos	33
2.10.1.	Ovos	33
2.10.1.1.	Temperaturas de gelificação das proteínas do ovo e funcionalidade	34
2.10.2.	Creme de leite fresco e manteiga	35
2.10.3.	Queijos Frescos	36
2.10.4.	Queijo fresco cremoso (<i>cream cheese</i>)	36
2.10.5.	Frutose cristalina	38
2.10.6.	Sacarose	38
2.10.7.	Eritritol (Poliol)	39
2.10.8.	Oligassacarídeos (FOS): Frutoligossacarídeos (FOS) - prebiótico / substituidor de gordura (<i>fat replacer</i>)	41
2.10.9.	Amidos	43
2.10.9.1.	Amidos com fluxo curto e fluxo longo sua importância na produção de <i>cheesecake</i>	44
2.10.10.	<i>Bifidobacterium lactis</i> (BB-12) - probiótico termófilo	46
2.10.11.	Cúrcuma e curcumina (Polifenol: oleorresina de cúrcuma)	48
2.10.12.	Atividade antimicrobiana do dióxido de enxofre (SO ₂) e derivados	49
3.	HIPÓTESES DA PESQUISA	51
	OBJETIVOS	52
3.1.	Objetivo Geral	52
3.2.	Objetivos Específicos	52
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	53
4.1.	Processo <i>Cook-Chill</i>	53
4.2.	Informações sobre os componentes dos tratamentos	53
4.3.	Composição centesimal dos ingredientes dos tratamentos	54
4.4.	Formulações	55
4.4.1.	Formulação Padrão Original da Tese	55
4.4.2.	Formulações dos Tratamentos	56
	Análises da matéria prima dos Tratamentos	57

4.5.	Análise bioquímica da curcumina - Método de DPPH (Capacidade antioxidante sobre radical DPPH [•])	57
4.6.	Determinação da temperatura de gelatinização dos amidos pelo <i>Rapid Visco Analyser (RVA)</i>	58
4.7.	Determinação da Cor Instrumental <i>dos Cheesecakes</i>	58
4.8.	Análises dos <i>cheesecakes</i> no tempo	60
4.8.1.	Determinação do perfil de textura (TPA - <i>Texture Profile Analysis</i>)	61
4.8.2.	Determinação do pH	63
4.8.3.	Análises Microbiológicas - Contagem de Coliformes Totais	63
4.8.4.	Análises Microbiológicas - Contagem de bactérias láteas (probiótico: <i>Bifidobacterium lactis Bb-12</i>)	64
4.8.5.	Análises Sensoriais de Ordenação Pareada de Preferência para o <i>cheesecake</i> e para a sua cor	64
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.1.	Resultados análises da matéria prima dos Tratamentos	66
5.1.1.	Resultado da Análise Bioquímica da Curcumina - Método de DPPH	66
5.1.2.	Resultado da Análise Microbiológica - Contagem de bactérias láteas na amostra de <i>Bifidobacterium lactis BB-12</i>	66
5.1.3.	Resultado da Análise da temperatura de gelatinização dos amidos da farinha de trigo pelo <i>Rapid Visco Analyser (RVA)</i>	66
5.1.4.	Resultado da Análise da temperatura de gelatinização do AMCM pelo <i>Rapid Visco Analyser (RVA)</i>	67
5.2.	Análises dos <i>cheesecakes</i>	68
5.2.1.	Resultado da Análise de TPA (<i>Texture Profile Analyser</i>) dos <i>Cheesecakes</i> no tempo	69
5.2.1.1.	Dureza	69
5.2.1.2.	Adesividade	71
5.2.1.3.	Elasticidade	74
5.2.1.4.	Coesividade	76
5.2.1.5.	Gomosidade	79
5.2.1.6.	Mastigabilidade	81

5.2.2.	Resultados da Análise de Atividade de Água (a_w) dos <i>cheesecakes</i> no tempo	84
5.2.3.	Resultados da análise de pH dos <i>cheesecakes</i> no tempo	86
5.2.4.	Análises microbiológicas	89
5.2.4.1.	Resultados da contagem de bactérias láteas - <i>Bifidobacterium lactis</i> (Bb-12) (log UFC/fatia de <i>Cheesecake</i> - 125g) - no tempo	89
5.2.4.2.	Resultados da análise de contagem de coliformes totais e fecais no tempo (log UFC/fatia de <i>Cheesecake</i> - 125g)	91
5.2.5.	Resultado da análise de cor instrumental	91
5.2.6.	Resultado da análise sensorial - Teste Pareado de Ordenação de Preferência da cor do <i>cheesecake</i>	92
5.2.7.	Resultado da análise sensorial - Teste Pareado de Ordenação de Preferência do <i>cheesecake</i>	93
5.3.	DISCUSSÃO	94
6.	CONCLUSÃO	97
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

1. INTRODUÇÃO

O domínio dos alimentos funcionais se apresenta como o mais inovador no campo da Engenharia de Alimentos. Alimentos funcionais são os que, além de fornecer a nutrição básica, promovem a saúde por meio de mecanismos não usuais da Nutrição convencional na manutenção da saúde (não na cura de doenças).

Os alimentos probióticos, prebiótico e simbióticos fazem parte dos alimentos funcionais e exercem um importante papel na melhoria da qualidade de vida do ser humano e atuam na diminuição de riscos de doenças crônicas não transmissíveis. Probióticos são microrganismos vivos, que administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do consumidor. Prebióticos são carboidratos não digeríveis incorporados aos alimentos no sentido de selecionar determinadas bactérias da microbiota intestinal, por meio de sua atuação como um substrato seletivo fermentável no cólon. O termo simbiótico é cunhado para incluir ambos os termos probiótico e prebiótico, isto é, um produto classificado como simbiótico é o que apresenta em sua formulação pelo menos um probiótico e um prebiótico. Cabe supor que, em vez de usar os probióticos e prebióticos em separado, um produto contém ambos, ou seja, as bactérias benéficas do intestino em número elevado, bem como suplemento nutricional para elas, vai permitir que multipliquem rapidamente no intestino e produzam benefícios eficazes para a saúde de quem faz o seu consumo regular.

Os alimentos lácteos têm sido considerados os carreadores universais de microrganismos probióticos e de ingredientes prebióticos.

A alegação *light* para um alimento é utilizada quando este apresentar uma redução de algum nutriente em comparação com o alimento de referência, isto é, sua versão convencional.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Pâtisserie e Engenharia de Alimentos: Arte e Ciência

A área de Ciência e Tecnologia de Alimentos é de natureza multidisciplinar e envolve um elevado número de profissionais que trabalham desde o desenvolvimento, a produção e o consumo dos alimentos (GAVA; DA SILVA; FRIAS, 2012).

Há trinta anos, a ciência e a culinária estavam nitidamente compartimentadas: num havia as ciências fundamentais (a física, a química e a biologia) que mergulhavam na natureza profunda da matéria e da vida; noutro havia a ciência dos alimentos, ciência aplicada que dedica, antes de tudo, a compreender os materiais e processos da manufatura industrial; e, no terceiro, havia a culinária em pequena escala feita em casa e nos restaurantes (um ofício tradicional que nunca chamara a atenção dos cientistas). Não que os praticantes desse ofício precisassem dessa atenção: os cozinheiros práticos vinham desenvolvendo seu *corpus* de conhecimentos práticos há milhares de anos e dispunham de um sem número de receitas confiáveis com que trabalhar. Muita coisa mudou nesse período, a ciência pôs o pé na cozinha e a culinária entrou nos laboratórios e indústrias. Também os *Chefs* (o profissional da Gastronomia) valorizaram a abordagem científica envolvida em seu ofício (McGEE, 2011).

Enquanto a ciência infiltrava-se aos poucos no mundo da culinária, a culinária foi se imiscuindo nas ciências puras e aplicadas. Em 1992, aos 84 anos de idade. Nicholas Kurti – físico e gastrônomo estabelecido na Universidade de Oxford – deu sua contribuição para o progresso da civilização ao organizar o Seminário Internacional de Gastronomia Física e Molecular em Erice (Sicília), onde, pela primeira vez *Chefs*, Pesquisadores Universitários e Cientistas do setor de alimentos trabalharam no intuito de avançar a Gastronomia, ou seja, a preparação e a apreciação de alimentos da mais alta qualidade. Nos últimos anos, seu tema central – a compreensão da excelência culinária – adquiriu uma nova importância econômica.

A tendência da indústria moderna em maximizar a eficiência e minimizar os custos acarretou, em geral, em uma perda da qualidade e das características próprias dos produtos alimentícios, isto é, todos têm mais ou menos o mesmo gosto, um gosto não muito bom.

Como a melhora da qualidade pode significar uma vantagem competitiva, atualmente há um forte crescimento e especialização no intercâmbio dos profissionais envolvidos na produção e no desenvolvimento de novos produtos e os *Chefs* levam ao setor de alimentos suas habilidades e padrões (McGEE, 2011).

A grande virtude das formulações de produtos consagrados pelo tempo é que nos poupam da preocupação de ter que especular, experimentar ou analisar, enquanto se prepara um alimento, por outro lado, a grande virtude do pensamento e da análise é que nos libertam da necessidade de seguir receitas e nos ajudam a lidar com o inesperado, inclusive com a inspiração de produzir alguma inovação (McGEE, 2011). Os novos produtos, que podem variar em inovações, criam um mercado até então inexistente e levam a aperfeiçoamentos e revisões de produtos preexistentes, visto que a maior parte da atividade de desenvolvimento de novos produtos é dedicada á melhoria do produto que já está no mercado (KOTLER, KELLER, 2012, p.612).

O momento atual é propício para iniciar uma carreira no setor de serviços alimentícios. O interesse pela Gastronomia, *Pâtisserie* e a busca por novos produtos alimentícios estão maiores do que nunca, as redes de restaurantes estão entre as maiores corporações (GISSLEN, 2012). Os Laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em Alimentos empregam muitos profissionais da culinária (*Chefs*) no desenvolvimento de novos produtos ou linhas de produtos alimentícios (THE CULINARY INTITUTE OF AMERICA, 2009). Há um nítido movimento de retorno aos alimentos artesanais e por uma transição nos procedimentos e estabelecimento de novos padrões de qualidade, sabor e duração. A *Pâtisserie* está vivendo uma renovação com novos ingredientes, matérias primas de qualidade, intensificação de sabores, texturas e apresentações; a inovação e a revitalização de ideias continuam a impulsionar a indústria (SUAS, 2009).

A Gastronomia e a *Pâtisserie* não só tratam de Técnicas Culinárias, não só se aprende extraordinárias receitas, como também se conhece os costumes de uma época; através delas compreende-se melhor uma cultura (ROBERT, 2008). O currículo de Engenharia de Alimentos necessita se adaptar e se abrir para essa nova abordagem, isto é, abrir espaço para novas informações acerca dos alimentos, e incluírem em sua grade curricular disciplinas práticas como Gastronomia e *Pâtisserie* que contribuirão a uma melhor compreensão das informações científicas ministradas por todas as demais disciplinas. Disciplinas planejadas e

organizadas para reforçar as habilidades básicas que o aluno está aprendendo. Certamente, nenhum livro didático é capaz de substituir um experiente *Chef* em um Laboratório ou Cozinha Experimental, que pode dar demonstrações, supervisionar o trabalho dos alunos, responder perguntas, dar conselhos e assistência quando necessário (GISSLEN, 2012).

“O papel da educação superior não é mais apresentar os livros, mas ensinar a aplicar o conhecimento que eles proporcionam.”

Stephen Kosslyn

2.2. Cheesecake - Breve História:

Acredita-se que o *cheesecake* tenha se originado na Grécia antiga, onde era servido para os atletas durante os primeiros Jogos Olímpicos ocorrido em 776 a.C. Os romanos disseminaram o *cheesecake* da Grécia para a Europa, cujos imigrantes acabaram levando a tradição para os Estados Unidos. O queijo cremoso (*cream cheese*), o queijo mais usado para preparar o *cheesecake* atualmente, foi inventado por um leiteiro norte-americano, que estava tentando recriar o queijo francês *Neufchâtel*. Quando James L. Kraft criou o queijo pasteurizado em 1912 e o queijo cremoso pasteurizado “*Philadelphia*” logo em seguida, a produção de *cheesecakes* nos Estados Unidos acelerou de forma significativa. Os *cheesecakes* são estimados por sua incrível riqueza e infindáveis variações (SUAS, 2009, p. 631).

2.3. Caracterização do Cheesecake e dos Bavareses:

Um dos sentidos da palavra *cake* em inglês designa uma confecção levedada (“levantada”) - por incorporação de gás de forma mecânica, química ou biológica - á base de farinha, ovos, açúcar, fermento e outros ingredientes, que é assada em forno.

Em algumas discussões sobre Confeitaria, os *cheesecakes* são abordados com os itens á base de farinha. Tecnicamente, entretanto, o *cheesecake* assemelha-se mais a um pudim ou a um recheio de *pumpkin pie* (torta de abóbora) (GISSLEN, 2011, p. 529); mas, para McGee (2011) não se costuma conceber o *cheesecake* como um tipo de pudim ou um creme de leite e

ovos. Provavelmente porque a presença dos ovos é mascarada pela riqueza do recheio que eles aglutinam – em geral, alguma combinação de ricota, *cream cheese*, creme azedo, nata e manteiga.

O *cheesecake* é uma mistura semilíquida de leite, açúcar, ovos e *cream cheese* que fica firme com a desnaturação proteica dos ovos. O fato de ter *cake* no nome diz pouco sobre sua real constituição, isto é, não significa que o produto deve entrar na classificação dos bolos (GISSLEN, 2011, p. 529).

Diversos países têm preparações típicas semelhantes, mas usando os queijos locais. Nos Estados Unidos da América, a maioria dos *cheesecakes* é feita com *cream cheese*. O *Cheesecake* típico de Nova York talvez seja o mais untuoso de todos, pois leva creme de leite fresco além do *cream cheese*. *Cheesecakes* feitos com queijos mais magros também podem ser encontrados. Na Itália, o produto é feito com ricota; na Alemanha, é empregado queijo fresco *quark*. O *cheesecake* francês tem uma textura mais leve devido à incorporação de claras em neve à massa. *Cheesecakes* não assados que usam a gelatina como agente estabilizador, em vez de proteínas desnaturadas de ovos, são considerados um tipo de *bavaroise* em vez de um Pudim (GISSLEN, 2011, p. 528-9; KRAMER, 1994, p. 249). As *bavaroises* são sobremesas clássicas que contêm gelatina, creme a base de gemas e creme de leite fresco batido (GISSLEN, 2011, p. 532).

O *Cheesecake* é um produto que pode estar relacionado a três desses segmentos: Produtos de Confeitaria; Produtos Lácteos; Produtos de Panificação.

- **Produtos de Confeitaria:** Área dedicada ao preparo de especialidades, em especial doces – bolos, tortas, *mousses*, bombons, biscoitos, sorvetes etc. -, incorpora também o setor de petiscos e de salgados. Os produtos de confeitaria envolvem o uso de farinha de trigo e do processo biológico de fermentação. Os ingredientes funcionais empregados envolvem em especial xilitol, frutoligossacarídeos, fibras, óleos e margarinas. O uso de outros ingredientes com potencial funcional é de ordem tecnológica – depende da estabilidade desses ingredientes ao calor uma vez que a fabricação da maioria dos produtos de confeitaria envolve assamento ou forneamento e, portanto, o uso de altas temperaturas – e mercadológica.

- **Produtos Lácteos:** Representam o mais importante segmento dos alimentos funcionais, incluindo produtos como leites fermentados, bebidas lácteas fermentadas ou não, queijos, *petit suisse* e sobremesas lácteas. Esses produtos são fabricados com bactérias probióticas, ingredientes prebióticos ou com ambos. Quando contêm probióticos e prebióticos, os produtos são denominados simbióticos (OLIVEIRA, 2009, p. 2-3).

2.4. Produtos alimentícios *light* (*cheesecake*)

As alegações nutricionais, presentes nos rótulos de alimentos, deverão seguir novos critérios para serem utilizadas. A Resolução RDC 54/2012 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), publicada no Diário Oficial da União (12/11/2012), alterou a forma de uso do termo *light*. O uso da alegação *light*, só será permitido para os alimentos que apresentar redução de algum nutriente em comparação com um alimento de referência (versão convencional do mesmo alimento) (ANVISA, 2012).

2.5. Formulações e métodos - processos térmicos usuais de produção de *Cheesecake*:

2.5.1. Método de produção de *cheesecake* cremoso (sólido)

Figura1 - Fluxograma da produção de *Cheesecake* Cremoso (Sólido).
Fonte: GISSLEN, 2011, p. 528; ROBERT, 2008.

2.5.2. Processamento do *cheesecake* para diabético – Método Francês:

Figura 2 - Fluxograma do Método para produção de *Cheesecake* Francês.

Fonte: KRAMER, 1994; GISSLEN, 2011; ROBERT, 2008.

2.6. Valor biológico dos alimentos:

O *cheesecake* é um produto de alto valor biológico por apresentar, em sua composição, componentes de alta qualidade nutricional (alto valor biológico) como proteínas de origem animal (leite em pó, queijos frescos e ovos) com alta digestibilidade e uma excelente composição lipídica.

2.6.1 Valor biológico das proteínas:

A Tabela 1 apresenta a comparação entre os vários alimentos em termos de quantidade de proteína, coeficiente de digestibilidade, aminoácidos limitantes, quantidade do alimento a ser consumido e fornece a quantidade equivalente a 35 g de proteína do leite humano e quilocalorias fornecidas.

Tabela 1 - Proteínas dos alimentos comparadas à proteína do leite humano.

Alimento	aa Limitante	Prot. Alim. Equiv. 35g PT. Leite Hum. (g)	Coef. Digest. PT. Alim.	Quant. PT. Alim. (g)	% PT. Alim.	Quant. Alim. Neces. (g)	Kcal Rec. Alim.
Carne	Triptofano	43,1	97,0	44,4	21,5	206	295
Ovos	Leucina	36,6	97,0	37,8	12,8	295	477
Leite Vaca	Metionina; Cisteína	43,8	97,0	45,2	3,2	1.410	903
Mandioca	Metionina; Cisteína	82,4	60,0	137	1,1	12.500	16.400
Soja	Metionina; Cisteína	43,8	78,0	56,2	34,0	165	665
Feijões	Valina	50,5	78,0	64,8	24,0	270	913
Milho	Triptofano; Lisina	72,4	60,0	120	7,8	1.540	5.660
Batata	Leucina	71,6	74,0	96,7	2,1	4.600	3.500
Arroz	Lisina	51,7	75,0	68,9	7,5	919	3.310
Trigo	Lisina	80,6	79,0	102	13,3	767	2.560

Fonte: HOLUM, 1996.

2.6.2. Biodisponibilidade de proteínas:

A qualidade nutricional de uma proteína reflete a sua capacidade em fornecer aminoácidos essenciais, nas quantidades necessárias, ao crescimento e à manutenção do organismo humano. Portanto, além de presentes na estrutura polipeptídica, esses aminoácidos devem estar biodisponíveis para o organismo.

Em relação aos efeitos do processamento térmico, reações com açúcares redutores e grupamentos ε -amino também decrescem a digestibilidade dos resíduos de lisina, sendo a reação de Maillard ou “reação de escurecimento não enzimático” aquela que apresenta o maior impacto sensorial e nutricional. Outras reações como as interações com radicais livres,

compostos fenólicos, solventes halogênicos e nitritos também contribuem para reduzir a digestibilidade e, consequentemente, a biodisponibilidade das proteínas.

Tabela 2 - Composição de aminoácidos (mg/gN) de algumas proteínas alimentares comparada às necessidades de aminoácidos essenciais para crianças de 2 a 5 anos.

Aminoácidos	Gelatina	Caseína	Glúten trigo	Albumina	Soja	FAO/OMS
Treonina ^e	108,2	290,0	140,8	292,5	209,4	212,5
Valina ^e	140,4	428,1	213,2	423,8	286,9	218,7
Isoleucina ^e	84,9	335,0	196,6	330,0	282,5	175,0
Leucina ^e	167,6	635,0	383,6	547,5	485,0	412,5
Lisina ^e	285,3	527,5	83,2	436,3	385,0	362,5
Triptofano ^e	11,1	81,9	33,6	91,3	57,5	68,7
Fenilalanina ^e	98,2	341,9	304,95	388,1	337,5	-
Metionina ^e	56,6	188,8	108,3	239,4	93,7	-
Histidina	88,2	185,6	137,4	140,6	190,0	118,7
Cistina	-	29,4	173,85	175,6	112,5	-
Tirosina	27,2	377,5	169,9	275,0	198,7	-
(Met+Cis)	56,6	-	282,1	-	206,2	156,2
(Fen+Tir)	125,4	-	474,8	-	536,2	393,7

Fonte: COZZOLINO, 2007, p. 137.

A Tabela 2 apresenta a composição de aminoácidos de diferentes tipos de proteínas comparada à composição ideal recomendada pela FAO/WHO para crianças de 2 a 5 anos, na qual podem ser observados exemplos de proteínas completas (caseína e albumina), parcialmente incompletas (soja e trigo) e totalmente incompletas (gelatina) (COZZOLINO, 2012).

A temperatura elevada também pode diminuir ou alterar a estrutura de determinados fitoquímicos, como compostos fenólicos de alimentos que podem quelar nutrientes, diminuindo assim, sua interação com nutrientes essenciais (COZZOLINO, 2012).

A Tabela 3 apresenta os valores de digestibilidade obtidos de proteínas vegetais e animais, em que se observa que estas últimas apresentam, em geral, os índices mais elevados, contribuindo para a melhor biodisponibilidade de seus aminoácidos essenciais.

Tabela 3 - Digestibilidade Real (TD) e Aparente (AD) de diferentes proteínas em alimentos obtidas por métodos *in vivo*.

Proteína	Real (TD)	Aparente (AD)
Caseína + Met	100±0,2	92±0,5
Caseína	81,3±3,4	79,5±3,5
Gelatina hidrolizada	97,6±1,7	90,5±1,7
Atum	97±0,04	87±
Leite desnatado	95±0,9	-
Leite	87,0±0,4	86±0,9
Ovo	88,5±0,6	91,94
Gelatina	56,3±6,8	48,2±7,5
Trigo	90,7±0,8	-
Lentilhas	84,0±1,4	-
Milho	82,5±1,2	75±1,5
Proteína de soja	74,5±5,3	-
Feijão	62,2±0,9	-

Fonte: COZZOLINO, 2012.

2.7.Alimentos Funcionais (Prebióticos, Probióticos e Simbióticos):

2.7.1.Propriedades Funcionais - Funcionalidade:

Funcionalidade é a propriedade dos alimentos que vai além de sua qualidade de fonte de nutrientes. O conceito de alimento funcional é, até certo ponto, novo. Ele tem variados

alcances em diferentes países e uma vasta nomenclatura: nutracêuticos, alimentos de desenho, alimentos para uso médico, alimentos para uso saudável, entre outros (COLLI; SARDINHA; FILISETI, 2006).

A Legislação Brasileira define para alimento funcional, que alega propriedade funcional, “aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no papel metabólico ou fisiológico que o nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo e alegação de propriedade de saúde aquela que sugere, afirma ou implica a existência de relação entre o alimento ou ingrediente com doença ou condição relacionada à saúde” (Resolução n. 18, de 30/04/1999).

2.8. Atividade de água (a_w) nos alimentos

Alimentos com a_w entre 0,98 e 0,93, onde se incluem os leites concentrados, os queijos frescos, vão crescer as bactérias Gram-positivas (*Bacillaceae*, *Lactobacillaceae*, *Micrococcaceae*, etc.) se outros fatores (pH, conservadores, etc.) não interferirem no crescimento. O maior perigo é de *Staphylococcus aureus* (a_w mínima para crescimento é 0,86/ pH mínimo para crescimento é 4,0) e de certas micotoxinas. Outro microrganismo a considerar é *Listeria monocytogenes* que crescem melhor na faixa de 6 a 8 (algumas espécies crescem numa faixa de pH 4,1 a 9,6 e numa faixa de temperatura entre 1 e 45°C) e valores de a_w inferiores a 0,93. A *Listeria monocytogenes* em tratamento térmico de 71,7°C por 15 segundos tem seu número de microrganismos abaixo dos níveis detectáveis (JAY, 2005).

A Figura 3 apresenta a velocidade de transformações nos alimentos em função da atividade de água, incluindo reações de deterioração da qualidade e crescimento microbiano.

2.9. Processo Cook-Chill

O processo *Cook-Chill* combina processo térmico e resfriamento rápido do alimento processado e requer, normalmente, três equipamentos: forno combinado, ultra

congelador/resfriador e câmara de estocagem. A temperatura alta é um dos métodos mais seguros e confiáveis de preservação de alimentos. A destruição dos microrganismos pelo calor envolve a relação entre tempo e temperatura.

Figura 3 – Velocidade relativa das reações e do crescimento de microrganismos em função da Atividade de Água (a_w) dos alimentos.

Além disso, deve-se considerar a taxa de penetração do calor em alimentos de consistências diferentes, assim como o tamanho e o formato dos recipientes nos quais os alimentos estão acondicionados (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 1997). O resfriamento rápido evita a alteração de qualidade dos alimentos e garante sua conservação após o cozimento/assamento. A zona de risco de contaminação é ultrapassada rapidamente, preservando a segurança microbiológica do alimento. Para resfriar até o centro dos alimentos de $+90^{\circ}\text{C}$ a $+3^{\circ}\text{C}$ em até 90 minutos.

A Figura 4 mostra o Resfriamento Rápido *Soft*: de $+90^{\circ}\text{C}$ a $+3^{\circ}\text{C}$, no centro do alimento, em 90 minutos, com temperatura positiva do ar. Indicado para cremes, arroz, verduras, doces, peixes e alimentos fritos - produtos considerados delicados, de pouca densidade ou espessura. Características: O resfriamento rápido *soft* provoca o rebaixamento da temperatura de forma rápida sem prejuízo para a parte externa do alimento (KLIMAQUIP, 2014).

Figura 4 - Resfriamento Rápido *Soft*.

Fonte: KLIMAQUIP, 2014.

As temperaturas próximas ou abaixo de 0°C retardam o crescimento e a atividade metabólica dos microrganismos (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 1997). É fundamental a adoção de práticas de manipulação higiênicas para a prevenção de contaminação ou recontaminação dos alimentos processados.

2.9.1. Destruição Térmica de Microrganismos a 90°C :

A Figura 5 mostra as curvas de letalidade/inativação de algumas bactérias e enzimas.

Em alimentos de baixa acidez, com pH maior do que 4,5, como o leite, a pasteurização é utilizada para minimizar possíveis riscos à saúde devido à possível contaminação por microrganismos patogênicos, como os causadores de brucelose e tuberculose, e para aumentar a vida de prateleira por alguns dias. A relação temperatura/tempo para o leite ($72^{\circ}\text{C}/15\text{ s}$) é

definida em função de *Coxiella burnetti* (causadora da febre Q) ou *Mycobacterium tuberculosis* (bacilo de Koch), de modo que elimine, pelo menos, 99,99% das células existentes. Já na pasteurização do ovo líquido, deseja-se um tratamento 9D (redução de 99,9999999%) *Salmonella seftenberg*, aquecendo a 64,4°C/2,5 min. (GAVA; SILVA; FRIAS, 2012, p. 229). Os agentes causais mais frequentes de transmissão de doenças pelos alimentos como *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* e/ou *Salmonella sp*, são controlados no processo *cook-chill*, pois, são microrganismos do grupo mesófilo.

Figura 5 - Curvas de efeito letal e tempo/temperatura para destruição de algumas enzimas e microrganismos.

Fonte: (cortesia Tetra Pak in: GAVA; DA SILVA; FRIAS, 2012, p. 228).

2.10. Ingredientes dos Tratamentos:

2.10.1. Ovos:

Os ovos são em grande parte proteína, por isso é preciso levar em consideração o princípio da coagulação (desnaturação): as proteínas são polímeros cujos monômeros são os aminoácidos. Normalmente, essas cadeias formam espirais rígidas. À medida que as proteínas

são aquecidas, as espirais se desenrolam gradualmente. Nesse momento, diz-se que a proteína foi desnaturada. Quando as espirais das proteínas se desenrolam, são atraídas umas pelas outras formando ligações (ou interações) intermoleculares, que é conhecido como o fenômeno da desnaturação (coagulação). As proteínas coaguladas formam uma rede sólida, tornando-se firmes. À medida que a temperatura aumenta, as proteínas encolhem, tornam-se mais firmes e perdem mais umidade. A exposição das proteínas ao calor excessivo faz com que se enrijeçam e ressequem. A maioria das proteínas completa a coagulação entre 71 e 85°C (GISSLEN, 2012, p. 65).

2.10.1.1. Temperaturas de gelificação das proteínas do ovo e funcionalidade:

As proteínas da gema desnaturam a 76°C, as da clara a 74°C (KNIGHT; KOTSCHEVAR, 2005, p. 216).

Os ovos desempenham as seguintes funções em panificação e confeitaria:

- a)** Estruturação: assim como a proteína do glúten, a proteína do ovo coagula (desnatura) dando estrutura às massas. Isso é especialmente importante em produtos nos quais altos teores de açúcar e gordura enfraquecem o glúten. Se utilizados em grande quantidade, os ovos deixam os produtos duros ou borrachudos, a menos que balanceados com gordura e açúcar, que os amaciam.
- b)** Emulsificação de gorduras e líquidos: as gemas do ovo contêm emulsificantes (lecitina), que auxiliam na produção de massas homogêneas. Isso contribui para o volume e a textura;
- c)** Crescimento: ovos batidos incorporam minúsculas bolhas de ar. Em uma massa, esse ar aprisionado se expande quando aquecido, auxiliando no crescimento do produto;
- d)** Amaciamento: a gordura contida na gema do ovo age como amaciante, encurtando as redes de glúten. Essa é uma função importante em produtos com baixo teor de outras gorduras;
- e)** Umidificação: os ovos são constituídos basicamente de água. Essa umidade deve ser calculada como parte do líquido total da fórmula. Se gemas forem

substituídas por ovos inteiros, por exemplo, ou se ovos em pó forem usados, ajuste a quantidade de líquido da fórmula de acordo com a umidade relativa do tipo de produto empregado;

f) Adição de sabor;

g) Melhora do valor nutricional;

h) Adição de cor: as gemas dão cor às massas de pães e bolos. Além disso, o ovo carameliza com facilidade, contribuindo para a cor da casca (GISSLEN, 2011, 2012, p. 903).

2.10.2.Creme de leite fresco e manteiga:

Os lipídeos compõem um amplo grupo de compostos quimicamente diversos que são solúveis em solventes orgânicos. Em geral, os alimentos lipídicos são classificados como gorduras (sólidos) ou óleos (líquidos), correspondendo ao seu estado físico à temperatura ambiente (FAERMAND; KROG, 2003). Os lipídicos são classificados como apolares (triacilglicerol e colesterol) ou polares (fosfolipídeos), devido às diferenças em sua solubilidade e nas propriedades funcionais. Os lipídeos polares costumam apresentar uma “cabeça” hidrofílica, com alta afinidade pela molécula da água, ligada a uma “cauda” hidrofóbica, com alta afinidade pelas moléculas dos óleos e gorduras (FAERMAND; KROG, 2003). Os lipídeos surfactantes podem alterar as propriedades de alimentos por meio de uma série de mecanismos físico-químicos, incluindo absorção a interfaces, estabilização de partículas, interação com biopolímeros e modificação da nucleação, do crescimento e da estrutura de cristais (BERGENSTAHL, 1997; FAERMAND; KROG, 2003; BOS et al., 1997; ENBAUGH, 1997; KROG; SPARSO, 2004).

Nos EUA o creme de leite fresco (*whipping cream*) pode ter um teor de gordura entre 30 e 40%. Dentro dessa categoria é possível encontrar cremes de leite mais magros – com 30 a 35% de gordura [os mais comuns no Brasil], chamados de *light whipping cream*, e cremes de leite mais gordurosos, como o creme de leite para bater (com 36 a 40% de gordura) – *heavy whipping cream*. Uma versão bastante espessa, chamada de *extra-heavy* ou *manufacturer's cream*, com teor de gordura de 38 a 40% ou mais, também à venda nos EUA,

mas apenas para estabelecimentos comerciais. O creme de leite UHT, também chamado de longa vida não se transforma em chantilly tão bem quanto o creme de leite pasteurizado, portanto, para que possa ser batido com mais facilidade, são adicionados aditivos á sua composição, como gomas vegetais (espessantes). O creme de leite light (*light cream*) tem um teor mais baixo de gordura – geralmente de 18, mas pode chegar até 30%. O creme de leite chamado de *half-and-half*, tem um teor de gordura entre 10 e 18% - muito baixo para ser chamado de creme de leite. O creme de leite azedo é fermentado pela adição de bactérias do ácido láctico que o tornam mais espesso e com leve sabor ácido [com não é facilmente encontrado no Brasil, pode ser substituído por uma mistura de uma colher de sopa de suco de limão a cada xícara (150 ml) de creme de leite fresco, misturando bem e deixado em repouso por 30 minutos em temperatura ambiente até engrossar]. Tem aproximadamente 18% de gordura. (GISSLEN, 2011).

2.10.3.Queijos Frescos:

O queijo é produzido quando os sólidos lácteos se separam do soro do leite coagulado. Essa coagulação acontece quando são introduzidas no leite determinadas bactérias ou uma enzima chamada renina. Os coalhos resultantes são dessorados, processados e curados, ou maturados, de diversas maneiras.

2.10.4.Queijo fresco cremoso (*cream cheese*):

O *cream cheese* é um queijo branco (classificado como queijo não maturado ou um queijo fresco) homogêneo, suave, com alto teor de gordura látea (35%), untuoso, compacto, sendo muito apreciado nos Estados Unidos da América, onde se consome ao natural ou como ingrediente de numerosas receitas, principalmente nos tradicionais *cheesecakes* (ROBERT, 2008). O *cream cheese*, pela Legislação norte americana, deve conter no mínimo 33% de

gordura e no máximo 55% de umidade). Os três componentes principais dos queijos são água, gordura e proteína. Quando indicado no rótulo, o teor de gordura do queijo geralmente se refere à porcentagem de sólidos.

Figura 6 - Fluxograma do Processamento do *Cream Cheese*.

Fonte: FURTADO; LOURENÇO NETO, 1994.

Em outras palavras, se um queijo *Cheddar* tem o teor de gordura de 50%, isso significa que teria 50% de gordura se fosse retirada toda a sua água. Na realidade, o queijo pode ter um teor de água de aproximadamente 40% e o seu teor real de gordura ser de aproximadamente 30% do total. O duplo creme ou o francês *double-crème* (no mínimo 60% de gordura), e o *triple-crème* (no mínimo 75% de gordura, peso seco) (GISSLEN, 2012, p. 811-812). A consistência ideal do *cream cheese* (finíssima, untuosa, porém ligeiramente

firme) só será obtida no dia seguinte após ser resfriado, com durabilidade de 20 dias, quando mantido a 5°C (FURTADO; LOURENÇO NETO, 1994).

2.10.5. Frutose cristalina:

Também chamada de levulose ou açúcar das frutas, encontra-se principalmente nas frutas e no mel. É o mais doce de todos os glicídios naturais, podendo chegar a uma doçura 80% maior que a da sacarose ($dr = 1,80$). A doçura relativa (dr) é tomada com a sacarose como padrão, isto é, se a sacarose tem valor 100 ($dr = 1,00$), a frutose cristalina tem valor de 180 ($dr = 1,80$) e, portanto, pode ser empregado em menor quantidade do que a sacarose em alimentos e bebidas. Isso faz com que o consumo calórico da preparação final seja reduzido. Com moderação, a frutose pode ser administrada a indivíduos diabéticos, já que não provoca bruscas alterações na glicemia. O aumento dos níveis de glicemia através da ingestão de frutose é cerca de 80% inferior ao da ingestão de glicose. Ela é comumente empregada em produtos alimentícios para diabéticos, desde que não ultrapasse a dose de 0,5 a 1 grama por dia por quilograma de massa corpórea (0,5 a 1 g/dia/kg). Entretanto, o consumo excessivo de frutose apresenta um efeito adverso potencial sobre o metabolismo das gorduras, estando relacionada com a elevação dos níveis de triglicerídeos no sangue. Segundo Cândido e Campos (1996), doses diárias inferiores a 20 gramas não promovem efeitos metabólicos deletérios. A frutose possui propriedades tecnológicas como a de ressaltar o sabor e o aroma de outros ingredientes, como frutas e ácidos. Sua doçura é rapidamente percebida, sobretudo em alimentos de baixa temperatura, sendo muito bem empregada em sorvetes e gelados em geral.

2.10.6. Sacarose:

A sacarose por causa de sua grande hidrofiliabilidade e solubilidade pode produzir soluções bem concentradas com alta osmolalidade. Essas soluções, como o mel, não necessitam de conservantes, podendo ser usadas não somente como adoçantes (ainda que nem

todos os xaropes de carboidratos precisem ter muita doçura), mas também como conservantes e umectantes.

Parte da água de qualquer solução de carboidrato não é congelável. Quando a água congelável cristaliza, ou seja, forma gelo, a concentração de soluto na fase líquida remanescente aumenta e o ponto de congelamento diminui. Há um aumento consequente de viscosidade da solução remanescente. Finalmente, a fase líquida se solidifica como um gelo, no qual a mobilidade de todas as moléculas se torna restrita e as reações dependentes de difusão se tornam muito lentas e, devido a essa restrição de mobilidade, as moléculas de água tornam-se não congeláveis, ou seja, não formam cristais. Desse modo, os carboidratos funcionam como crioprotetores, protegendo contra a desidratação que destrói a estrutura e a textura causada pelo congelamento (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010, p. 93-94).

Entre as vantagens da sacarose como adoçante, ressaltam-se fatores como a aceitabilidade, a palatabilidade, a alta disponibilidade e o baixo custo de produção. Além disso, ela atua também como agente de massa, aumentando a viscosidade dos alimentos e a densidade do meio, conferindo textura e estabilidade aos produtos dos quais participa (FREITAS, 2006, p. 10).

2.10.7. Eritritol (Poliol):

Também chamado “açúcar álcool” devido ao fato de predominar o álcool em sua estrutura após modificação de um açúcar específico. Essa modificação refere-se à conversão de um grupo carbonílico de açúcares em álcool, proporcionando aos polióis distintas propriedades, tanto metabólicas, como tecnológicas, em relação aos açúcares. A Legislação Brasileira classifica-os como carboidratos e não como açúcares.

Os polióis constituem uma classe especial de carboidratos, podendo ser monossacarídeos (sorbitol, manitol, xilitol, eritritol), dissacarídeos (maltitol, lactitol, isomalte) e uma mistura de sacarídeos e polissacarídeos (polidextrose). Uma das principais utilizações dos polióis está relacionada com a propriedade desses compostos de conferir “corpo” (textura, consistência) aos alimentos, atuando como agente de massa. Em adoçantes e em vários

produtos com teor reduzido de açúcar ou gordura (*light*), são geralmente incorporados com a finalidade de substituir tais ingredientes que fazem grande falta na textura do alimento. Os polióis, portanto, não são cariogênicos como os demais açúcares e essa é uma grande vantagem para sua utilização em produtos alimentícios. Ao contrário dos demais carboidratos, os polióis são absorvidos independentemente da insulina, sem elevar a taxa de glicose sanguínea, podendo ser consumidos por pessoas diabéticas. Além disso, os polióis não são absorvidos de forma completa pelo intestino humano; isso faz com que as calorias desses tipos de açúcares sejam reduzidas em aproximadamente 50%; convencionou-se atribuir uma média de 2,4 kcal/g para os polióis em geral, tendo apenas o polidextrose o valor de 1 kcal/g.

Figura 7 - Estrutura molecular do eritritol.

Uma importante desvantagem da ingestão da maioria dos polióis, quando em elevadas quantidades, é o seu efeito laxativo. Isso ocorre devido à baixa e lenta velocidade de absorção pelo intestino delgado, o que provoca a diarreia. A tolerância à ingestão de polióis é variável de indivíduo para indivíduo, sendo maior para aqueles que já estão acostumados a ingeri-los. Para certas pessoas, doses muito baixas, como 10 gramas por diárias, já é o bastante para provocar tal efeito. A Legislação Brasileira permite a utilização e consumo dos polióis com a condição de que seja declarada no rótulo a advertência de que se consumido em excesso pode produzir efeito laxativo. Os polióis isentos de efeito laxativo são o eritritol e o maltitol. O eritritol possui valor calórico de apenas 0,3 a 0,4 kcal/g. Isso indica que, enquanto com os demais edulcorantes a redução calórica é de 50%, com o eritritol é possível obter a redução de até 90%. É importante salientar que todos os polióis não são considerados tóxicos; seu consumo diário deve ser limitado apenas pelo seu efeito laxativo, não devendo ultrapassar a quantidade entre 30 e 50 g (FREITAS, 2006, p. 7-8).

2.10.8.Oligassacarídeos (FOS): frutoligossacarídeos (FOS) - prebiótico e substituidor de gordura (*Fat Replacer*):

Os frutanos são carboidratos presentes em inúmeras espécies vegetais, raízes tuberosas e bulbos. São polímeros formados por 2 a 70 unidades monoméricas de frutose (ligações β 1-2 e uma unidade de glucose ligada à posição C-2 da frutofuranose terminal), sendo que os fruto-oligossacarídeos (FOS) ou oligofrutose têm grau de polimerização (GP) menor que 10. O frutooligossacarídeo (FOS), um derivado da inulina, com grau de polimerização de 2 a 10 unidades, não é metabolizado pelas enzimas digestivas e nem pela maioria das bactérias indesejáveis do intestino humano (OLIVEIRA, 2009, p. 237). O consumo de frutanos [frutooligossacarídeos (FOS) e inulina] maximiza o efeito das bífidobactérias no organismo humano, então, o consórcio entre os frutanos (prebiótico) e as bífidobactérias (probiótico) forma a categoria dos alimentos simbióticos (OLIVEIRA, 2009, p. 235).

A Figura 8 apresenta a estrutura molecular típica dos frutanos.

Figura 8 - Estrutura molecular dos frutanos.
Fonte: Phillips e Williams (2009).

Oligossacarídeos não digeríveis (FOS), ao serem fermentados pelas bactérias intestinais, estimulam a absorção intestinal e a retenção de vários minerais, como magnésio, cálcio, zinco.

Nem todos os carboidratos da dieta podem ser considerados prebióticos; logo, é necessário definir alguns critérios para designar um ingrediente como prebiótico:

- Não ser hidrolisado nem absorvido na parte superior do trato gastrointestinal;
- Ser fermentado pela microbiota intestinal;
- Apresentar estimulação seletiva ao crescimento e/ou da atividade de bactérias intestinais contribuindo para a saúde do hospedeiro.

No tocante à dose bifidogênica de FOS, autores como ROBERFROID, VAN LOO E GIBSON (1998) afirmaram que cerca de 4 g por dia seriam suficientes para um adulto.

Os FOS apresentam cerca de um terço do poder adoçante da sacarose e não são calóricos, não podem ser considerados carboidratos ou açúcares nem fonte de energia, mas podem ser usados de modo seguro por diabéticos. FLAMM et al. (2001) avaliaram o valor calórico dos FOS e constataram que o rendimento de energia para o hospedeiro estaria na faixa de 1,5 a 2,0 kcal/g. Usando outra metodologia, baseada no balanço da lipogênese, o valor calórico dos FOS está em torno de 1,0 a 1,5 kcal/g.

ALLES et al. (1997) e DAVIDSON et al. (1998) observaram o desenvolvimento de flatulência em indivíduos que consumiram dietas contendo entre 15 g e 18 g por dia de FOS. A ingestão de FOS, associada à flatulência é mais flagrante em indivíduos com intolerância a lactose. A gravidade desse tipo de sintoma está relacionada com a dose de FOS consumida. A ingestão de 20-30 g por dia geralmente desencadeia o início de desconforto severo no indivíduo, sendo melhor seguir as doses recomendadas (10 g/dia). Somente pessoas muito sensíveis (1% a 2% da população) sofrem diarreia ou intolerância gastrointestinal com doses de 10 g/dia (COUSSEMENT, 1999). O consumo médio per capita de inulina na dieta européia varia de 2 a 12 g/dia, na Bélgica esse valor sobe para 5-8 g/dia, chegando a 7-12 g/dia na Espanha (MODLER, 1994).

A Tabela 4 - apresenta a doçura relativa de alguns componentes de formulações.

Tabela 4 - Doçura Relativa de alguns ingredientes

Ingrediente	Em solução	Estado cristalino
B-D-frutose	100 - 175	180
Sacarose	100	100
FOS (b)		30
Eritritol (a)		70

Fonte - DAMODORAM *et al.*, 2010; (a) FREITAS, 2006; (b) Ingredion (fornecedor)

2.10.9. Amidos:

Os amidos comerciais são obtidos a partir de sementes de cereais, principalmente de milho comum, milho ceroso, milho de alto teor de amilose, trigo, arroz, tubérculos e raízes, em especial batata e mandioca. O amido e os amidos modificados apresentam numerosas aplicações, incluindo a promoção de adesão e a função de ligante, turbidez, polvilho, elemento de recobrimento (filmes de cobertura), reforçador de espuma, gelificante, vitrificante, retenção de umidade, estabilizante, texturizante e espessante.

O amido distingue-se entre os carboidratos por ocorrer na natureza, em partículas características denominadas grânulos. Os grânulos de amido são insolúveis; eles se hidratam muito pouco em água fria. Desse modo, eles podem ser dispersos na água, formando uma suspensão de baixa viscosidade que pode ser facilmente misturada e bombeada, ainda que em concentrações superiores a 35%. A capacidade de aumento de viscosidade (espessante) do amido é obtida apenas quando a suspensão de grânulos é cozida. Aquecendo-se uma suspensão de 5% dos principais grânulos de amidos nativos a 80°C, sob agitação, obtém-se uma dispersão de alta viscosidade que pode ser chamada de goma. Uma segunda

particularidade é que a maioria dos grânulos de amido é composta de uma mistura de dois polímeros: um polissacarídeo linear, chamado amilose, e um polissacarídeo ramificado, chamado amilopectina (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010, p. 101).

O amido de milho tem uma propriedade especial que o torna valioso para determinados fins. Produtos engrossados com amido de milho quando refrigerados ficam firmes quase como uma gelatina. Por isso é utilizado para engrossar tortas cremosas e outros produtos que devem manter a forma (GISSLEN, 2012).

O amido de milho é usado para tortas cremosas, pois, torna o recheio firme e mantém o formato quando cortado. O açúcar e os ácidos fortes reduzem o poder espessante do amido. Quando possível parte do açúcar (ou todo ele) e ácidos fortes como no suco de limão devem ser adicionados depois que o amido engrossar (GISSLEN, 2012, p. 984).

Amidos modificados, de milho ceroso ou outros, possuem propriedades valiosas. Eles não separam quando congelados, portanto, são utilizados em produtos que devem ser congelados. Além disso, ficam transparentes quando cozidos, proporcionando uma aparência vitrificada e brilhante às frutas utilizadas em recheios de tortas. O amido de milho modificado não fica firme como o amido de milho comum, mas produz uma pasta macia que tem a mesma consistência, quer ela esteja quente ou fria. Portanto, não é adequado para recheios cremosos de torta (GISSLEN, 2012, p. 984).

O amido de milho ceroso e outros amidos modificados são melhores para tortas de frutas, pois ficam transparentes quando firmes, formando uma pasta macia, e não um gel firme. O amido de milho modificado deve ser usado para tortas que serão congeladas porque não se decompõe ao ser congelado (GISSLEN, 2012).

2.10.9.1. Amidos com Fluxo Curto e Fluxo Longo sua importância na produção de *cheesecake*:

Ocorre “fluxo curto” em soluções viscosas, cuja viscosidade depende da força de cisalhamento, principalmente pseudoplásticas, e fluxo longo, em soluções viscosas cuja viscosidade independe ou varia pouco em função da força de cisalhamento (DAMODARAN;

PARKIN; FENNEMA, 2010, p. 99). Os amidos com fluxo longo produzem *cheesecakes* sem corte.

Outro fator que modifica a textura do *Cheesecake* é a presença de sais fundentes (usados para dar uniformidade na fusão aos queijos fundidos ou requeijões) como “contaminantes” nos componentes da formulação.

A uniformidade da fusão da massa ou qualidade de fusão é uma das propriedades mais desejáveis para queijos fundidos. O termo qualidade de fusão é utilizado para indicar a facilidade com que o queijo funde quando submetido ao aquecimento. O processo físico-químico de fusão de queijo processado na presença de agentes fundentes é descrito como uma sequência de reações que ocorrem simultaneamente, quais sejam: remoção do cálcio do sistema proteico; solubilização ou peptização e dispersão da proteína; hidratação ou intumescimento; estabilização do pH e formação da nova estrutura proteica durante o resfriamento. O íon sódio monovalente e o íon cálcio bivalente são antagônicos às proteínas, em particular à caseína do leite *in natura*. Enquanto o íon sódio dispersa, desnatura, dissolve, peptiza e hidrata a proteína, o íon cálcio desidrata e aglomera formando grandes agregados pela polimerização dos peptídeos. Os íons cálcio e sódio se encontram em estado de equilíbrio e estabilizam o sistema coloidal de proteínas; qualquer deslocamento destes íons altera esse estado de equilíbrio. Sais sódicos ou ânions polivalentes como citratos ou fosfatos, podem provocar deslocamento e desequilíbrio no complexo proteico. Os íons do sal fundente (por exemplo ortofosfato dissódico – Na_2HPO_4) dissolvidos penetram nos espaços intermicelares, reforçados pelo fosfato de cálcio coloidal, abaixando a concentração de íons cálcio e neutraliza, com íons de sódio, as cargas negativas dos caseinatos (de cálcio) que são liberados. A substituição dos cátions polivalentes por monovalentes hidrossolúveis, isto é, cadeias de peptídeos e/ou de submicelas de caseína. (VAN DENDER, 2006).

A Figura 9 mostra a modificação na textura do *cheesecake* ao se introduzir sais fundentes à formulação; estes podem vir incluídos como coadjuvantes de produção dos ingredientes das formulações como: leite UHT, leite em pó, “cream cheese” em pó.

Figura 9 - *cheesecakes* produzidos com amido com fluxo curto: **A** com sais fundentes; **B** sem sais fundentes.

O efeito dos sais fundentes na produção do *cheesecake* parece suplantam o efeito do amido com fluxo curto na característica de corte do produto final.

2.10.10. *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) - Probiótico mesófilo:

As culturas láticas usadas na fabricação de leites fermentados podem ser divididas em duas categorias principais:

- culturas tecnológicas: acidificantes, que usam nutrientes do leite para seu próprio metabolismo produzindo produtos palatáveis, mas que não resistem ao ambiente ácido do estômago ou à bile;
- culturas terapêuticas: tolerantes à alta acidez e à bile, podendo sobreviver à passagem através do trato gastrintestinal, influenciando, dessa maneira, a saúde e a longevidade do consumidor. A bactéria lática *Bifidobacterium* se encaixa na classificação de culturas terapêuticas (OLIVEIRA, 2009, p. 127).

Os *Bifidobacterium* são morfologicamente semelhantes a alguns *Lactobacillus* spp., sendo previamente incluídos no gênero *Lactobacillus*. São bastonetes Gram-positivos, apresentam-se como células únicas ou em cadeia de tamanhos diferentes. São não formadores de esporos, sem motilidade e anaeróbios - embora alguns possam tolerar O₂ na presença de CO₂. A espécie cresce a uma faixa ótima de temperatura de 37 a 41 °C, com uma faixa de

temperatura de crescimento que varia de 25 a 45 °C. Normalmente não crescem em faixas de pH acima de 8,0 ou abaixo de 4,5. Eles fermentam glicose para produzir ácido láctico e acético em uma relação molar de 2:3 sem produzir CO₂ e também fermentam a lactose, galactose e algumas pentoses (SNEATH, 1986). Muitas espécies deste gênero têm sido isoladas de fezes de humanos e animais. Algumas destas incluem *Bifidobacterium bifidum*, *Bif. longum*, *Bif. brevis*, *Bif. infantis* e *Bif. adolescentis*. Algumas destas espécies têm sido adicionadas a produtos lácteos para fornecer células vivas em números elevados para restaurar e manter a saúde intestinal nos seres humanos (RAY, 2004). As bifidobactérias de origem animal crescem a 45°C, ao passo que as de origem humana não crescem a essa temperatura. Em geral, sua temperatura de crescimento situa-se entre 20 e 46°C e como limite, 60°C; as de origem humana, são sensíveis a ambientes ácidos (têm pouca tolerância à acidez), isto é, pH abaixo de 5,0 com pH ótimo entre 6,5 e 7,0 (OLIVEIRA, 2009, p. 145).

O trato gastrointestinal humano (TGI) possui uma microbiota complexa de aproximadamente 500 espécies bacterianas diferentes. É estéril no momento do nascimento, tornando-se colonizado por micro-organismos ambientais imediatamente após o parto. Uma vez estabelecida, a microbiota intestinal, composta de micro-organismos benéficos e de patogênicos, permanece relativamente estável em indivíduos saudáveis, podendo ser alterada por diversos fatores, como dieta, tratamento rádio e quimioterápicos, estresse, doenças infecciosas e imunoinflamatórias e por tratamento com antibióticos, provocando diversos tipos de problemas gastrointestinais (OLIVEIRA, 2009, p. 128).

Os microrganismos patogênicos do TGI produzem diferentes compostos tóxicos para o homem, como substâncias putrefativas (amônia, H₂S, aminas, fenol, indol, e outros) e ácidos biliares secundários, o que pode prejudicar o intestino diretamente, afetar a nutrição, a fisiologia, a eficácia de drogas e a resistência do hospedeiro a infecções. Além disso, podem ser parcialmente absorvidos, contribuindo ao longo da vida do hospedeiro para seu envelhecimento e para possível aparecimento de câncer (OLIVEIRA, 2009, p. 128). As bactérias benéficas do TGI podem produzir vitaminas e proteínas que são absorvidas no intestino, protegem o hospedeiro contra infecções por patógenos exógenos, inibindo sua adesão e seu crescimento pela produção de ácidos orgânicos, em especial ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), pela produção de bacteriocinas, também podem produzir compostos que estimulam o sistema imunológico (OLIVEIRA, 2009, p. 128). Algumas espécies de

bifidobactérias de origem humana produzem ácido linoleico conjugado (CLA) que possui atividade anticancerígena e anti-inflamatória. (OLIVEIRA, 2009, p. 135).

As bifidobactérias requerem um ambiente anaeróbico e um pH neutro (entre 6,5 e 7,0) sendo condições importantes a serem observadas nas formulações de produtos para que possam ser viáveis e se manterem em níveis superiores a 10^6 UFC/g, concentração considerada a mínima necessária para proporcionar benefícios terapêuticos. Para atingir contagem de 10^6 a 10^8 UFC/g no TGI, sugere-se a adição de 10^9 a 10^{10} UFC/100g de produto. O carregamento dessas bactérias algumas vezes é mais eficiente em produtos não ácidos, como no leite *sweet* (sem fermentação, mas carregando cultura concentrada), iogurtes congelados (sorvetes em que o iogurte é um dos ingredientes – *Frozen-yogurt*) e alguns tipos de queijo, em que sua sobrevivência depende dos níveis de sal e da microencapsulação (OLIVEIRA, 2009, p.168-169).

2.10.11.Cúrcuma e curcumina (Polifenol: oleorresina de cúrcuma):

A curcumina é um pigmento amarelo alaranjado extraído da raiz da planta *Curcuma longa*. O rizoma contém de 2,5 a 8,1% do componente cromóforo, A Figura 8 apresenta a estrutura molecular da curcumina - a presença de ligações duplas conjugadas confere sensibilidade ao oxigênio, especialmente quando exposto à luz. Possui ótima estabilidade térmica e é resistente à oxidação e acredita-se possuir propriedades antioxidantes equivalentes às do BHA/BHT. Antioxidante é um composto que protege o sistema biológico contra o efeito nocivo de processos ou reações que podem causar oxidação excessiva (KRINSKY, 1994). O principal componente extraído da cúrcuma é a curcumina, que também é responsável por suas ações bioativas. A curcumina é um potente antioxidante que protege contra danos oxidativos a componentes celulares e contra o câncer, principalmente de pele e de mama - potente inibidor de mutagênese e carcinogênese induzidas, com atividade anti-inflamatória, inibindo também a resposta de neutrófilos e a formação de superóxidos em macrófagos. Tem sido relatada sua atuação na inibição, promoção e progressão de cânceres, pois inibe a peroxidação lipídica (DOWNHAM; COLLINS, 2000; FINLEY, 2005). O seu possível mecanismo de ação é analisada em termos de capacidade antioxidante; os ensaios

envolvem diferentes níveis de ação antioxidante e habilidades como varredores de radical com o uso de 2,2-difenil-2-picril hidrazila (DPPH) (TILAK et al., 2004).

Figura 10 - Estrutura molecular da curcumina.

Fonte: Adaptado de Buescher & Yang, 2000.

O WHO/FAO Expert Committee on Food Additives (JEFCA) elaborou a “ingestão diária aceitável” (IDA) de aditivos alimentares, incluindo os corantes. Para a curcumina a JEFCA prescreve a ingestão diária aceitável (IDA) em 0,1 mg/kg de peso corporal (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010, p. 486-488).

2.10.12. Atividade antimicrobiana do dióxido de enxofre (SO₂) e derivados:

Comercialmente são mais usados os derivados formadores de SO₂ como os sulfitos, bissulfitos e metabissulfitos. A Tabela 5 apresenta os mais importantes formadores de SO₂.

Ação antimicrobiana dos derivados do dióxido de enxofre é devido à parcela não dissociada do ácido sulfuroso (H₂SO₃), não pela fração de SO₂, livre ou combinada, essa atuação contra bactérias e alguns fungos ocorre pela interação com grupos sulfidrílicos de enzimas endógenas. No caso dos íons sulfito (SO₃²⁻) a ação antimicrobiana é, em pH acima de 4,0. O íon bissulfito não oferece ação antimicrobiana (GAVA; DA SILVA; FRIAS GAVA, 2012, p. 416). O ácido sulfuroso não dissociado ou o SO₂ molecular são responsáveis pela atividade antimicrobiana é sustentada pela alta eficiência desses compostos em valores baixos de pH; os sulfitos são conhecidos por sua ação sobre pontes de bissulfeto nas estruturas proteicas/enzimas (JAY, 2005).

Tabela 5 - Os mais importantes derivados do Dióxido de enxofre.

Substância	Fórmula	Teor de SO ₂ (%)
Dióxido de enxofre	SO ₂	100,0
Sulfito de sódio anidro	Na ₂ SO ₃	50,82
Sulfito de sódio heptahidratado	Na ₂ SO ₃ .7H ₂ O	25,41
Bissulfito de sódio	NaHSO ₃	61,56
Metabissulfito de sódio	Na ₂ S ₂ O ₅	67,39
Metabissulfito de potássio	K ₂ S ₂ O ₅	57,63

Fonte: GAVA, DA SILVA, FRIAS GAVA, 2012 p415.

A Tabela 6 apresenta as concentrações dos derivados do dióxido de enxofre (ácido sulfuroso (H₂SO₃), íon sulfito (SO₃²⁻) e íon bissulfito (HSO₃⁻)) em relação ao pH do meio.

Tabela 6 - Influência do pH na dissociação do ácido sulfuroso (H₂SO₃).

pH	[H ₂ SO ₃] %	[HSO ₃ ⁻] %	[SO ₃ ²⁻] %
0,0	98,164	1,836	1,89 x 10 ⁻⁵
1,0	84,241	15,758	1,62 x 10 ⁻⁵
2,0	34,835	65,165	6,71 x 10 ⁻⁴
3,0	5,074	94,916	9,78 x 10 ⁻³
4,0	0,531	99,366	0,1
5,0	0,053	98,927	1,02
6,0	4,84 x 10 ⁻³	90,650	9,345

Fonte: GAVA; DA SILVA; FRIAS GAVA, 2012 p416.

3.HIPÓTESES DA PESQUISA

O presente estudo foi desenvolvido na busca de um *cheesecake light* funcional simbiótico que viabilize a análise da seguinte hipótese:

“Dada uma formulação normal de *cheesecake* é possível transformá-lo em um produto *light* funcional simbiótico, ao utilizar conceitos e processos atuais da Engenharia de Alimentos, de modo a torná-lo mais saudável, agregar valor ao produto e se adequar à Legislação Brasileira.”

OBJETIVOS:

3.1.Objetivo Geral:

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver um *cheesecake light* simbiótico e avaliar suas qualidades potenciais de ser funcional/antioxidante e respeitar os níveis adequados de prebiótico e probiótico sugeridos pelas pesquisas prévias e exigidos pela Legislação Brasileira.

3.2.Objetivos Específicos:

São objetivos específicos da pesquisa:

- Elaborar quatro formulações com duas fontes de amido, com variações em dois níveis de eritritol e sacarose; variações em dois níveis de frutoligossacarídeos (FOS) e manteiga; sendo idênticas quanto aos outros componentes, isto é, quatro grupos experimentais: T1 [*Cheesecake light* (em açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico]: combinação de farinha de trigo e FOS; T2 [*Cheesecake light* (em açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico]: AMCM e FOS; T3 [*Cheesecake light* (em açúcar) potencialmente funcional e probiótico]: farinha de trigo e manteiga; T4 [*Cheesecake light* (em açúcar) potencialmente funcional e probiótico]: AMCM e manteiga (light em açúcar). Comparados com T0 que é o padrão adaptado da Tese.
- Avaliar a capacidade do frutoligossacarídeo (FOS) em atuar como substituidor de gordura oriunda da manteiga (*fat replacer*) (tratamentos T1 e T2);
- Analisar a viabilidade do probiótico no tempo (período de 28 dias - dias: 1, 8, 15, 22 e 28);
- Detectar se há o efeito de proteção do prebiótico sobre a viabilidade do probiótico no tempo;
- Acompanhar o comportamento da textura, pH e atividade de água dos produtos no tempo;
- Avaliar a eficiência do processo térmico na segurança microbiológica do *cheesecake* obtido.

4.MATERIAIS E MÉTODOS

4.1.Processo *Cook-Chill*:

Figura 11 - Fluxograma do Método “*Cook Chill*” para *Cheesecake* Sólido utilizado na Tese.

Processado na Cozinha Experimental da Divisão de Ensino da Academia da Força Aérea com os equipamentos: balança digital Marte - modelo AS1000C; banho maria com termostato; termômetro digital; termômetro digital infravermelho; geladeira; termômetro de mercúrio; *mixer* elétrico: Hand Blender Kenwood (kMix/triblade); Ultracongelador e Resfriador Rápidos klimaquip modelo BCF 0711.

4.2.Informações sobre os componentes dos tratamentos:

Eritritol: 0,3-0,4 kcal/g; doçura relativa (dr) = 0,7 / frutose dr = 1,8 / sacarose dr = 1,00 / [2g/100g *cheesecake*] isento de efeito laxativo; agente de massa; absorvido independentemente da insulina, sem elevar a taxa de glicose sanguínea; dá corpo, textura,

consistência aos alimentos (0,3-0,4 kcal/g; consumo máx.: 30-50g / dia. Adquirido da empresa Ingredion.

Prebiótico - FOS (frutooligossacarídeos de cadeias curtas): “NUTRAFLORA P95” / umidade: Max. 5% / (Frutose+Glucose+Sacarose) = máx. 5,0% / GF₂: máx. 42,0 % / GF₃: máx. 57,0% / GF₄: máx. 15,0% / doçura relativa (dr) = 0,3]. FOS (Nutraflora P95): 93,1,% (GF₂: 30-42% ; GF₃: 45-57%; GF₄: 5-15%) / CH 4,3% /pH (solução a 10%) 5,0-7,0 / umidade máx 5,0% / consumo 2 a 10g/dia [exigido 3g/dia] usado na Tese 4g/fatia de *cheesecake* com 125g. Adquirido da empresa Ingredion.

Amido milho ceroso modificado (AMCM: Snow Flake 6704): Viscosidade Brabender, BU (6% b.s. 95°C, 750cmg): 760 - 960/ umidade máx 14,0% / pH 4,5-6,0 / SO₂ máx 30 ppm / CH: 88,0% / PT: 0,30% / fibras máx 1%. Adquirido da empresa Ingredion.

Curcumina (Cor Curcuma T-5-WS-P) a 4,5-5,5% [uso sugerido 0.01- 0,10%]; usado na Tese ~0,02% = 0,0148% no *cheesecake* / umidade máx. 5%. Adquirida da empresa Química Bpar Ltda.

4.3.Composição centesimal dos principais componentes dos tratamentos:

Tabela 7 - Composição centesimal dos ingredientes dos tratamentos.

	PT	GT	Água	goma	sais	sac/CH	* Sulfito ⁰ SO ₂ (ppm)
Componente	%	%	%	%	%	%	
queijo fresco “Frescatino Polenghi”	13,00	14,00	67,00		1,00	5,00	
manteiga “Poços de Caldas”		86,00	14,0				
farinha trigo “Renata”	10,00		12,00	2,00		76,00	
ovos <i>in natura</i>	12,58	9,94	75,84			0,77	
curcumina			5,0				25,0 *
amido milho ceroso modificado			14,0			88,00	30,0 ⁰
leite em pó integral	28,0	28,0					

4.4. Formulações:

4.4.1. Formulação Padrão Original da Tese:

Tabela 8 - Formulação da Tarte au Fromage Blanc / Diabetiker – QuarkTorte por Henning Fleissig (Alemanha).

Ingredientes	%
Queijo fresco <i>light</i> - <i>Fromage Blanc, maigre</i>	59,81
<i>Frutose</i>	9,56
Amido de trigo - <i>Amidon de froment</i>	2,10
Farinha de trigo - <i>farine</i>	2,10
Sal - <i>sel</i>	0,12
Manteiga fundida - <i>Beurre, fondu</i>	3,59
Leite - <i>lait</i>	8,97
Gemas de ovo - <i>Jaunes d'oeufs</i>	4,78
Raspas de casca de cítricos - <i>Zestes de citron, râpés</i>	0,18
Claras de ovo - <i>Blancs d'oeufs</i>	8,97

Fonte: KRAMER, 1994.

Processo térmico original: forno a 170-180°C / 40'. Fatia de 123,5 g (KRAMER, 1994).

4.4.2. Formulações dos Tratamentos:

A Tabela 9 mostra todos os tratamentos e o tratamento T0 é o padrão adaptado da Tese: a frutose (dr = 1,80) da formulação da Tarte au Fromage Blanc / Diabetiker – QuarkTorte por Henning Fleissig (Alemanha) foi convertida em sacarose (dr = 1,00); T1 [*Cheesecake light* (em açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico]: farinha de trigo e FOS; T2 [*Cheesecake light* (em açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico]: AMCM e FOS; T3 [*Cheesecake light* (em açúcar) potencialmente funcional e probiótico]: farinha de trigo e manteiga; T4 [*Cheesecake light* (em açúcar) potencialmente funcional e probiótico]: AMCM e manteiga.

Tabela 9 - Adaptações da fórmula padrão para os tratamentos da Tese.

Ingredientes	*T0	T1	T2	T3	T4
queijo fresco	55,80	54,80	54,80	54,92	54,92
sacarose	16,12	11,84	11,84	11,87	11,87
leite pó integral	1,01	0,99	0,99	0,99	0,99
ovos <i>in natura</i>	12,76	12,50	12,50	12,53	12,53
bifidobactéria		0,247	0,247	0,2481	0,2481
eritritol		5,48	5,48	5,49	5,49
curcumina		0,0148	0,0148	0,0149	0,0149
água dest/estéril	6,69	7,01	7,01	6,57	6,57
farinha trigo	4,14	4,06		4,066	
AMCM			4,06		4,066
FOS		3,069	3,069		
Manteiga s/sal	3,35			3,29	3,29

Análises da matéria prima dos Tratamentos

4.5. Análise bioquímica da curcumina - Método de DPPH (Capacidade antioxidante sobre radical DPPH[•]):

A atividade antioxidante sobre radical DPPH[•] (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) foi avaliada de acordo com metodologia descrita pelo método DPPH (BRAND-WILLIAMS et al., 1995) que é baseado na captura do radical DPPH por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorbância a 515 nm. Esse método foi modificado por SÁNCHEZ-MORENO; LARRAURI; SAURA-CALIXTO (1998) para medir os parâmetros cinéticos. A atividade antioxidante foi medida pelo método DPPH, semelhante ao realizado por Lange et al (2009). Quando utilizado o radical DPPH[•], a atividade antioxidante de um composto ou extrato pode ser estimada após sua adição em solução metanólica do radical. A redução do DPPH[•] é acompanhada pelo monitoramento do decréscimo da absorbância a um determinado comprimento de onda. O DPPH[•] absorve a 515nm, mas quando reduzido por um antioxidante (AH) ou por radicais livres (R[•]), a absorvidade diminui.

Figura 12 - Estabilização do radical livre DPPH[•]. Fonte: Brand-Williams; Cuvelier; Berset (1995).

Os resultados podem ser expressos em % de redução da absorbância da mistura (DPPH[•] + antioxidante) em relação à absorbância inicial do radical DPPH[•] ou ainda como a quantidade de antioxidante necessária para diminuir em 50% a concentração inicial de DPPH[•].

(EC₅₀ ou IC₅₀) em um tempo de reação fixo (CHOI et al., 2002) ou até formação de um patamar (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSSET, 1995).

Os compostos fenólicos são efetivos doadores de hidrogênio e seu potencial antioxidante está correlacionado com o número e a posição dos grupos hidroxílicos e conjugações assim como com a presença de elétrons doadores no anel B devido à capacidade que esse anel aromático possui de suportar o desapareamento de elétrons deslocalizados do sistema de elétrons π (RAMIREZ-TORTOZA et al., 2001).

Para avaliação da atividade captadora de radical livre será calculada a porcentagem de inibição do DPPH pela equação:

$$\% \text{ inibição do DPPH} = [(A_0 - A_1) / A_0 \times 100]$$

Onde: **A₀** = absorbância do controle; **A₁** = absorbância da amostra.

4.6.Determinação da Temperatura de Gelatinização dos Amidos pelo *Rapid Visco Analyser* (RVA) (ICC, 1995):

A Figura 13 apresenta Curva de viscosidade típica de *Rapid Visco Analyser* (RVA): contém as curvas de temperatura e da viscosidade da pasta. O pico de viscosidade determina a temperatura de gelatinização da fonte de amido.

4.7.Determinação da Cor Instrumental dos *Cheesecakes*:

A cor das amostras foi medida por meio de um colorímetro Mini Scan XE (HunterLab, Reston, VA, USA), os resultados expressos de acordo com o sistema de cor CIELAB. A calibração foi feita por meio de duas placas de calibração, uma branca e uma preta. As cores das amostras de *cheesecake* foram medidas por meio dos padrões CIELab: L^* , variando de 0 (preto) a 100 (branco); a^* , do verde (-) ao vermelho (+); e b^* , do azul (-) ao amarelo (+), trabalhando com D_{65} . Os valores de L^* (luminosidade), a^* (vermelho-verde), b^* (amarelo-

azul), representam os parâmetros de cor CIELab. As medidas foram feitas em três lugares distintos, na superfície dos *Cheesecakes*, tomando-se a média como valor determinado.

Figura 13- Curva viscoamilográfica obtida pelo *Rapid Visco Analyser* (RVA).

Fonte: VIEIRA, 2004; DOMINGUES, 2002; Newport Scientific, 1998.

Foram também obtidos o índice de saturação ou Chroma (C^*), e o ângulo hue ou tonalidade, ambos bons preditores da percepção sensorial da cor.

$$\begin{aligned} \text{hue} &= \tan^{-1} (b^*/a^*), \text{ quando } a^* > 0 \text{ e } b^* \geq 0 \\ \text{hue} &= 180 + \tan^{-1} (b^*/a^*), \text{ quando } a^* < 0 \\ \text{Chroma} &= (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \end{aligned}$$

A Figura 14 mostra as coordenadas cromáticas e a luminosidade: L^* indica a luminosidade; a^* e b^* , as coordenadas cromáticas. O espaço de cor $L^* a^* b^*$, também conhecido como espaço de cor CIELAB é atualmente o mais popular dos espaços de cores uniformes usados para avaliar as cores.

Figura 14 - O espaço de cor seguido pela CIE *Commission Internationale de l'Eclairage*. Fonte - Konica Minolta Sensing.

Onde: L^* = Luminosidade; a^* = coordenada vermelho/verde (+ a vermelho; $-a$ verde); b^* = coordenada amarelo / azul (+ b amarelo; $-b$ azul).

O *cheesecake* foi aplicado na superfície de uma placa branca padrão, e os padrões L^* , a^* e b^* foram medidos e transferidos, em tempo real, a um microcomputador.

4.8. Análises dos *cheesecakes* no tempo

A análise estatística dos dados considerou a existência quatro grupos experimentais: **T1**, combinação da farinha de trigo e FOS [*Cheesecake light* (em açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico]; **T2**, amido de milho ceroso modificado e FOS [*Cheesecake light* (em açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico]; **T3**, farinha de trigo e manteiga [*Cheesecake light* (em açúcar) potencialmente funcional e probiótico]; **T4**, amido de milho ceroso modificado e manteiga [*Cheesecake light* (em açúcar) potencialmente funcional e probiótico].

As variáveis de resposta foram do tipo quantitativa, considerando contagem de bactérias láteas (log UFC/125g de *Cheesecake*), contagem de coliformes totais (UFC/125g de *Cheesecake*), pH, atividade da água, perfil instrumental de textura [TPA: dureza, adesividade,

elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência)]. A variável contagem de bactérias láteas (UFC) foi transformada, usando a função logarítmica ($\log \text{UFC}$), pois os dados de contagem dos microrganismos apresentam variabilidade excessiva, justificando o uso da escala, além de ser recomendada como aproximação da distribuição gaussiana. Estas variáveis de respostas compuseram um modelo de Análise de Variância (ANOVA) com medidas repetidas no tempo, pois as unidades experimentais foram observadas após 1, 8, 15, 22 e 28 dias (MONTGOMERY, 1997). Medidas exploratórias foram geradas e apresentadas na forma de tabelas e de gráficos.

4.8.1. Determinação do perfil de textura (TPA - *Texture Profile Analysis*)

A caracterização e a quantificação dos atributos dos géis são determinados por parâmetros de textura medidos no texturômetro. Esse aparelho simula o processo de desintegração dos alimentos durante a mastigação e é determinado “teste imitativo”. Trata-se de avaliação objetiva de características sensoriais durante o processo de mastigação com as avaliações subjetivas feitas por um painel de provedores previamente treinados. Os atributos medidos pelo texturômetro são plotados como força em função do tempo (ANTUNES, 2003).

Figura 15 – Curva típica de textura em alimentos (BOURNE, 2002).

Os parâmetros mecânicos de textura são classificados em primários e secundários:

a.1- Primários:

- i. **Dureza:** é a força necessária para produzir uma dada deformação, ou a força para promover a sua compressão. Corresponde ao pico máximo positivo (A_1) da primeira curva do ciclo de compressão. Seria como uma “primeira mordida”.
- ii. **Coesividade:** parâmetro adimensional, cuja medida é correlacionada com a adesividade da amostra. Observa-se que, quando a adesividade é menor que a coesividade, o “*probe*” permanece sem amostra aderida. Na situação normal de mastigação a amostra não ficaria aderida aos dentes. Representa a relação entre a área da curva positiva (A_2) do segundo ciclo de compressão e a curva positiva (A_1) do primeiro ciclo de compressão (A_2/A_1).
- iii. **Elasticidade:** medida da distância de deformação da amostra que, ao ser pressionada pelo “*probe*”, volta à sua condição original, com a retirada da força de deformação.
- iv. **Adesividade:** é o trabalho (energia) simulado para que superar as forças de atração entre a superfície da amostra e a superfície do elemento de prova (“*probe*”) que está em contato com a amostra. Se a adesividade é maior que a coesividade, a amostra tende a ficar aderida ao “*probe*”. A adesividade é dada como a área do pico negativo após o primeiro ciclo de compressão (A_3).

a.2- Secundários:

- vi. **Mastigabilidade:** trabalho necessário para mastigar uma amostra semi-sólida até o ponto de ser deglutida. Representa o produto da elasticidade pela gomosidade, isto é, [dureza x coesividade x elasticidade].
- vii. **Gomosidade:** expressa força requerida para desintegrar uma amostra semi-sólida até o pronto de ser deglutida. Representa o produto da dureza e coesividade.
- viii. **Fraturabilidade:** a força requerida para amostra ser fraturada. É o que ocorre em amostras um material apresenta fraturabilidade se tiver com alto valor de dureza e baixa coesividade.

Os Perfis de Textura dos *cheesecakes* T0, T1, T2, T3 e T4 foram determinados através de teste de dupla compressão de amostras contidas em recipientes de alumínio (3 amostras de cada tratamento em cada período de análise); utilizou-se a sonda (probe) de alumínio de 20 mm de diâmetro (P20), em analisador de textura TA XT2 (Texture Technologies, Scarsdale, NY/Stable Micro Systems, Haslemere, Surrey, England). Os dados foram coletados pelo programa *Texture Expert for Windows* – versão 1.20 (Stable Micro System) e determinados os atributos: dureza (firmeza), coesividade, adesividade, elasticidade e gomosidade. Empregou-se os seguintes parâmetros: amostras de cheesecake sob temperatura de $4\pm 1^{\circ}\text{C}$, nas seguintes condições de leitura: calibração do probe: velocidade pré-teste: 3 mm/s; velocidade no *cheesecake* e pós-teste: 1 mm/s; força aplicada: 5 g; compressão: velocidade de compressão de 1mm/s; distância de 10 mm e tempo de 10 s, conforme definidos para queijo cremoso por Buriti (2005). A evolução da textura do *cheesecake* no tempo será acompanhada com medidas nos dias após sua produção: primeiro, oitavo, décimo quinto, vigésimo segundo e vigésimo oitavo.

4.8.2.pH

Análise feita de acordo com a metodologia de BRASIL (1981).

4.8.3.Análises Microbiológicas - Contagem de Coliformes Fecais e Totais:

O grupo dos coliformes totais é um subgrupo da família *Enterobacteriaceae* que inclui 44 gêneros e 176 espécies. No grupo dos coliformes totais estão apenas as enterobactérias capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C . O grupo dos coliformes termotolerantes, comumente chamados de coliformes fecais, é um subgrupo dos coliformes totais, restrito aos membros capazes de fermentar a lactose em 24 horas a $44,5\text{--}45,5^{\circ}\text{C}$, com produção de gás. Um alto índice desses microrganismos pode estar relacionado com uma maior probabilidade de presença de patógenos entéricos. As enterobactérias e coliformes são indicadores das condições de higiene dos processos de fabricação, pois são facilmente inativados pelos sanitizantes e capazes de colonizar vários nichos das plantas de

processamento, quando a sanitização é falha. Os coliformes são indicadores de falha de processo ou de contaminação pós processo em alimentos pasteurizados, pois são facilmente destruídos pelo calor e não devem sobreviver ao tratamento térmico. *Escherichia coli* é indicador de contaminação fecal em alimentos *in natura*, não em alimentos processados (SILVA et. al., 2010). A qualidade microbiológica do *cheesecake* foi avaliada através da determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes a 30 e 45°C, em RAPID'E. coli 2 Agar.

4.8.4. Análises Microbiológicas - Contagem de bactérias láteas (probiótico: *Bifidobacterium lactis Bb-12*).

A qualidade microbiológica probiótica do *cheesecake* foi avaliada através da determinação do NMP de bactérias láteas a 30 e 45°C, em agar MRS em jarro sob anaerobiose. A contagem de bactérias láteas foi efetuada pela semeadura de 1ml das diluições até 10^{-10} em placas, seguida da adição de agar MRS por duas vezes, caracterizando a semeadura em sobrecamada, e incubação a 35°C por 48 horas para contagem das colônias (APHA, 1992).

4.8.5. Análises sensoriais de Ordenação Pareada de Preferência para o *cheesecake* e para a sua Cor

Este teste é indicado quando se deseja comparar várias amostras em relação a um único atributo sensorial ou em relação à preferência. É particularmente útil quando se deseja avaliar de três a seis amostras. Este teste permite a ordenação das amostras segundo uma escala de intensidade do atributo de interesse, resultando em indicação numérica das diferenças entre as amostras e da significância destas diferenças. É um teste rápido e usado frequentemente como teste preliminar a testes mais complexos, permitindo pré-selecionar amostras com certas características desejáveis (MEILGAARD et al., 1999).

O Teste de Comparação Pareada Múltipla permite comparar várias amostras em relação a um atributo, sendo particularmente eficiente para grupos de três a seis amostras

avaliadas por equipe não muito experiente. A partir de testes de comparação pareada sequenciais é possível ordenar as amostras em uma escala de intensidade do atributo de interesse, dando indicação do grau de diferença entre as amostras por meio de escala relativa construída a partir dos resultados. A análise dos resultados baseia-se no Teste Friedman, tendo sido proposto outros modelos estatísticos mais complicados (MEILGAARD et al., 1999).

5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1.Análises da matéria prima dos Tratamentos:

5.1.1.Resultado da Análise Bioquímica da Curcumina - Método de DPPH:

Análise feita no Laboratório de Química Biológica da FZEA/USP. Resultado: $(78,45 \pm 3,47)$ mg equivalente de Trolox/g de amostra de curcumina (com ~5,0% do polifenol). O ensaio foi realizado em triplicata. Portanto, cada fatia (125g) de *cheesecake* tem 1,25 mg do polifenol, isto é, 1,96 mg equivalente de Trolox/fatia de *cheesecake*.

5.1.2.Resultado da Análise Microbiológica - Contagem de bactérias láteas na amostra de *Bifidobacterium lactis BB-12*:

Resultado obtido: $[2 \times 10^{13} \text{ UFC/g}] = 13,30 \text{ log UFC de bactéria látea/g de amostra.}$

5.1.3.Resultado da Análise da temperatura de gelatinização dos amidos da farinha de trigo pelo *Rapid Visco Analyser (RVA)*

Análise feita no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos do DTA/ FEA-UNICAMP. A análise da temperatura de gelatinização da Farinha de Trigo foi efetuada em duplicata e resultou nas temperaturas de pico (amostra 1: 90,33 °C / amostra 2: 91,11°C), apresentado na Figura 16.

5.1.4. Resultado da Análise da Temperatura de Gelatinização do AMCM pelo *Rapid Visco Analyser* (RVA)

A análise da temperatura de gelatinização do amido de milho ceroso modificado (Snow Flake-Ingredion) foi feita em duplicata pelo *Rapid Visco Analyser* (RVA) e resultou as temperaturas de pico (amostra 1: 99,90 °C / amostra 2: 98,30 °C), conforme mostrado na Figura 17.

Figura 16 – RVA da farinha de trigo branca.

Figura 17 - RVA do Amido de Milho Ceroso Modificado (Snow Flake-Ingredion).

A Tabela 10 apresenta os parâmetros da análise do RVA para as fontes de amido.

Tabela 10 - Parâmetros do RVA para a farinha de trigo e AMCM.

Amostras	Pico 1	Trough 1	Visc. de quebra	Visc Final	Retrogr	tempo pico	t° past
F. Renata a	2080	1178	902	2415	1237	6,1	86,2
F. Renata b	2112	1167	945	2417	1250	6,0	85,4
ACMM a	4981	3524	1457	4789	1265	4,0	72,5
ACMM b	4871	33,61	1510	4694	1333	3,8	71,0

5.2. Análises dos *cheesecakes*:

A análise estatística dos dados considerou a existência quatro grupos experimentais: T1, combinação da farinha de trigo e FOS; T2, amido de milho ceroso modificado (AMCM) e FOS; T3, farinha de trigo e manteiga; T4, amido de milho ceroso modificado e manteiga. As variáveis de resposta foram do tipo quantitativa, considerando unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias láteas, unidade formadora de colônias (UFC) de coliformes totais e fecais, pH, atividade da água, dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência. A variável UFC de bifidobactérias foi transformada, usando a função logarítmica, pois os dados de contagem de colônias de microrganismos apresenta variabilidade excessiva, justificando o uso da escala, além de ser recomendada como aproximação da distribuição gaussiana. Estas variáveis de respostas compuseram um modelo de Análise de Variância com medidas repetidas, pois as unidades experimentais foram observadas após 1, 8, 15, 22 e 28 dias (MONTGOMERY, 1997). Medidas exploratórias foram geradas pelo pacote estatístico STATA® - versão 9.0 - e apresentadas na forma de tabelas e de gráficos. Os resultados do trabalho são apresentados a seguir e estão divididos em tópicos, para melhor explorá-los. Em cada tópico, constam os dados resultados da ANOVA, gráficos e comentários.

5.2.1.Resultado da Análise de TPA (*Texture Profile Analyser*) dos Cheesecakes no Tempo:

Análise feita no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da FZEA/USP.

5.2.1.1.Dureza:

A Tabela 11 apresenta os resultados da análise da variável de resposta dureza, segundo fatores e tempo, onde consta a média aritmética, a mediana e o desvio padrão.

Tabela 11: Valores para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições) para dureza, segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.

Trat	medidas	Tempo (dias)				
		1	8	15	22	28
T1	m	208.035	193.702	265.282	166.503	214.137
	md	203.457	202.533	283.147	162.551	214.137
	s	9.874	22.759	77.925	27.122	14.680
T2	m	197.056	215.447	273.349	312.047	219.738
	md	199.715	270.005	279.464	299.643	219.738
	s	14.996	120.110	14.001	45.050	62.372
T3	m	213.439	200.895	228.018	222.788	209.906
	md	215.608	183.979	237.344	221.383	209.906
	s	12.658	41.951	109.665	36.454	72.621
T4	m	208.539	238.770	217.783	229.926	267.367
	md	205.568	236.398	258.644	279.304	267.367
	s	27.263	52.729	90.790	90.428	95.609
T0	m	386.679	426.979	377.451	467.622	
	md	372.098	486.588	373.677	453.420	
	s	132.618	125.893	89.444	30.146	
repet		3	3	3	3	

medidas: m = média, md = mediana e s = desvio padrão

A Figura 18 apresenta os valores médios para cada grupo experimental, mostrando o comportamento da variável de resposta ao longo do tempo de observação. A Figura 19 é relativa ao Padrão T0.

Figura 18 – distribuição dos valores médios da dureza, segundo o tempo de observação e grupo experimental.

Figura 19 – distribuição dos valores médios da dureza, segundo o tempo de observação do Padrão T0.

Tabela 12 – resultados da Análise de Variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando a Dureza, em relação aos grupos experimentais.

			Número de Observações = 56		R-squared = 0.3017
			Root MSE = 61.815		Adj R-squared = -0.0669
Fonte de variação	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
modelo	59430.3725	19	3127.91434	0.82	0.6727
tratamento	10065.9341	3	3355.31135	0.88	0.4615
tempo/tratamento	48564.1028	16	3035.25643	0.79	0.6820
resíduo	137559.253	36	3821.09036		
Total	196989.626	55	3581.62956		

O resultado da ANOVA não mostrou resultado estatisticamente significativo que indicasse existirem diferenças entre os grupos experimentais ($p\text{-value} = 0,4615$) e nem entre os valores ao longo do tempo, dentro de cada grupo experimental ($p\text{-value} = 0,6820$). Tal fato pode ser devido à variabilidade deste tipo de variável de resposta, que impede a detecção de diferenças visíveis no gráfico. O gráfico auxilia na interpretação dos resultados, mas o teste estatístico não forneceu evidência neste sentido. Apesar disso, observa-se um comportamento decrescente de formação de colônias de bactérias ao longo do tempo de observação.

5.2.1.2. Adesividade:

A Tabela 13 apresenta os resultados da análise da variável de resposta adesividade, segundo fatores e tempo, onde consta a média aritmética, a mediana e o desvio padrão. A Figura 20 apresenta os valores médios para cada grupo experimental, mostrando o comportamento da variável de reposta ao longo do tempo de observação. A Figura 21 é do Padrão T0.

Tabela 13: valores para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições) para adesividade, segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.

Trat	medidas	Tempo (dias)				
		1	8	15	22	28
T1	m	-1,328.634	-1,231.709	-1,825.967	-1,139.611	-1,483.936
	md	-1,454.15	-1,282.574	-2,022.219	-1,002.514	-1,483.936
	s	219.4069	221.0221	925.1924	251.4612	165.62
T2	m	-1,132.571	-1,533.452	-1,807.575	-1,582.801	-1,476.229
	md	-1,084.625	-1,853.108	-1,918.424	-1,441.436	-1,476.229
	s	116.5423	873.6752	447.5968	395.2512	398.6045
T3	m	-1,386.683	-1,112.552	-1,332.114	-1,254.467	-942.9085
	md	-1,471.703	-1,038.058	-1,430.765	-1,207.526	-942.9085
	s	199.2262	167.3761	435.6317	219.8182	136.4299
T4	m	-1,246.207	-1,554.824	-1,345.278	-1,385.669	-1,359.762
	md	-1,310.892	-1,673.473	-1,138.124	-1,130.605	-1,359.762
	s	211.0157	707.7863	684.3701	650.5794	180.0251
T0	m	-1.7 e+03	-1.9 e+03	-1.4 e+03	-2.3 e+03	
	md	-1.9 e+03	-2.1 e+03	-1.4 e+03	-1.7 e+03	
	s	408.447	583.603	538.619	1135.135	
repet		3	3	3	3	

medidas: m = média, md = mediana e s = desvio padrão

Figura 20 – distribuição dos valores médios da adesividade, segundo o tempo de observação e grupo experimental.

Figura 21 - distribuição dos valores médios da adesividade, segundo o tempo de observação do Padrão T0.

Tabela 14 – resultados da Análise de variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando a Adesividade, em relação aos grupos experimentais.

			Número de Observações = 56		R-squared = 0.2455
			Root MSE = 472.066		Adj R-squared = -0.1527
Fonte de variação	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
modelo	2610656.58	19	137402.978	0.62	0.8685
tratamento	636425.756	3	212141.919	0.95	0.4258
tempo/tratamento	2037146.46	16	127321.654	0.57	0.8845
resíduo	8022471.1	36	222846.419		
Total	10633127.7	55	193329.594		

O resultado da ANOVA não mostrou resultado estatisticamente significativo que indicasse existirem diferenças entre os grupos experimentais ($p\text{-value} = 0,4258$) e nem entre os valores ao longo do tempo, dentro de cada grupo experimental ($p\text{-value} = 0,8845$). Tal fato pode ser devido à variabilidade deste tipo de variável de resposta, que impede a detecção de diferenças visíveis no gráfico. De maneira exploratória, o gráfico auxilia na interpretação dos resultados, mas o teste estatístico não forneceu evidência neste sentido. Apesar disso, observa-

se um comportamento decrescente de formação de colônias de bactérias ao longo do tempo de observação.

5.2.1.3.Elasticidade:

A tabela 15 apresenta os resultados da análise da variável de respostas elasticidade, segundo fatores e tempo, onde consta a média aritmética, a mediana e o desvio padrão. A Figura 22 apresenta os valores médios para cada grupo experimental, mostrando o comportamento da variável de reposta ao longo do tempo de observação. A Figura 23 é do padrão T0.

Tabela 15: valores para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições) para elasticidade, segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.

Trat	medidas	Tempo (dias)				
		1	8	15	22	28
T1	m	0.929	0.925	0.930	0.930	0.941
	md	0.939	0.939	0.939	0.927	0.941
	s	0.018	0.025	0.018	0.006	0.001
T2	m	0.923	0.938	0.926	0.949	0.935
	md	0.915	0.937	0.938	0.943	0.935
	s	0.017	0.007	0.024	0.039	0.007
T3	m	0.930	0.924	0.956	0.947	0.957
	md	0.939	0.916	0.941	0.941	0.957
	s	0.020	0.015	0.032	0.041	0.045
T4	m	0.916	0.929	0.924	0.954	0.964
	md	0.908	0.940	0.926	0.938	0.964
	s	0.026	0.022	0.015	0.032	0.040
T0	m	0.973	0.975	0.992	0.977	
	md	0.987	0.988	0.993	0.993	
	s	0.030	0.029	0.002	0.032	
		3	3	3	3	

medidas: m = média, md = mediana e s = desvio padrão

Figura 22 – distribuição dos valores médios da elasticidade, segundo o tempo de observação e grupo experimental.

Figura 23 - distribuição dos valores médios da elasticidade, segundo o tempo de observação do Padrão T0.

Tabela 16 – resultados da Análise de variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando a Elasticidade, em relação aos grupos experimentais.

			Número de Observações = 56		R-squared = 0.2971
			Root MSE = 0.025065		Adj R-squared = -0.0739
Fonte de variação	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
modelo	.009558983	19	.000503104	0.80	0.6916
tratamento	.001049531	3	.000349844	0.56	0.6469
tempo/tratamento	.008584071	16	.000536504	0.85	0.6214
resíduo	.022616996	36	.00062825		
Total	.032175978	55	.000585018		

O resultado da ANOVA não mostrou resultado estatisticamente significativo que indicasse existirem diferenças entre os grupos experimentais (p-value = 0,6469) e nem entre os valores ao longo do tempo, dentro de cada grupo experimental (p-value = 0,6214). Tal fato pode ser devido à variabilidade deste tipo de variável de resposta, que impede a detecção de diferenças visíveis no gráfico. De maneira exploratória, o gráfico auxilia na interpretação dos resultados, mas o teste estatístico não forneceu evidência neste sentido. Apesar disso, observa-se um comportamento decrescente de formação de colônias de bactérias ao longo do tempo de observação.

5.2.1.4.Coesividade

A tabela 17 apresenta os resultados da análise da variável de resposta coesividade, segundo fatores e tempo, onde consta a média aritmética, a mediana e o desvio padrão. A Figura 24 apresenta os valores médios para cada grupo experimental, mostrando o comportamento da variável de resposta ao longo do tempo de observação. A Figura 25 se refere ao Padrão T0.

Tabela 17: valores exploratórios para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições) para coesividade, segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.

Trat	medidas	Tempo (dias)				
		1	8	15	22	28
T1	m	0.716	0.661	0.639	0.647	0.635
	md	0.736	0.656	0.618	0.648	0.635
	s	0.040	0.015	0.039	0.030	0.075
T2	m	0.700	0.681	0.630	0.591	0.613
	md	0.692	0.678	0.634	0.598	0.613
	s	0.036	0.020	0.023	0.035	0.009
T3	m	0.702	0.659	0.660	0.656	0.570
	md	0.701	0.658	0.636	0.647	0.570
	s	0.014	0.009	0.062	0.019	0.092
T4	m	0.709	0.655	0.653	0.624	0.559
	md	0.686	0.653	0.651	0.624	0.559
	s	0.041	0.020	0.024	0.006	0.008
T0	m	0.659	0.619	0.614	0.614	
	md	0.642	0.653	0.657	0.583	
	s	0.070	0.093	0.118	0.056	
repet		3	3	3	3	

medidas: m = média, md = mediana e s = desvio padrão

Figura 24 – distribuição dos valores médios da coesividade, segundo o tempo de observação e grupo experimental.

Figura 25 - distribuição dos valores médios da coesividade, segundo o tempo de observação do Padrão T0.

Tabela 18 – resultados da Análise de variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando a coesividade, em relação aos grupos experimentais.

			Número de Observações = 56		R-squared = 0.6723
			Root MSE = .034874		Adj R-squared = 0.4994
Fonte de variação	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
modelo	.089831129	19	.004727954	3.89	0.0002
tratamento	.003071666	3	.001023889	0.84	0.4800
tempo/tratamento	.087270362	16	.005454398	4.48	0.0001
resíduo	.043783007	36	.001216195		
Total	.133614136	55	.002429348		

O resultado da ANOVA não mostrou resultado estatisticamente significativo que indicasse existirem diferenças entre os grupos experimentais ($p\text{-value} = 0,4800$) e nem entre os valores ao longo do tempo, dentro de cada grupo experimental ($p\text{-value} = 0,0001$). Tal fato pode ser devido à variabilidade deste tipo de variável de resposta, que impede a detecção de diferenças visíveis no gráfico. O gráfico auxilia na interpretação dos resultados, mas o teste

estatístico não forneceu evidência neste sentido. Apesar disso, observa-se um comportamento decrescente de formação de colônias de bactérias ao longo do tempo de observação.

5.2.1.5. Gomosidade:

A tabela 19 apresenta os resultados da análise da variável de resposta gomosidade, segundo fatores e tempo, onde consta a média aritmética, a mediana e o desvio padrão. A Figura 26 apresenta os valores médios para cada grupo experimental, mostrando o comportamento da variável de resposta ao longo do tempo de observação. A Figura 27 se refere ao Padrão T0.

Tabela 19 - Valores para T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições) para gomosidade, segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.

Trat	medidas	Tempo (dias)				
		1	8	15	22	28
T1	m	148.716	128.064	169.935	107.581	136.533
	md	149.489	137.191	193.566	100.309	136.533
	s	1.552	16.640	51.113	16.555	25.297
T2	m	137.702	146.882	171.991	183.261	134.823
	md	133.760	189.822	171.495	179.201	134.823
	s	6.915	81.660	4.930	15.282	40.253
T3	m	149.725	132.325	149.931	146.556	116.335
	md	151.224	122.835	173.294	143.127	116.335
	s	6.021	27.752	68.761	28.202	22.115
T4	m	147.845	156.774	140.954	143.489	149.963
	md	155.712	159.727	168.452	176.007	149.963
	s	19.701	36.030	55.490	56.377	55.614
T0	m	251.281	258.399	230.619	288.047	
	md	223.270	262.544	204.346	262.980	
	s	76.379	61.640	68.024	45.404	
repet		3	3	3	3	

medidas: m = média, md = mediana e s = desvio padrão

Figura 26 – Distribuição dos valores médios da gomosidade, segundo o tempo de observação e grupo experimental.

Figura 27 – distribuição dos valores médios da gomosidade, segundo o tempo de observação do Padrão T0.

O resultado da ANOVA não mostrou resultado estatisticamente significativo que indicasse existirem diferenças entre os grupos experimentais ($p\text{-value} = 0,6401$) e nem entre os valores ao longo do tempo, dentro de cada grupo experimental ($p\text{-value} = 0,8787$). Tal fato pode ser devido à variabilidade deste tipo de variável de resposta, que impede a detecção de diferenças visíveis no gráfico. De maneira exploratória, o gráfico auxilia na interpretação dos resultados, mas o teste estatístico não forneceu evidência neste sentido. Apesar disso, observa-

se um comportamento decrescente de formação de colônias de bactérias ao longo do tempo de observação.

Tabela 20 – resultados da Análise de variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando a gomosidade, em relação aos grupos experimentais.

Número de Observações = 56 Root MSE = 38.9692					
R-squared = 0.2357 Adj R-squared = -0.1678					
Fonte de variação	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
modelo	16854.6795	19	887.088392	0.58	0.8933
tratamento	2584.4267	3	861.475567	0.57	0.6401
tempo/tratamento	14072.3886	16	879.524286	0.58	0.8787
resíduo	54669.4766	36	1518.59657		
Total	71524.1561	55	1300.4392		

5.2.1.6. Mastigabilidade:

A Tabela 21 apresenta os resultados da análise da variável de respostas mastigabilidade, segundo fatores e tempo, onde consta a média aritmética, a mediana e o desvio padrão. A Figura 28 apresenta os valores médios para cada grupo experimental, mostrando o comportamento da variável de resposta ao longo do tempo de observação. A Figura 29 se refere ao Padrão T0.

Tabela 21- Valores T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições) para mastigabilidade, segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.

Trat	medidas	Tempo(dias)				
		1	8	15	22	28
T1	m	138.177	118.210	158.642	100.115	128.525
	md	140.520	123.715	181.759	92.886	128.525
	s	4.063	14.124	50.154	16.093	23.955
T2	m	127.009	137.991	159.227	174.163	126.204
	md	126.002	179.287	159.179	163.521	126.204
	s	5.353	77.093	2.297	20.918	38.587
T3	m	139.176	122.105	144.435	139.325	111.835
	md	140.376	115.526	162.983	130.174	111.835
	s	3.506	24.779	69.265	31.831	26.426
T4	m	135.602	146.106	130.222	137.598	145.712
	md	147.148	150.069	152.954	165.094	145.712
	s	20.273	36.380	51.395	55.954	59.617
T0	m	245.680	252.944	228.719	280.477	
	md	220.257	259.262	202.303	261.007	
	s	80.367	66.712	67.613	34.554	
repet		3	3	3	3	

medidas: m = média, md = mediana e s = desvio padrão

Figura 28 - distribuição dos valores médios da mastigabilidade, segundo o tempo de observação e grupo experimental.

Figura 29 – distribuição dos valores médios da mastigabilidade, segundo o tempo de observação do Padrão T0.

Tabela 22 – resultados da Análise de variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando a Mastigabilidade, em relação aos grupos experimentais.

			Número de Observações = 56		R-squared = 0.2264
			Root MSE = 38.3745		Adj R-squared = -0.1818
Fonte de variação	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
modelo	15518.5498	19	816.765776	0.55	0.9136
tratamento	2222.98269	3	740.994229	0.50	0.6825
tempo/tratamento	13090.6643	16	818.166516	0.56	0.8957
resíduo	53013.7589	36	1472.60441		
Total	68532.3086	55	1246.04198		

O resultado da ANOVA não mostrou resultado estatisticamente significativo que indicasse existirem diferenças entre os grupos experimentais ($p\text{-value} = 0,6825$) e nem entre os valores ao longo do tempo, dentro de cada grupo experimental ($p\text{-value} = 0,8957$). Tal fato pode ser devido à variabilidade deste tipo de variável de resposta, que impede a detecção de diferenças visíveis no gráfico. De maneira exploratória, o gráfico auxilia na interpretação dos resultados, mas o teste estatístico não forneceu evidência neste sentido. Apesar disso, observa-

se um comportamento decrescente de formação de colônias de bactérias ao longo do tempo de observação.

5.2.2.Resultado da Análise de atividade de água (a_w) dos *cheesecakes* no tempo:

Análise feita no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da FZEA/USP. A Tabela 23 apresenta os resultados da análise exploratória da variável de resposta atividade de água (a_w), segundo fatores e tempo, onde consta a média aritmética, a mediana e o desvio padrão. A Figura 30 apresenta os valores médios para cada grupo experimental, mostrando o comportamento da variável de reposta ao longo do tempo de observação. A Figura 31 se refere ao Padrão T0.

Tabela 23 - valores de T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições) para atividade de água (a_w), segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.

Trat	medidas	Tempo (dias)				
		1	8	15	22	28
T1	m	0.956	0.952	0.946	0.955	0.958
	md	0.956	0.952	0.945	0.953	0.958
	s	0.008	0.006	0.004	0.006	0.003
T2	m	0.958	0.955	0.951	0.946	0.957
	md	0.957	0.951	0.950	0.946	0.957
	s	0.007	0.012	0.002	0.007	0.001
T3	m	0.956	0.955	0.948	0.952	0.956
	md	0.956	0.953	0.951	0.950	0.956
	s	0.005	0.004	0.006	0.004	0.001
T4	m	0.951	0.952	0.950	0.956	0.956
	md	0.953	0.947	0.949	0.956	0.956
	s	0.012	0.011	0.004	0.004	0.001
T0	m	0.960	0.964	0.964	0.965	
	md	0.963	0.965	0.963	0.968	
	s	0.007	0.004	0.004	0.009	
repet		3	3	3	3	

medidas: m = média, md = mediana e s = desvio padrão

Figura 30 - distribuição dos valores médios da atividade de água, segundo o tempo de observação e grupo experimental.

Figura 31 – distribuição dos valores médios da atividade de água, segundo o tempo de observação do Padrão T0.

Tabela 24 – resultados da Análise de variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando a Atividade de Água, em relação aos grupos experimentais.

			Número de Observações = 56		R-squared = 0.3248
			Root MSE = .006515		Adj R-squared = -0.0315
Fonte de variação	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
modelo	.000735006	19	.000038685	0.91	0.5738
tratamento	1.9506 e-06	3	6.5021 e-07	0.02	0.9974
tempo/tratamento	.000732952	16	.00004581	1.08	0.4076
resíduo	.001527832	36	.00004244		
Total	.002262838	55	.000041143		

O resultado da ANOVA não mostrou resultado estatisticamente significativo que indicasse existirem diferenças entre os grupos experimentais (p-value = 0,9974) e nem entre os valores ao longo do tempo, dentro de cada grupo experimental (p-value = 0,4076). Tal fato pode ser devido à variabilidade deste tipo de variável de resposta, que impede a detecção de diferenças visíveis no gráfico. De maneira exploratória, o gráfico auxilia na interpretação dos resultados, mas o teste estatístico não forneceu evidência neste sentido. Apesar disso, observa-se um comportamento decrescente de formação de colônias de bactérias ao longo do tempo de observação.

5.2.3. Resultado da análise de pH dos *Cheesecakes* no tempo

Análise feita no Laboratório de Microbiologia e Micotoxilogia de Alimentos da FZEA/USP. A Tabela 25 apresenta os resultados da análise exploratória da variável de resposta pH, segundo fatores e tempo, onde consta a média aritmética, a mediana e o desvio padrão. A Figura 32 apresenta os valores médios para cada grupo experimental, mostrando o comportamento da variável de resposta ao longo do tempo de observação. A Figura 33 se refere ao Padrão T0.

Tabela 25 – Valores de T1, T2, T3, T4 (média, mediana e desvio padrão) e T0 (média, mediana, desvio padrão e repetições) para pH, segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.

Trat	medidas	Tempo (dias)				
		1	8	15	22	28
T1	m	6.100	6.067	6.033	5.667	5.300
	md	6.200	6.100	6.000	5.600	5.300
	s	0.173	0.058	0.153	0.208	0.424
T2	m	6.100	6.133	5.900	5.867	5.650
	md	6.100	6.100	5.900	5.900	5.650
	s	0.200	0.058	0.100	0.058	0.212
T3	m	6.200	6.067	5.967	5.733	5.550
	md	6.100	6.100	6.000	5.700	5.550
	s	0.265	0.058	0.058	0.252	0.212
T4	m	6.200	6.200	5.867	5.733	5.650
	md	6.200	6.300	5.900	5.800	5.650
	s	0.100	0.173	0.153	0.115	0.212
T0	m	6.000	5.700	5.567	5.567	
	md	5.900	5.700	5.600	5.600	
	s	0.265	0.100	0.153	0.058	
repet		3	3	3	3	

medidas: m = média, md = mediana e s = desvio padrão

Figura 32 – distribuição dos valores médios do pH, segundo o tempo de observação e grupo experimental.

Figura 33 – distribuição dos valores médios do pH, segundo o tempo de observação do Padrão T0.

Tabela 26 – resultados da Análise de variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando ao pH, em relação aos grupos experimentais.

			Número de Observações = 56		R-squared = 0.7362
			Root MSE = .171729		Adj R-squared = 0.5970
Fonte de variação	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
modelo	2.96333302	19	.155964896	5.29	0.0000
tratamento	.085265319	3	.028421773	0.96	0.4204
tempo/tratamento	2.90547574	16	.181592234	6.16	0.0000
resíduo	1.06166674	36	.029490743		
Total	4.02499976	55	.073181814		

O resultado da ANOVA não mostrou resultado estatisticamente significativo que indicasse existirem diferenças entre os grupos experimentais ($p\text{-value} = 0,4204$) e nem entre os valores ao longo do tempo, dentro de cada grupo experimental ($p\text{-value} = 0,0000$). Tal fato pode ser devido à variabilidade deste tipo de variável de resposta, que impede a detecção de diferenças visíveis no gráfico. De maneira exploratória, o gráfico auxilia na interpretação dos resultados, mas o teste estatístico não forneceu evidência neste sentido. Apesar disso, observa-

se um comportamento decrescente de formação de colônias de bactérias ao longo do tempo de observação.

5.2.4. Análises microbiológicas:

5.2.4.1. Resultado da contagem de bactérias láteas *Bifidobacterium lactis* (Bb-12) (log UFC/fatia de *cheesecake* - 125g) no tempo

Análise feita no Laboratório de Microbiologia e Micotoxicologia de Alimentos da FZEA/USP. A Tabela 27 apresenta os resultados da análise da variável de resposta contagem de bactérias láteas (log UFC/fatia de *Cheesecake* - 125g), segundo fatores e tempo, onde consta a média aritmética, a mediana e o desvio padrão. A Figura 34 apresenta os valores médios para cada grupo experimental, mostrando o comportamento da variável de resposta ao longo do tempo de observação.

Tabela 27 – Medidas (média, mediana e desvio padrão) para contagem de bactérias láteas (log UFC de bactérias láteas/fatia de *Cheesecake* - 125g), segundo grupos experimentais e as medidas repetidas no tempo.

Trat	medidas	Tempo (dias)				
		1	8	15	22	28
T1	m	7.709	7.768	8.403	7.228	6.115
	md	7.748	8.623	8.204	7.623	6.115
	s	1.690	1.532	0.895	1.392	1.577
T2	m	8.208	7.154	6.680	7.085	6.667
	md	9.000	6.230	6.000	7.000	6.667
	s	1.937	1.802	1.179	0.875	1.683
T3	m	9.812	7.952	7.026	6.430	6.667
	md	9.556	8.857	6.000	6.000	6.667
	s	0.442	1.692	1.778	1.150	0.583
T4	m	8.045	8.906	8.681	7.138	5.690
	md	8.959	8.959	9.380	7.556	5.690
	s	1.774	0.678	2.409	0.997	0.976
repet		3	3	3	3	3

medidas: m = média, md = mediana e s = desvio padrão

Figura 34 – Distribuição dos valores médios do logaritmo de UFC de bactérias láteas/fatia de 125g de *Cheesecake* (log de UFC), segundo o tempo de observação e grupo experimental.

Tabela 28 – resultados da Análise de Variância, para o modelo aninhado (medidas repetidas), considerando a transformação logarítmica da contagem de UFC de bactérias láteas/fatia de 125g de *cheesecake*, em relação aos grupos experimentais.

Número de Observações = 56					R-squared = 0.4067
Fonte variação	Partial SS	df	MS	F	Prob > F
modelo	52.5697264	19	2.76682771	1.30	0.2436
tratamento	2.15899037	3	.719663457	0.34	0.7981
tempo/tratamento	49.5362019	16	3.09601262	1.45	0.1725
resíduo	76.7015199	36	2.13059778		
Total	129.271246	55	2.3503863		

* $R^2 = 0.4067$

O resultado da ANOVA não mostrou resultado estatisticamente significativo que indicasse existirem diferenças entre os grupos experimentais (p-value = 0,7981) e nem entre os valores ao longo do tempo, dentro de cada grupo experimental (p-value = 0,1725). Tal fato

pode ser devido à variabilidade deste tipo de variável de resposta, que impede a detecção de diferenças visíveis no gráfico. O gráfico auxilia na interpretação dos resultados, mas o teste estatístico não forneceu evidência neste sentido. Apesar disso, observa-se um comportamento decrescente de formação de colônias de bactérias láteas (log UFC) ao longo do tempo de observação.

5.2.4.2. Resultado da análise de contagem de coliformes totais e fecais no tempo (log UFC de coliformes/fatia de *Cheesecake* - 125g)

Análise feita no Laboratório de Microbiologia e Micotoxilogia de Alimentos da FZEA/USP. Todos os resultados da contagem de coliformes totais e de fecais dos tratamentos, no tempo, deram menores que 10^2 de UFC/125g de *Cheesecake*, isto é, menores que 2 log UFC/125g de *Cheesecake*.

5.2.5. Resultado da análise de cor instrumental do *cheesecake*:

Análise feita no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da FZEA/USP. A Figura 16 mostra o efeito do teor de curcumina na cor do *cheesecake*.

Figura 35 - O efeito do teor de curcumina (%) na cor do *cheesecake*.

A Tabela 29 apresenta o efeito do teor de curcumina na cor do *cheesecake*.

Tabela 29 – Valores obtidos na Análise de Cor Instrumental

Amostra%	L*		a*		b*		hue	C*
0,0076	87,84	branco	0,12	vermelho	39,77	amarelo	89,827	39,77
0,0152	83,00	branco	4,75	vermelho	57,65	amarelo	85,289	57,845
0,0000	88,36	branco	1,72	vermelho	19,26	amarelo	84,896	19,337

5.2.6.Resultado da Análise Sensorial da Cor do *Cheesecake* - Teste Pareado de Ordenação de Preferência:

Análise feita na Cozinha Experimental da Divisão de Ensino da Academia da Força Aérea. O teste foi efetuado em três amostras com 60 provadores (nível de significância: 5%).

Valores atribuídos pelos provadores: mais preferida: 3; intermediária: 2; menos preferida: 1.

Soma de pontos da amostra **A** (curcumina a 0,00%): 111

Soma de pontos da amostra **B** (curcumina a 0,0076%): 134

Soma de pontos da amostra **C** (curcumina a 0,0152%): 114

Tabela 30 - Diferenças e soma dos pontos da Análise Pareada de Preferência da Cor do *Cheesecake*.

	Diferenças		
	A	B	C
A	–	23	3
B	–	–	20
Soma dos pontos	111 ^a	134 ^a	114 ^a

Obs.: diferenças maiores que 26 (para 60 provadores) as amostras são diferentes.

Conclusão da Análise Sensorial da Cor do *Cheesecake*: a amostra mais preferida é a B (curcumina a 0,0076%); as três amostras são iguais quanto à Preferência da Cor.

5.2.7.Resultado da Análise Sensorial do *Cheesecake* - Teste Pareado de Ordenação de Preferência:

Análise feita na Cozinha Experimental da Divisão de Ensino da Academia da Força Aérea. O teste foi efetuado em três amostras com 60 provadores não treinados (nível de significância: 5%). As amostras escolhidas foram: T0 - padrão adaptado da Tese; T1 - com farinha de trigo e FOS [*Cheesecake light* (açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico]; T2 - com AMCM e FOS [*Cheesecake light* (açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico]. Os tratamentos T1 e T2 foram comparados para avaliar a diferenças entre suas formulações (com farinha de trigo e com amido de milho ceroso modificado) tendo como referência o tratamento T0 - tratamento padrão adaptado. Os tratamentos T3 e T4 não são *cheesecakes* simbióticos, mas *light* (em açúcar) potencialmente funcional e probiótico (não contêm o prebiótico FOS), por isso, não foram avaliados sensorialmente.

Valores atribuídos pelos provadores: mais preferida = 3; intermediária = 2; menos preferida = 1.

Soma dos pontos da amostra **T1** = 102

Soma dos pontos da amostra **T0** = 131

Soma dos pontos da amostra **T2** = 124

Tabela 31 - Diferenças e soma dos pontos da Análise Pareada de Preferência do *Cheesecake*.

	Diferenças		
	T1	T0	T2
T1	—	29	22
T0	—	—	7
Soma pontos	102 ^{ac}	131 ^b	124 ^{bc}

Obs.: diferenças maiores que 26 (para 60 provadores) as amostras são diferentes.

Conclusão da Análise Sensorial de Preferência do *Cheesecake*:

A amostra mais preferida foi a T0 Padrão adaptado da Tese; as amostras T1 farinha de trigo e FOS [*Cheesecake light* (açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico] e T2 AMCM e FOS [*Cheesecake light* (açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico] não diferem entre si quanto à preferência; T0 Padrão adaptado da Tese não difere da T2 AMCM e FOS [*Cheesecake light* (açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico]; T0 Padrão adaptado da Tese difere da T1 farinha de trigo e FOS [*Cheesecake light* (açúcar e gordura) potencialmente funcional e simbiótico].

5.3.DISCUSSÃO:

Ao se incorporar o probiótico, previamente misturado à água estéril, após o processo térmico, ocorreu a aeração da estrutura do *Cheesecake* Sólido tornando-a semelhante à do *Cheesecake* Francês – que tem a adição de clara em neve extra para tornar a estrutura mais leve. O que inicialmente parece uma vantagem, no armazenamento refrigerado se tornou um problema, pois, houve um leve colapso (detectado visualmente) da estrutura com a consequente diminuição no volume do produto. Isso é um problema para as análises de TPA no tempo que devem ser feitas com volume constante, isto é, a altura padronizada da amostra deve ser de 2,0 cm. Essa mistura após o processo térmico só foi feita nos tratamentos T1, T2, T3 e T4, o padrão T0 (Padrão Adaptado da Tese) não sofreu essa aeração, pois, não tem probiótico a ser incorporado; isso explica em parte, a maior dureza do T0 detectada na Análise do Perfil de Textura (TPA), além de sua formulação ser menos rica, assim, T0 não sofreu decréscimo visual aparente em seu volume no tempo. Uma solução para o problema da aeração pós mistura do probiótico é compactar o produto final ao submetê-lo ao vácuo ou efetuar a mistura do probiótico em misturador a vácuo, com posterior embalagem (não a vácuo). Outro problema resultante da incorporação do ar é que pode afetar a viabilidade do probiótico no tempo, pela presença de O₂ na estrutura do *cheesecake*.

A Dureza no tempo de todos os tratamentos (T1, T2, T3 e T4) foi sempre menor que a do Padrão Adaptado da Tese (T0) o que pode ser explicado pela interação dos componentes das formulações e ao fato do Padrão T0 não sofre mistura pós-tratamento térmico (não tem probiótico), confirmado pela análise sensorial, que coloca o tratamento T2 como o de melhor aceitação sensorial dentre os *cheesecakes lights* potencialmente funcionais e simbióticos em estudo.

A grande vantagem do processo térmico utilizado na Tese (processo térmico com tempo curto com mistura) na produção de *cheesecake*, é que não há a possibilidade de ocorrer a Reação de Maillard (“reação de escurecimento não enzimático”), já que essa reação apresenta o maior impacto sensorial e nutricional, ao diminuir o valor nutricional do *cheesecake*, quando comparado aos produzidos de modo estático no forno no processo tradicional (com temperatura alta e tempo longo). A temperatura elevada (do forno no processo tradicional) também pode diminuir ou alterar a estrutura de determinados fitoquímicos, como os compostos fenólicos que podem quelar nutrientes e diminuir sua interação com nutrientes essenciais. O processo térmico (90°C/4’) em banho-maria com mistura do produto, se apresentou eficiente, tanto na diminuição do tempo do processo de gelatinização dos amidos, mesmo que possivelmente parcial, quanto à segurança microbiológica do produto (a contagem de coliformes fecais e totais permaneceram desprezíveis durante o período de armazenamento de 28 dias).

Não houve uma evidente proteção do probiótico (bifidobactéria) pelo prebiótico (FOS), ao nível de FOS utilizado neste estudo, no desenvolvimento do *cheesecake light* (em gordura e sacarose) potencialmente funcional e simbiótico (tratamentos T1 (com farinha de trigo) ou T2 (com amido de milho ceroso modificado), pois, não apresentaram viabilidades estáveis do probiótico.

As bifidobactérias, sobretudo de origem humana, são sensíveis a ambientes ácidos, em geral pH abaixo de 5,0, requerem um ambiente anaeróbico, com pouca tolerância à acidez, isto é, exigem um pH neutro (6,5-7,0) para manterem sua viabilidade. No presente estudo o pH médio inicial do T0 foi de 6,00 e dos tratamentos (T1, T2, T3, e T4) foram 6,20 com abaixamento contínuo do pH no tempo, tanto do T0 como dos tratamentos, com consequente decréscimo da contagem de bifidobactérias no tempo; fato que exige uma pesquisa mais aprofundada sobre a origem deste fenômeno de abaixamento do pH.

Na Análise Sensorial da Preferência da Cor do *cheesecake* a amostra mais preferida foi a com curcumina a 0,0076%.

O ácido sulfuroso não dissociado ou o SO₂ molecular são responsáveis pela atividade antimicrobiana é sustentada pela alta eficiência desses compostos em valores baixos de pH; é sabido que os sulfitos atuam sobre pontes de bissulfeto das estruturas proteicas. Como o pH dos *cheesecakes* nesse trabalho variou de 5,3 a 6,2, faixa de pH em que H₂SO₃ tem concentração de 0,053 a 4,84 x 10⁻³ % ; como o teor de H₂SO₃ nos tratamentos T2 e T4 (com curcumina e AMCM – soma das fontes de derivados de dióxido de enxofre) é no máximo de 0,00215% o que permite concluir que não houve efeito deletério, promovido por esse conservante, sobre as proteínas e nem na viabilidade das bactérias láteas.

Todos os tratamentos (T1, T2, T3, T4) sofreram sinerese após o décimo quinto dia. A sinerese gera um líquido na superfície do produto, que em contato com o filme plástico, usado na proteção do produto contido nas cápsulas metálicas no período de estocagem, se perde por extravasamento. As bifidobactérias podem ser carreadas pelo líquido extravasado e não terem sido computadas na contagem de UFC no tempo. Este fato pode ser uma das causas na diminuição da contagem das bifidobactérias no tempo, a outra é diminuição da viabilidade das bifidobactérias como resposta da diminuição do pH no tempo.

6.CONCLUSÃO

A adição de curcumina agrega valor ao *cheesecake* ao melhorar a aceitação da cor do produto e adicionar a característica potencialmente funcional/antioxidante, quando comparado ao Padrão Adaptado da Tese (T0).

A capacidade dos frutoligossacarídeos (FOS) em atuar como substituidor da manteiga (*fat replacer*) original da formulação Padrão Adaptado da Tese (T0) foi confirmada pela Análise Sensorial de Preferência utilizada no presente estudo.

O *cheesecake light* (em gordura e açúcar) potencialmente funcionais e simbióticos produzido com amido de milho ceroso modificado (AMCM) demonstrou ter a mesma aceitação sensorial quanto à preferência do consumidor, quando comparado ao Padrão Adaptado da Tese (formulação modificada do produto original consagrado para diabéticos).

Os *cheesecakes lights* (em gordura e açúcar) potencialmente funcionais e simbióticos confeccionados com AMCM (T1) ou com farinha de trigo (T2) são equivalentes em qualidade, tanto reológicas quanto sensoriais.

A Hipótese da Pesquisa foi confirmada, qual seja: Dada uma formulação normal de *cheesecake* é possível transformá-lo em um produto *light* potencialmente funcional e simbiótico, ao utilizar conceitos e processos atuais da Engenharia de Alimentos, de modo a agregar valor ao produto e ainda, respeitando os níveis adequados de prebiótico e probiótico, sugeridos pelas pesquisas prévias e exigidos pela Legislação Brasileira.

O presente trabalho, desenvolvimento e avaliação de *cheesecake light* potencialmente funcional e simbiótico, dá sua contribuição para ampliar a oferta de alimentos láteos promotores da saúde humana.

Para pesquisas futuras pode-se estudar a (o):

- Inclusão de gomas nos tratamentos (o *cream cheese* comercial vem adicionado desses ingredientes) e avaliar seus efeitos nos *cheesecakes* produzidos com o intuito de eliminar a sinerese.

- Efeito concentração da curcumina na viabilidade das bifidobactérias no tempo.
- Efeito dos tipos de equipamentos utilizados nas misturas [dos ingredientes antes do tratamento térmico (batedeira planetária; multiprocessador; hand mixer); do probiótico após o processo térmico (a temperatura de 40°C)] na reologia do produto final. Há no mercado batedeira planetária (Cooking Chef / Kenwood) com aquecimento por indução (controle de temperatura e tempo) que processa termicamente o produto enquanto promove a sua mistura oferecendo uma melhor homogeneização e diminuição da transferência de calor ao produto.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLES, M. S. et al. Consumption of fructooligosaccharides does not favorably affect blood glucose and serum lipid concentrations in patients with type 2 diabetes. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 69, p. 64-69, 1997.

ANTUNES, J. A. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino**. Barueri: Manole, 2003, p.109-112.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of dairy products**. 16. ed. Washington: APHA, 1992.

BERGENSTAHL, G. Physiochemical aspects of an emulsifier functionality. In: **Food** HASENHUETTL, G. L.; HARTEL, R. W. (Eds.). **Emulsifiers and their applications**. New York, NY: Chapman & Hall, 1997, cap. 6.

BOS, M. et al. Protein/emulsifier interactions. In: **Food** HASENHUETTL, G. L.; HARTEL, R. W. (Eds.). **Emulsifiers and their applications**. New York, NY: Chapman & Hall, 1997, cap. 5.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2nd. ed. New York: Academic Press, 2002, 400 p. Disponível em:<http://128.121.92.221/texture_profile_analysis.html>. acessado em: 10 jan. 2013.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. LANARA. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981, p. XVII – 9.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução RDC 54/2012**, Brasília, 2012.

- BUESCHER, R.; YANG, L. Turmeric. In: LAURO, G.J.; FRANCIS, F.J. **Natural food colorants science and technology**. New York: Marcel Dekker, 2000. cap. 9, p. 205 -226.
- BURITI, F. C. A. **Desenvolvimento de queijo fresco cremoso simbiótico**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São paulo, 2005.
- CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins especiais dietéticos**. São Paulo: Varela, 1996. 423 p.
- CHOI, C. et al. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. **Plant Science**, Limerick, v. 163, p. 1161-1168, 2002.
- COLLI, C.; SARDINHA, F.; FILISETI, T. M. C. C. Alimentos funcionais. In: CUPPARI, L. **Nutrição: nutrição clínica no adulto**. Barueri: Manole, 2006. p. 71.
- COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri: Manole, 4. ed. 2012.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.
- DAVIDSON, M. H. et al. Effects of dietary inulin in serum lipids in men and woman with hypercholesterolemia. **Nutrition Research**, New York, v. 18, n. 3, p. 503-517, 1998.
- DOMINGUES, M. A. C. **Efeito da interação genótipo x ambiente no Estado de São Paulo sobre parâmetros de qualidade do trigo e nas características físico-químicas e funcionais do amido**. 2002. 140 p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Universidade de Campinas, Campinas, 2002.
- DOWNHAM, A.; COLLINS, P. Colouring our foods in the last and next millenium. **International Journal of Foods Science and Technology**, West Sussex, v. 35, p. 5-22, 2000.
- ENBAUGH, L. B. Carbohydrate/emulsifier interactions. In: HASENHUETTL, G. L.; HARTEL, R. W. (Eds.). **Food emulsifiers and their applications**. New York: Chapman & Hall, 1997. cap. 4.
- FAERMAND, M.; KROG, N. Using emulsifiers to improve food texture. In: (MCKENNA, B. M. (Ed.). **Texture in foods: semi-solid foods**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2003. v. 1, cap. 10.

FINLEY, J. W. Proposed criteria for assessing the efficacy of câncer reduction by plant foods enriched in carotenoids, glucosinolates, polyphenols and selenocompounds. **Annals of Botany**, Oxford, v. 95, p. 1075-1096, 2005.

FLAMM, G. Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Ohio, v.41, n.5, 2001, p. 353-362.

FREITAS, S. M. L. **Alimentos com alegação diet ou light**: definições, legislação e implicações no consumo. São Paulo: Atheneu, 2006. 138 p.

FURTADO, M. M.; LOURENÇO NETO, J. P. M. **Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos**. São Paulo: Dipemar, 1994. p. 30-32.

GAVA, A. J.; DA SILVA C. A.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de Alimentos**: princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 2005. 511 p.

GISSLEN, W. **Panificação e confeitaria profissionais**. 5. ed. Barueri: Manole, 2011. 770 p.

GISSLEN, W. **Culinária profissional**. Barueri: Manole, 2012. 1055 p.

HOLUM, J. R., **Organic and biological chemistry**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996.

ICC International Association for Cereal Science and Technology. Rapid pasting method using the newport rapid visco analyser model 4500. **ICC-Draft Standard** n. 162, 1995.

JAY, M. J. **Microbiologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005, 711 p.

KLIMAQUIP **Tecnologia do Frio**. disponível em: <http://www.klimaquip.com.br/produto/profissional/ultracongeladores-e-resfriadores-rapidos-bcf> acessado em: 24/04/14 2014.

KNIGHT, J. B.; KOTSCHEVAR, L. H. **Gestão, planejamento e operação de restaurantes**. 3. ed. São Paulo: Roca, 2005. 216 p.

KOTLER, P. KELLER, K. L. **Administração de marketing**. São Paulo: Pearson Education. 2012, 766 p.

KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, Berlin, v. 66, p. 1003-1010, 1994.

KRAMER, R. **Confisseries et Pâtisseries d'Aujourd'hui**. Paris: VILO, 1994. 287 p.

KROG, N. J.; SPARSO, F. V. Food emulsifiers: the chemical and physical properties. In: FRIBERG, S. L. K.; SJOBLON, J. (Eds.). **Food Emulsions**. 4th. ed. New York: Marcel Dekker, Inc., 2004. cap. 2.

LANGE, M. K. et al. Avaliação da estabilidade e atividade antioxidante de uma emulsão base não-iônica contendo resveratrol. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo, v. 45, n. 1, jan./mar., 2009.

McGEE, H. **Comida & cozinha- ciência e cultura da culinária**. São Paulo: WMF Martins Fontes. 2011.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, T. **Sensory evaluation techniques**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, Inc., 1999. 387 p.

MODLER, H. W. Bifidogenic factors: sources, metabolism and applications. **Internartional Dairy Journal**, Amsterdam, v. 4, p. 383-407, 1994.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. p. 506-526.

NEWPORT SCIENTIFIC. **Operation manual for series 4: instrutions manual**. Warriedwood, 1998. 123 p.

OLIVEIRA, M. N. **Tecnologia de produtos lácteos funcionais**. São Paulo: Atheneu, 2009. 384 p.

PELCZAR, M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia – conceitos e aplicações**. São Paulo: Pearson/Makron Books. 1997.

PHILLIPS, G. O; WILLIAMS, P. A. **Handbook of Hydrocolloids**, 2.ed. Boca Raton: CRC Press. p. 830, 2009.

RAMIREZ-TORTOZA, C. et al. Anthocyanin-rich extract decreases indices of lipid peroxidation and DNA damage in vitamin E depleted rats. **Free Radical Biology Medicine**, Philadelphia, v. 46, p. 1033-1037, 2001.

RAY, B. **Fundamental food microbiology**. Boca Raton: CRC Press. 2004. 608 p.

ROBERFROID, M. B.; VAN LOO, J. A. E.; GIBSON, G. R. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolisis products. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, 1998, p. 11-19.

ROBERT, F. **Gran libro de cocina de Alain Ducasse – postres y pastelería**. Madri: Ediciones Akal, 2008, 581 p.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, West Sussex, v. 76, p. 270-276. 1998.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A., SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água**. São Paulo: Varela, 2010, 624 p.

SNEATH, P.H.A., Ed., **Bergey's Manual of Systemic Bacteriology**, Vol. 2, Baltimore: Williams & Wilkins, 1986, pp. 065, 1071, 1075, 1209, 1346, 1418.

SUAS, M. **Advanced bread and pastry: a professional approach**. New York: Cengage, 2009. 1043 p.

THE CULINARY INTITUTE OF AMERICA. **Chef Profissional – Instituto Americano de Culinária**. São Paulo: Senac, 2009. 1235 p.

VAN DENDER, A. G. F. **Requeijão cremoso e outros queijos fundidos: tecnologia de fabricação, controle do processo e aspectos de mercado**. São Paulo: Fonte Comunicações e Editora, 2006. 391 p.

VIEIRA, F. C. **Efeito do tratamento com calor e baixa umidade sobre características físicas e funcionais dos amidos de mandioquinha–salsa (*Arracaccia xanthorrhiza*), de batata-doce (*Ipomoea batatas*) e do gengibre (*Zingiber officinale*)**. 2004. 122p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Ciência e Tecnologia de Alimentos, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.