

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate (Cereal Chocotec)

Regiane de Brito Vieira

AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS LEGAIS, DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS E TECNOLÓGICAS DE CHOCOLATE FONTE DE FIBRAS, SEM ADIÇÃO DE AÇÚCAR E COM PRESENÇA DE COMPOSTO COM AÇÃO FITOTERÁPICA

Campinas

2021

REGIANE DE BRITO VIEIRA

Avaliação dos aspectos legais, das propriedades funcionais e tecnológicas de

chocolate fonte de fibras, sem adição de açúcar e com presença de composto

com ação fitoterápica

Dissertação apresentada ao Instituto

Tecnologia de Alimentos para obtenção do

título de Mestre em Ciência e Tecnologia de

Alimentos.

Aluno: Regiane de Brito Vieira

Orientador: Prof. Dr. Valdecir Luccas

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação defendida pelo aluno

Regiane de Brito Vieira e orientada pelo Prof(a). Dr(a). Valdecir Luccas.

CAMPINAS

2021

i

Ficha Catalográfica

Elaborada pela Bibliotecária Lucilene Paulina da Silva CRB/8 - 8507 Biblioteca Central do ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos.

V658a Vieira, Regiane de Brito.

Avaliação dos aspectos legais, das propriedades funcionais e tecnológicas de chocolate fonte de fibras, sem adição de açúcar e com presença de composto com ação fitoterápico. Regiane de Brito Vieira. / Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, SP: ITAL – Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2021.

82 f.

Orientador: Dr. Valdecir Luccas.

1. Chocolate. 2. Phytotherapy. 3. Bambu fiber. 4. Carob. 5. Consistenc. I. ITAL / Cereal Chocotec - Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate. II. Vieira, Regiane de Brito. III. Título.

Título em inglês: Assessment of legal aspects, functional properties and technological of the chocolate unsweetened, fiber source, with phytotherapy action ingredient.

Key-words: chocolate, phytotherapy, bambu fiber, carob, consistency.

Titulação: Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Banca Examinadora: Dr. Valdecir Luccas, Dra. Angela de F. K. Correia, Dra. Fernanda Z.

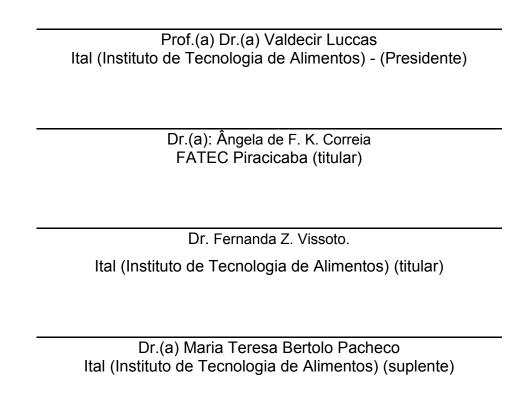
Vissoto, Dra. Maria Teresa Bertolo Pacheco.

Data da Defesa: 07/07/2021

Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado defendida por Regiane de Brito Vieira, aprovada pela Comissão Julgadora em Junho/2021.



A ata de defesa de dissertação de mestrado com as respectivas assinaturas dos membros da banca encontra-se arquivada junto à documentação do aluno.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho, primeiramente a Deus, por me fortificar e permitir a sua execução.

Certamente a minha mãe, Joana, mulher maravilhosa e entusiasta, que deposita em mim uma fé em capacidade, que ora nem eu mesma acredito. Que sempre cuidou para que eu estivesse com saúde para continuar.

Dedico ao meu pai, sempre bondoso, que muitas vezes deixou suas atividades de trabalho, para me socorrer com os livros a serem entregues na biblioteca, formulários de matrícula e caronas em dias ruins.

Convicta dedico ao meu esposo por respeitar e apoiar a minha incessante busca pelo conhecimento, por compartilhar o nosso tempo, para que eu pudesse me dedicar.

Dedico aos meus irmãos, que fazem parte de todo o meu processo de conhecimento e ao meu orientador Valdecir Luccas, por me possibilitar tão grande experiência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me fortalecer, permitir estar com saúde e determinada para que fosse possível o meu ingresso no programa, assim como conclusão do curso.

Agradeço à minha família pelo apoio dado durante todo o processo, pelo respeito à minha ambição pelo conhecimento e principalmente pela compreensão que sempre me foi dada pelas ausências necessárias. Em especial ao meu esposo, que sempre cuidou para que eu pudesse me dedicar ao projeto e esteve ao meu lado, dando apoio para que fosse concluído.

Gratidão ao meu orientador, por me escolher, mediante a tantas outras opções e por ser tão gentil com todo o meu processo de aprendizado.

Sou grata a todos os professores, mestres e doutores, que fizeram parte dessa minha trajetória de conhecimento. Em especial à Maria Teresa, por me ajudar com processos de digestão *in vitro*, Izabela Alvim, por sempre estar disposta a sacrificar seus horários para me ajudar com uma análise aqui e outra ali, sem contar o fechamento das plantas pilotos e a Ângela Corrêa, por estar presente no meu processo de crescimento desde a graduação, contribuindo para meu ingresso nesse programa e me dando forças e apoio técnico para finalizar.

Agradeço à Angelica, Técnica do Laboratório, por me ensinar a operar todos os equipamentos da planta, por me ajudar com o processamento de chocolate e realização de análises e a toda a equipe da secretária do Cereal Chocotec, pela paciência. Além da Elenice, secretária da pós, que sempre me atendeu com muito carinho, esbanjando toda a sua gentileza.

Agradeço a todos os fornecedores, que fizeram doações de matérias-primas, Essential Nutrition, Chock, MM Produtos Alimentícios e Chocolife. Vocês tornaram possível e mais fácil todo esse processo.

Não poderia deixar de agradecer à Virginia de Ávila Dias, por ser a percursora para que eu pudesse realizar o projeto do mestrado, apoiando positivamente à busca por conhecimento. Com toda a certeza é uma das maiores intermediárias entre mim e o chocolate.

Sou grata ao Márcio Magnusson, por permitir que o projeto fosse feito em consolidação com as minhas atividades de trabalho. Assim como, a toda à equipe da MM Produtos Alimentícios, que me ensinaram na prática a paixão pelo chocolate, em especial ao Everson, César, Devaneide, Manoela, Cristiane, Caio e Rebeca.

E para finalizar à minha amiga Patrícia Helena, por sempre me apoiar nos momentos difíceis e me dar estímulo por continuar.



RESUMO

O diabetes mellitus e a obesidade são doenças crônicas não transmissíveis (DCNT's) de grande preocupação mundial. Atualmente 425 milhões de pessoas são diabéticas e estimase que em 2025, 2,3 milhões de indivíduos estejam com sobrepeso. A incorporação de ingredientes fitoterápicos e funcionais em alimentos indica um caminho promissor que pode contribuir para a redução destes problemas e leva ao objetivo principal deste projeto de pesquisa, o qual tratou de desenvolver e avaliar a viabilidade tecnológica, em escala piloto, de formulações de chocolate sem adição de açúcar, contendo em sua composição ingredientes com propriedades fitoterápicas e funcionais, associadas com mecanismos de redução de peso. O processo produtivo de chocolates ocorre pelas etapas de mistura, refino, conchagem, temperagem, moldagem, cristalização, desmoldagem, embalagem e armazenamento. O método utilizado pode ser o convencional, quando a etapa de refino é realizada em moinho de rolos ou cilindros, antes da etapa de conchagem. Ou também pode ocorrer, como neste estudo, em sistemas alternativos, nos quais o refino é feito em moinho de bolas ou esferas, frequentemente, ocorrendo uma inversão do processo, onde a conchagem acontece antes do refino. Para a fabricação de chocolate amargo diversos ingredientes podem ser utilizados, no caso do produto em questão, além das matériasprimas convencionais (liguor, manteiga de cacau e emulsificantes lecitina de girassol e PGPR - Polirricinoleato de Poliglicerol), foram acrescidos a Carob Active™ (Fagron), como composto fitoterápicos, a inulina como fibra solúvel e a fibra de bambu, como insolúvel, já para substituir a sacarose foram utilizados o maltitol e o eritritol. Todos os processos e análises foram realizados nas plantas piloto e laboratórios do Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolates, Cereal Chocotec, do ITAL. Para que fosse possível a elaboração de um produto viável tecnicamente, em condições otimizadas, utilizou-se um planejamento experimental fracionado 24-1, onde tinha-se como variáveis independentes o tempo de conchagem, a concentração da mistura de fibras (inulina/bambu) e a concentração dos emulsificantes lecitina de soja e PGPR. Como variáveis dependentes foram avaliadas a viscosidade e o limite de escoamento de Casson. O teor de umidade, por Karl Fisher, a distribuição de tamanho de partículas, por difração a laser e o tamanho máximo de partícula, em micrômetro, também foram considerados como análises complementares. A análise do planejamento experimental, juntamente com ensaios de desempenho em máquinas, permitiu a otimização e obtenção de concentrações de ingredientes que viabilizassem um futuro escalonamento e produção industrial, sobretudo do ponto de vista reológico. As duas formulações otimizadas, Formulação C (125 mg de fitoterápico) e Formulação D (214mg de fitoterápico), apresentaram resultados de viscosidade de Casson de 4,95 Pa.s e 4,80 Pa.s, e limite de escoamento de Casson de 3,23 Pa e 2,31 Pa, respectivamente. Para as análises

complementares, os resultados obtidos para formulação C e D, foram respectivamente, de 1,87 e 1,88% para teor de umidade, 20 e 20 µm, para tamanho máximo de partícula, 8,27 e 7,96µm para D50, 3,12 e 3,07 µm para D10, 23,37 e 21,91 µm para D90 e 2,44 e 2,37 para índice de *span.* A elaboração da Tabela nutricional, ainda que teórica, permitiu comprovar que o percentual de fibra no produto, para a porção recomendada de 15g, foi de 3,2g, ou seja, acima do que a legislação exige para alegação de fonte de fibras. De acordo com estudos apresentados pela literatura, as fibras utilizadas foram testadas e apresentaram resultados positivos com relação a atuação no metabolismo dos glicídios e de lipídios. Por meio de uma análise de dados simples, junto aos órgãos fiscalizadores, foi possível avaliar os aspectos legais visando a obtenção futura de registro, para posterior comercialização do chocolate.

.

Palavras Chaves: fitoterápico, fibra de bambu, alfarroba, *diet*, prebiótico, carob active® e redução de peso

ABSTRACT

Diabetes Mellitus is a non-communicable disease (NCD). Nowadays, 425 millions of people are diabetics and it is estimated that 2,3 million individuals will be overweight in 2025. The application of herbal plus functional ingredients in food is a good step to improve health. The mean objective of this study was to develop and make an evaluation about technological viability in pilot scale, about chocolate sugar free, with functional and herbal ingredients that have mechanisms associated with weight loss. The chocolate manufacturing process is composed of the seven steps: mixing, conching, particle size reduction, tempering, mounding, cooling, desmounding, packing and storage. The processing can occur by traditional methods, which use the roll refiner, and the particle size reduction happened before the conching. But, there are the alternative methods, which use the ball refiner, and the conching step happened before particle size reduction. The main ingredients to make the chocolate are: cocoa mass and cocoa butter and lecithin and PGPR emulsifiers, besides these, in this study, was applied: maltitol and erythritol as a sugar substitute, inulin and bamboo fiber and CarobActive™, a herbal compound. The processing and analysis were done at the Ital pilot plant. The fractional factorial design experiment methodology was applied to possibilite a chocolate production with good rheological characteristics. The independent variables were: time to conching process, percentual of fiber and percentual of emulsifiers. The Casson yield and viscosity was chosen with dependents variables. The moisture content was analyzed by the Karl Fisher method, particle size distribution by laser refraction and maximum particle size using the micrometer, these are complementary analyses. The results were satisfactory, the values found were according to the established parameters and literature information. Through design experiments it was possible to find a good concentration of independent variables with good rheological parameters. The last formulations, C (125 mg of herbal ingredient) and D (214 of herbal ingredient), showed good results to Casson viscosity (4,95 and 4,80 Pa.s) and yield (3,23 and 2,31Pa). The results to complementar analysis o Formulation C and Formulation D were, respectively, 1,87 and 1,88% to moisture content, 20 and 20 µm to maximum particle size, 8,27 and 7,96µm to D50, 3,12 and 3,07 µm to D10, 23,37 and 21,91 µm to D90 and 2,44 e 2,37 to span indice. The nutrition information shows good amounts of fiber, and this amount is enough to declarate this chocolate as a source of fiber. The properties of inulin e bamboo fiber were described and they perform important functions in the body, for example: action at carbohydrate and lipid metabolism. Because de Covid-19 Pandemic wasnt' possible to realize sensorial and in vitro digestion, but the other answer to the Project showing its is viable.

Key Words: phytotherapy, bambu fiber, carob, diet, prebiotic, weight loss, carob active®

SUMÁRIO

RI	ESU	JMO		VII
ΑI	3ST	RACT.		. IX
SI	JMÁ	ÁRIO		X
LI	STA	A DE TA	BELAS	XII
LI	STA	A DE FIO	GURAS	XIII
1.		INTRO	DDUÇÃO	1
2.		OBJE ⁻	TIVOS	4
	2.1.	. Ob	jetivo principal	4
	2.2.	. Ob	ijetivos específicos	4
3.			ÃO BIBLIOGRÁFICA	
	3.1.		enças crônicas não transmissíveis (DCNT's)	
	3.2.		stória do Chocolate	
	3.3.		gredientes	
		.3.1.	Matérias – Primas Derivadas do Cacau	
	-		. Liquor de Cacau	
			. Manteiga de Cacau	
		.3.2.	Açúcar e seus substitutos	
		3.3.2.1	. Maltitol e Eritritol	
		.3.3.	Emulsificantes: Lecitina de Girassol e PGPR	
	3.	.3.4.	Compostos Fitoterápicos	18
			. Carob Active™	
	3.	.3.5.	Fibras	23
		3.3.5.1	. Fibra de Bambu	.24
		3.3.5.2	. Inulina	.25
	3.4.	. Pro	ocesso Produtivo do Chocolate	26
	3.	.4.1.	Mistura	27
	3.	.4.2.	Refino	28
	3.	.4.3.	Conchagem	30
	3.	.4.4.	Temperagem, moldagem, cristalização, desmoldagem e embalagem	

4		MAT	ERIAL E METÓDOS	33
	4.1	. 1	Natérias – primas e reagentes	33
	4.2	. F	Formulações e processos produtivos	34
	4	.2.1.	Planejamento Experimental	36
	4.3	. (Comparação entre a viscosidade e limite de escoamento de Casson com	а
	per	forma	ance em máquina de chocolates	38
	4.4	. (Caracterização físico-química e sensorial - metodologias	39
	4	.4.1.	Tamanho máximo de partículas	39
	4	.4.2.	Viscosidade (η Ca) e limite de escoamento de Casson (τ Ca)	39
	4	.4.3.	Diâmetro médio e distribuição de tamanho de partículas	40
	4	.4.4.	Teor de umidade	40
	4.5	. Т	abela Nutricional	41
	4.6	. A	Análise sensorial	41
	4.7	. <i>P</i>	Análise de digestão in vitro	41
	4.8	. <i>P</i>	Avaliação dos aspectos legais para alegação de funcionalidade	41
5		RES	ULTADOS E DISCUSSÕES	42
5	.1.	Ca	racterização das formulações base	42
5	.2.	Pla	nejamento Experimental	43
5	.3.	Tal	bela Nutricional	52
5	.4.	Av	aliação dos aspectos legais para alegação funcional	55
5	.5.	An	álise Sensorial	56
5	.6.	An	álise de digestão <i>in vitro</i>	57
6		CON	ICLUSÕES	58
7		REF	ERÊNCIAS	59
8		ANE	XOS	67
	8.1	. Т	ermo de consentimento livre e esclarecido para pesquisa em serem	
	hur	manos	s, assim como as fichas para avaliação	67
	8 2	F	Planeiamento experimental fatorial fracionado 24-1	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Perfil de ácidos graxos e triacilglicerídios na manteiga de cacau	13
Tabela 2: Composição de triacilgliceróis da manteiga de cacau de diferentes regiões de	
cultivo	14
Tabela 3: Composição média da polpa da alfarroba	20
Tabela 4: Composição do gérmen de alfarroba	21
Tabela 5: Compostos fenólicos presentes na alfarroba	23
Tabela 6: Formulações Base	34
Tabela 7: Variáveis independentes do planejamento experimental, com limite mínimos,	
máximos e ponto central	36
Tabela 8: Planejamento experimental fatorial fracionado 2 ⁴⁻¹	37
Tabela 9: Resultados de umidade, viscosidade e limite de escoamento de Casson das	
formulações base, sem e com adição de fibras	42
Tabela 10: Resultados de umidade e tamanho máximo de partículas (ensaios planejame	nto
experimental)	44
Tabela 11: Resultados de distribuição do tamanho de partículas (ensaios do planejament	to
experimental)	45
Tabela 12: Resultados das variáveis dependentes do Planejamento Experimental	47
Tabela 13: Efeitos significativos para viscosidade de Casson	48
Tabela 14: Efeitos significativos para limite de escoamento de Casson	48
Tabela 15: Classificação de chocolates com relação a sua performance em linha	49
Tabela 16: Valores codificados, provenientes do processo de otimização, e resultado	
esperado para viscosidade e limite de escoamento de Casson	50
Tabela 17: Valores reais, provenientes do processo de otimização, e resultado esperado	
para viscosidade e limite de escoamento de Casson	50
Tabela 18: Formulações Finais	51
Tabela 19: Teor de umidade, viscosidade (ηCa) e limite de escoamento (τCa) para as	
formulações finais C e D	51
Tabela 20: Tamanho máximo de partículas, D50, D90, D10 e <i>Span</i> para as formulações	
finais	51
Tabela 21: Viscosidade e Limite de Escoamento de Casson – Literatura	52
Tabela 22: Informação Nutricional Teórica	53
Tabela 23: Planejamento experimental fracioado 2 ⁴⁻¹	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curva de sólidos de diferentes tipos de manteiga de cacau	15
Figura 2: Efeito da lecitina no conteúdo de manteiga de cacau de chocolate an	nargo
	17
Figura 3: Diferentes partes da alfarroba e seu uso comercial	20
Figura 4: Processo de Fabricação Alternativo (Moinho de Esferas)	27
Figura 5: Processo de Fabricação Convencional (Moinho de rolos)	27
Figura 6: Representação do processo de temperagem	32
Figura 7: Fluxograma de Processo	35
Figura 8: Comparação entre D90 (Difração a Laser) e Tamanho Máximo de	
Partículas (micrômetro)	46

1. INTRODUÇÃO

O comportamento da população frente aquilo que consome é algo que tem mudado há algum tempo. Fatores como o crescimento populacional, urbanização, inserção da mulher no mercado de trabalho e aumento da renda familiar, impactaram em mudanças nos hábitos alimentares, que refletiram em vários índices e tendências mostrados ano a ano (SEBRAE, 2014). Exemplo disso ocorreu em 2016, quando o Brasil ocupou a quinta colocação do ranking mundial de comercialização de produtos mais saudáveis, com um faturamento de 93,6 bilhões em vendas (EUROMONITOR, 2017). Já em 2017, a tendência era de 83% dos consumidores investirem em saudabilidade (EUROMONITOR, 2017). Em 2019, a nível global, tinha-se destaque para tendência de consumidores com maior consciência de consumo, declinando para produtos mais simples, de produtores locais, com apelo artesanal, além do forte crescimento do veganismo e produtos *eco-friedly* (ANGUS e WESTBROOK, 2019).

Ainda dentro dessa mudança de perfil de consumo na população brasileira, em 2020, segundo olhar do documento Brasil Food Trends, o consumidor buscaria por diversas alternativas de produtos que refletissem saúde, tais como, comidas e bebidas ambientalmente sadias, ou seja, além de serem produzidas através de matérias-primas provenientes da natureza, o ambiente de produção precisaria apresentar-se adequado. Havia maior preferência pelo uso de farinhas alternativas, lanches frescos e saudáveis, artes culinárias e experiências gastronômicas, produtos em porções menores, garantia de origem, selos de qualidade e, por último, *delivery* e aplicativos de entrega (FIESP; ITAL, 2020).

Já em 2021, constata-se que as mudanças profundas ocasionadas pela pandemia da COVID-19, acelerou ainda mais a tendência vista nos anos anteriores, conforme revela relatório de Tendências Globais de Consumo da Mintel, onde o consumo estaria pautado em 7 pilares: bem estar, direitos, valores, identidade, experiências, arredores e tecnologia. Dos diversos problemas causados pela pandemia, muitos deles se associaram à transtornos mentais de saúde, levando a população a buscar hábitos mais saudáveis, como a prática de exercícios físicos. Com relação ao pilar "direitos", os consumidores estão mais atentos as causas apoiadas pelas empresas das quais costuma-se consumir, no caso dos brasileiros, por exemplo, 47% deles, estão dispostos a boicotar empresas que se comportam de forma antiética. Com relação a valores, os consumidores estão preocupados em consumir produtos que lhe tragam resultados, estão mais distantes de consumo por ostentação. O crescimento da população mais velha vai mudar a forma com que usamos o espaço, tem-se forte tendência em cuidar melhor do meio ambiente (MINTEL, 2021).

Toda essa mudança no cenário de consumo é algo positivo, pensando na saúde da população, mas ainda assim cresce o número de pessoas acometidas com algum tipo de

doença crônica não transmissível, tais como, a obesidade e o diabetes mellitus Tipo 2, que são as mais impactantes, sendo geralmente associadas a uma má alimentação (BRASIL, 2017). Segundo dados da ABESO - Associação Brasileira para Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica, a obesidade é um dos maiores problemas de saúde mundial, e em 2025, estima-se que 2,3 bilhões de adultos estejam com sobrepeso e 700 milhões, obesos. Para 2030 o estimado é que o Brasil ocupe o quinto lugar no ranking mundial com maior número de crianças e adolescente obesos no mundo (ABESO, 2018; ABESO, 2021). Segundo a última Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) de 2019, realizada pelo IBGE em parceria com o Ministério da Saúde, a população com obesidade mais do que dobrou em 17 anos, saindo de 12,2% entre 2002 e 2003, para 26,8% em 2019. Já com relação ao excesso de peso, considerando o mesmo período, o número foi de 43,3 para 61,7% (IBGE, 2021).

O diabetes mellitus está relacionado com a irregularidade dos níveis de glicose no sangue, devido a algum problema no pâncreas, e consequente defasagem no hormônio insulina. Em 2019, segundo dados da Federação Internacional de Diabetes, o mundo contava com 463 milhões de pessoas diabéticas, em 2030 esse número deverá chegar em 578 milhões e 700 milhões em 2045. A prevalência da doença ocorre entre pessoas de 60 a 69 anos, o previsto para 2019 era que 4,2 milhões de adultos morressem com diabetes, o que significa uma morte a cada 8 segundos (CHAIR, 2019).

Apesar de o diabetes mellitus requerer, em alguns casos, o uso de medicamentos, uma alimentação balanceada, em conjunto com a realização de exercícios físicos frequentes, são práticas fundamentais para contribuir no tratamento dessa doença. A inserção de alimentos funcionais e o uso de substâncias fitoterápicas na dieta também vêm se mostrando alternativas cada vez mais adotadas pela população (CHAIR, 2019).

Um alimento funcional é aquele que oferece benefícios reais à saúde, além de suas funções nutricionais básicas. Segundo a Resolução Nº 18, de 30 de abril de 1999, para alegar propriedade funcional a um alimento é necessário que o nutriente ou não nutriente presente desempenhe papel metabólico ou fisiológico no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano (BRASIL, 1999). Já os produtos fitoterápicos tradicionais, de acordo com a Resolução 26 de 13 de maio de 2014, são aqueles obtidos com o emprego exclusivo de matérias-primas vegetais, com segurança e eficácia comprovadas, e que possam ser utilizados sem a vigilância de um médico para fins de diagnóstico, de prescrição ou monitorização (BRASIL, 2014).

As fibras são exemplos de polissacarídeos com efeito funcional, uma vez que, quando ingeridas regularmente, melhoram os níveis de lipídeos séricos, reduzem o nível de pressão arterial, melhoram o controle da glicemia em pacientes com diabetes mellitus, auxiliam na redução do peso corporal e ainda atuam beneficamente no sistema imunológico, sobretudo,

devido ao impacto que causam na velocidade do trânsito intestinal (BERNAUD e RODRIGUES, 2013).

Com relação aos compostos fitoterápicos, existe no mercado uma grande diversidade de produtos disponíveis em cápsulas com o objetivo de redução de peso. A maior parte deles contém compostos que atuam no organismo como moderadores de apetite ou aceleradores de metabolismo, de modo a possibilitar a redução da ingestão alimentar e diminuição dos níveis de colesterol sérico, desempenhando ainda ação antioxidante, diurética e lipolítica (OLIVEIRA, TEIXEIRA, et al., 2017). Um exemplo é a sinefrina, componente presente em diversas espécies de Citrus, como a *Citrus aurantium L*, conhecida como laranjeira amarga, laranjeira de Sevilla ou laranjeira azeda (OLIVEIRA e CORDEIRO, 2013; OLIVEIRA, TEIXEIRA, et al., 2017). As folhas e a casca desse fruto possuem até 10% de sinefrina, com as características fitoterápicas supracitadas. Sendo que o aumento da lipólise ocorre por meio da termogênese, uma vez que o composto possui característica adrenérgica (COLKER, KAIMAN, et al., 1999; OLIVEIRA, TEIXEIRA, et al., 2017).

Outro composto fitoterápico que também auxilia na redução de peso é a faseolamina, a qual inibe a atividade da alfa-amilase, reduzindo a biodisponibilidade intestinal dos carboidratos. Esse composto pode ser encontrado no *Phaseolus vulgaris*, comumente conhecido como feijão branco. Além da faseolamina, o feijão branco também conta com ácidos aminados, ácido alantóico, fitohemaglutinina e faseolamina, os quais fornecem propriedade diurética, favorecendo o emagrecimento (OLIVEIRA e CORDEIRO, 2013).

Com base nessas informações, constata-se que a indústria de alimentos tem pela frente uma grande oportunidade e um desafio para desenvolver produtos com apelo saudável e com boa aceitabilidade para a população.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo principal

Desenvolver e avaliar a viabilidade tecnológica, em escala piloto, de formulações de chocolate sem adição de açúcar, contendo em sua composição ingredientes com propriedades fitoterápicas e funcionais, associadas com mecanismos de redução de peso.

2.2. Objetivos específicos

- Estudar compostos fitoterápicos já aprovados pela ANVISA, com atuação benéfica comprovada na redução de peso, e que possam ser aplicados em chocolates:
- Combinar compostos funcionais que também possam ser aplicados em chocolates e que atuem em sinergismo com o (s) fitoterápico (s) escolhido (s);
- Desenvolver formulações de chocolates aplicando diferentes concentrações de fibras, solúveis e insolúveis, emulsificantes e tempos de processo, visando otimização das características reológicas;
- Comparar os produtos desenvolvidos quanto às propriedades físico-químicas, reológicas e sensoriais;
- Realizar teste de digestão in vitro do chocolate padrão (sem adição de fibras e fitoterápico) e das formulações finais (com adição de fibras e fitoterápicos), visando analisar a quantidade de carboidratos e lipídeos presentes no resíduo da digestão, a fim de verificar a influência que produtos adicionados destes compostos tem no processo digestivo.
- Obter informações junto aos órgãos regulatórios visando estabelecer um plano para a realização, futura, de testes clínicos, com a finalidade de verificar a ação dos compostos aplicados no chocolate.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Doenças crônicas não transmissíveis (DCNT's)

As doenças crônicas não transmissíveis têm grande responsabilidade sobre os óbitos ocorridos no mundo, sendo que quatro delas são consideradas como as principais:

cardiovasculares, canceres, diabetes mellitus e doenças respiratórias crônicas. Embora a obesidade não faça parte deste ranking ela representa forte fator de risco para o desencadeamento dos problemas supracitados, assim como o tabagismo, atividade física insuficiente e alimentação não saudável (DUNCAN, CHOR, et al., 2012; ABESO, 2018).

Esse conjunto de doenças é um problema de magnitude mundial, e impacta diretamente na redução da qualidade de vida da população, além de serem responsáveis por 70% dos óbitos no mundo a cada ano, o que corresponde a cerca de 38 milhões de pessoas, e a nível Brasil, perfaz 75% das mortes ocorridas no país (SUPLICI, SOUZA, *et al.*, 2021).

A obesidade é uma doença caracterizada pelo acúmulo excessivo de gordura no corpo, gerado pelo consumo elevado de alimentos e falta de atividade física. No Brasil, em 2018, a região que possuía maior percentual de crianças entre 5 e 9 anos com excesso de peso era a região sudeste (38,8%), seguida da região sul (35,9%), região centro oeste (35,15%), região nordeste (28,15%) e região norte (25,65%). Já com relação a população adulta, a região sul liderava o ranking, com 56,08%, seguida da região sudeste com 50,4%, centro oeste, com 48,3%, nordeste, com 44,45% e norte com 47,42% (ABESO, 2018). Na última PNS realizada, em 2019, dentro do grupo de pessoas com 18 anos ou mais, 60,3% estavam com excesso de peso, sendo que desse total, 25,9% já eram consideradas como obesas (IBGE, 2021). Fazendo uma análise mais detalhada, de pessoas na faixa etária entre 18 e 24 anos, 33,7% estavam com sobrepeso, número esse que sobe para 70,3%, quando a idade observada vai de 40 a 59 anos. Excluindo a faixa etária entre 25 e 39 anos, as mulheres demonstraram maior prevalência para o excesso de peso do que os homens, sendo 62,6% para mulheres contra 57,5% para os homens, com relação ao sobrepeso, e deste número, tinha-se 29,5% contra 21,8%, com relação a obesidade (IBGE, 2021).

O diabetes mellitus corresponde a um grupo de doenças crônicas metabólicas, responsáveis por promover a hiperglicemia, ou seja, aumento da glicose no sangue, em função de problemas relacionados com a produção e/ou ação da insulina, que é um hormônio produzido no pâncreas, pelas células betas, e tem como responsabilidade converter o açúcar ingerido em energia (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2005; SBD SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2021).

Na minoria dos casos, o sistema imunológico ataca as células betas impedindo a total produção da insulina, fazendo com que os níveis de glicose aumentem, devido a impossibilidade de o organismo metabolizar esse composto (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2005; SBD SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2021). Quando isso acontece tem-se o Diabetes Mellitus Tipo 1, que resulta em indivíduos insulino dependentes, uma vez que pessoas dentro desse grupo precisarão injetar o hormônio diariamente. A quantidade de pessoas com diabetes tipo 1, perfaz uma média de 10% do total de indivíduos acometidos com essa doença, e apesar de não existir uma idade específica para

que o problema ocorra, geralmente o desenvolvimento da doença é mais frequente em crianças e em adultos mais jovens. Não se tem resultados tão precisos quanto aos fatores que levam ao desenvolvimento desse tipo de diabetes, mas a presença de pessoas com diabetes tipo 1 na família é algo que eleva essa possibilidade, assim como fatores ambientas e exposição a algumas doenças virais (IDF, 2019).

No diabetes Tipo 2, o organismo não consegue usar adequadamente a insulina produzida ou essa quantidade não é suficiente para controlar as taxas de glicemia no sangue. Dependendo da gravidade, esse tipo de diabetes pode ser controlado com atividade física e planejamento alimentar, em outros casos, é necessário a ingestão de insulina via oral para fazer o controle (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2005; SBD SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2021). Presença de pessoas diabéticas na família, sobrepeso, alimentação inadequada, falta de atividade física, aumento da faixa etária, hipertensão e histórico de diabetes gestacional são fatores que contribuem para o desenvolvimento de diabetes Tipo 2 (IDF, 2019).

Segundo dados da Federação Internacional de Diabetes (IFD), em 2019, 1 a cada 11 pessoas no mundo vivia com diabetes. O Brasil, nesse mesmo ano, ocupava a terceira colocação nos rankings dos países com maior número de crianças e jovens (0 a 14 anos) diabéticos por ano. Com relação aos adultos (20 – 79 anos) com tolerância a glicose prejudicada, o Brasil ficou em quinto lugar (IDF, 2019).

O descuido com essa doença pode levar a sérias complicações, uma vez que quando os níveis de glicose no sangue permanecem elevados, aumentam-se as chances de ocorrência de doenças que afetam o coração, vasos sanguíneos, olhos, rins, nervos e dentes, incluindo aqui as possibilidades de desenvolvimento de infecções (IDF, 2019).

3.2. História do Chocolate

Durante um longo período, antes mesmo da chegada dos Europeus no México, já era comum o cultivo dos cacaueiros nessa região pelo povo asteca. Os frutos colhidos eram amplamente utilizados na elaboração de uma bebida, conhecida como "chocolatl", a qual tinha perfil altamente calórico, era considerada afrodisíaca e sua obtenção resultava da mistura da amêndoa do cacau torrada e moída, adicionada de água quente, especiarias e mel, submetida a agitação para aumento da consistência e incorporação de espuma (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999; GRIVETTI e SHAPIRO, 2009).

Já em 1828, Van Houten desenvolveu uma prensa que era capaz de extrair parte da manteiga de cacau, obtendo assim o líquor na forma de um pó fino com um percentual de gordura de aproximadamente 23%, o que possibilitava a produção de uma bebida menos gordurosa e de fácil preparo. A manteiga de cacau, por sua vez, trouxe a versatilidade de

produção do chocolate líquido, aplicado, a princípio, em produtos de confeitaria, mas que em 1840, foi transformado em barra, primeiramente por Fry e na sequência por Cadburry (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999; GRIVETTI e SHAPIRO, 2009).

Em 1876, Daniel Peters, ficou conhecido por desenvolver, de primeira mão, o chocolate ao leite, através da mistura dos nibs de cacau moídos com açúcar e leite em pó. A partir desse momento o chocolate tornou-se cada vez mais conhecido e seu processo passou por diversas evoluções, como a invenção da concha que aconteceu em 1879, por Rudolf Lindt. Rudolf, durante a produção do seu chocolate, obtinha, no processo produtivo, um produto altamente viscoso, que quando era depositado nos moldes, apresentava uma coloração esbranquiçada, devido a migração de gordura para a superfície (fat bloom). Com a ajuda de seu irmão, August, perceberam que isso acontecia devido ao percentual de água que estava presente no chocolate, desta forma, promover o aquecimento dos rolos de moagem, assim como aumentar o tempo de mistura sob aquecimento, seria uma possibilidade para solução do problema. Com base nisso desenvolveram um equipamento, que tinha aparência de concha e por isso recebeu esse nome. Durante os experimentos, nesse novo equipamento, Rudolf e August adicionaram uma quantidade maior de manteiga de cacau ao chocolate para melhorar sua viscosidade e, além disso, o produto ficou sob o processo de mistura por três dias, o que resultou em um chocolate com qualidade totalmente diferente. Não se sabe exatamente o porquê dos três dias, mas a história contada é que Lindt esqueceu o equipamento ligado acidentalmente durante o final de semana. O chocolate obtido era totalmente inovador e diferente do que se tinha no mercado na época, e o processo foi mantido em segredo por um longo período até a venda de sua empresa. A tecnologia de fabricação do chocolate ainda continuou sendo estudada e novos equipamentos para o processamento do cacau e obtenção do liquor foram melhorados (GRIVETTI e SHAPIRO, 2009).

3.3. Ingredientes

De acordo com a cultura e legislação do país a composição e definição para chocolate sofre variações, no Brasil, segundo a RDC 264, de 22 de setembro de 2005, o chocolate é definido como um produto obtido a partir da mistura de ingredientes, dos quais, pelo menos 25% precisa compreender os derivados do cacau (*Theobroma cacao* L.): massa (ou pasta ou liquor) de cacau, cacau em pó e/ou manteiga de cacau. Quando a questão é chocolate branco, esse percentual cai para 20%, valor este que estará traduzido em manteiga de cacau basicamente. Em ambos os casos, o produto pode apresentar recheio, cobertura, formato e consistência variados (BRASIL, 2005).

Além dos derivados do cacau (liquor e manteiga de cacau), também são utilizados na formulação de chocolates regulares açúcar, leite em pó, emulsificantes e aromatizantes, onde cada ingrediente possui função específica (BECKETT, 1994).

3.3.1. Matérias – Primas Derivadas do Cacau

O cacau é a matéria-prima principal utilizada na produção de chocolate, uma vez que, é através dele que se dá origem aos sólidos do cacau, os quais tem percentual obrigatório mínimo a ser seguido para que o produto receba tal denominação. Esse fruto é proveniente do cacaueiro, árvore que atinge de 4 a 12 metros de altura. Três variações de cacau classificam esse fruto, e dependendo de qual é usado características diferentes são fornecidas ao chocolate (BECKETT, 1994).

O cacau "Criollo" fornece um produto de coloração mais clara e sabor agradável, o chocolate obtido dessa variedade é considerado de qualidade superior, contudo não é uma árvore tão difundida, além de ser mais susceptível a doenças (BECKETT, 1994). O cacau Forasteiro, por sua vez, corresponde a cerca de 95% de todo o plantio mundial e, em relação ao Criollo, a coloração fornecida ao produto é mais escura (BECKETT, 1994). A terceira variação trata-se do cacau "Trinitário", híbrido entre "Forasteiro" e Criollo", que fornece grãos de coloração clara, mas que em contrapartida, possui notas aromáticas mais completas, o que faz dele um produto classificado como de altíssima qualidade (BECKETT, 1994).

Após a colheita dos frutos, quebra e remoção das sementes, o cacau é submetido a um tratamento prévio composto pelas etapas de preparo dos grãos, seguido da fermentação e da secagem, o que dá origem às amêndoas, matéria-prima essa que será processada na sequência e dará origem ao liquor de cacau (BECKETT, 1994).

A etapa de colheita é feita de maneira manual, os frutos são apanhados das árvores um a um. Na parte mais baixa é possível que a operação seja feita usando apenas a mão para segurá-lo e algum artefato cortante para retirá-lo da árvore, contudo nas áreas mais elevadas, é preciso utilizar de um aparato que conta com uma faca especial na ponta para promover o corte da parte que o une a árvore, chamado podão. Na sua forma correta, o fruto é aberto, por meio de um corte transversal, que facilita a remoção das sementes, envolvidas por uma polpa mucilaginosa, parcialmente removida, e seguem para a fermentação (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999).

Para possibilitar a fermentação, os grãos não devem ser limpos e nem secos. Diferentes métodos podem ser usados nessa operação e, isso depende, na maioria das vezes do tamanho do produtor e do volume de processamento. Alguns produtores menores fazem de maneira amontoada cobrindo o material com folhas de bananeira, outros usam cestos, e os

maiores volumes são realizados em caixas de fermentação. Mas de maneira geral, em todos eles, ocorre o empilhamento dos grãos, o que leva ao desenvolvimento de microrganismos que serão precursores do processo (BECKETT, 1994). O principal objetivo da fermentação é a formação de aminoácidos e açúcares redutores, precursores de sabor, formados pela hidrólise de proteínas e açúcares, respectivamente, presentes tanto na polpa como nas sementes do cacau. A fermentação, dura em média, cinco a seis dias, e pode variar de acordo com a origem do cacau, o "Forasteiro", por exemplo, exige um tempo de fermentação maior do que o "Criollo" (MINIFIE, 1999). A fermentação é dividida em duas fases, a primeira é a anaeróbica, e tem início quando as leveduras ali presentes convertem o açúcar da polpa em etanol, este vai de 11 para 2% em um período de aproximadamente dois dias (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999). Depois disso, rapidamente as bactérias começam a se desenvolver e oxidar primeiramente o etanol em ácido acético, o qual, por sua vez, é convertido dióxido de carbono e áqua e, com essa reação exotérmica, elevando da temperatura da mistura até 40°C (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999) . O desenvolvimento de microrganismos vai aumentando e as reações anteriores ocorrem em uma escala maior, associadas à produção de ácido lático e elevação ainda mais da temperatura, a qual é mantida entre 45 a 50°C (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999). Nessa fase o material é revolvido para promover a aeração e proporcionar uma fermentação mais uniforme (BECKETT, 1994). Fermentações que excedem os 6 dias podem apresentar problemas em função da prevalência de microrganismos deteriorantes (MINIFIE, 1999). A fermentação proporcionará aos grãos diversas alterações benéficas e desejadas e, é somente com a sua conclusão que se tem a chamada amêndoa de cacau, que nesse momento apresenta uma coloração marrom escura, a qual anteriormente, era em tons de branco e roseado, dependendo do tipo de cacau. Alterações na acidez, redução da adstringência e desenvolvimento de odores específicos, são características que aparecem com o fim da fermentação (MARTINS, SANTOS, et al., 2011).

Na sequência da fermentação as amêndoas precisam ter o seu teor de umidade reduzido de aproximadamente 60% para teores entre 7 e 8% (MARTINS, SANTOS, *et al.*, 2011). Para tanto, pode se prover de uma secagem natural ou artificial (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999; MARTINS, SANTOS, *et al.*, 2011). A secagem natural é feita expondo o produto ao ambiente, diretamente em terreiros, barcaças e estufas transparentes fechadas, recebendo luz solar direta, onde regularmente o material é revolvido, manualmente para que o processo aconteça de maneira uniforme (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999; MARTINS, SANTOS, *et al.*, 2011). Em ocorrência de chuvas ou no período noturno essas amêndoas precisam ser protegidas, motivo pelo qual o uso de barcaças e estufas são mais indicadas (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999; MARTINS, SANTOS, *et al.*, 2011). Diversos autores colocam a secagem natural como o melhor processo para promover a secagem de

amêndoas de cacau, sobretudo pela remoção lenta da umidade e manutenção das características originais do fruto, contudo algumas regiões apresentam-se extremamente úmidas ou com grande ocorrência de chuvas, ou ainda, pode ocorrer, que a época de colheita não coincida com a estação ideal para expor o produto ao ambiente, o que implica na necessidade de aplicar a secagem artificial (MINIFIE, 1999; MARTINS, SANTOS, *et al.*, 2011). Na secagem artificial diversos equipamentos podem ser utilizados para redução da umidade, e o que muda em relação a secagem natural é que a fonte de calor não é natural. Nesses casos, é necessário manter o secador com temperatura de no máximo 50°C, secagens muito rápidas não são desejadas, uma vez que diminuem drasticamente o volume e a massa das amêndoas e contribui para a sua fragmentação, com consequente formação de finos e posterior arraste no processo de limpeza (MARTINS, SANTOS, *et al.*, 2011).

3.3.1.1. Liquor de Cacau

Com as amêndoas já secas, as próximas etapas do processo - limpeza, torrefação, separação, moagem e, em alguns casos, pré-tratamento térmico – tem como resultado a obtenção do liquor de cacau. A ordem das etapas vai depender, sobretudo, do método de torração empregado, que pode ser realizado nas amêndoas inteiras, nos *nibs* (amêndoas quebradas em pedaços) ou diretamente no líquor de cacau (após o refino da massa) (COOK, 1972; BECKETT, 1994).

A limpeza compreende a utilização de peneiras, sistemas de ventilação, aspiração magnética, onde serão removidos os fragmentos não desejados, como pedras, madeira, areia, objetos metálicos e material fibroso, que são incorporados às amêndoas geralmente durante as etapas de colheita, fermentação e secagem (BECKETT, 1994).

Dependendo do processo, a próxima etapa compreende um pré-tratamento térmico ou a torrefação. O pré-tratamento térmico é aplicado no caso em que a amêndoa será submetida ao processo de quebra e separação antes de ser torrada, onde o calor promove a redução de tamanho e volume das amêndoas, facilitando o desprendimento e separação da casca do cotilédone (COOK, 1972).

Na etapa de torrefação ou torração, ocorre a elevação da temperatura e como consequência o desencadeamento de diversas reações que levam a perda de umidade, escurecimento, degradação de aminoácidos, desnaturação de proteínas, destruição quase que completa de açúcares redutores e diminuição de amargor e acidez, em função da perda de ácidos voláteis (MINIFIE, 1999). Esse processo é crucial, pois desenvolve de maneira ainda mais determinante as características sensoriais do liquor de cacau, e, quando realizado de forma ineficiente, processos subsequentes não são capazes de corrigir a qualidade final do produto (COOK, 1972; BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999).

A separação também é uma etapa que pode mudar a ordem de ocorrência dependendo do método de processamento escolhido, mas de maneira resumida, ela é responsável por separar o gérmen e as cascas dos cotilédones através de moinhos, ventiladores, insuflamento de ar e peneira (COOK, 1972).

Por último, considerando as etapas obrigatórias, existe o processo de moagem, quando o *nibs* são submetidos ao refino através de uma sequência de moinhos, tendo início, normalmente, em moinhos de martelos, seguidos de moinhos de discos, esferas ou cilindro, podendo variar conforme tecnologia utilizada em cada empresa (BECKETT, 1994). Depois de refinado, o liquor pode seguir dois caminhos destinos: utilização direta na produção de chocolate ou como matéria-prima para produção de manteiga e cacau, passando por etapas de prensagem, onde se obtém também o cacau em pó. É comum a realização de uma etapa intermediária, denominada de alcalinização, mais empregada nos *nibs* e no pó de cacau, podendo ainda ser no líquor, por meio do tratamento com álcalis diversos, o que resulta em um produto mais escuro e sabor mais suave, ou menos adstringente, devido a neutralização de ácidos formados durante a fermentação dos grãos (BECKETT, 1994).

3.3.1.2. Manteiga de Cacau

A manteiga de cacau constitui um dos ingredientes mais importantes do chocolate, pode perfazer até mais de 33% da formulação, e fornece características exclusivas, como propriedades de dureza, rápida dissolução do produto na boca, ausência de residual gorduroso e brilho. No processamento, esse ingrediente é responsável pela contração do chocolate depois de cristalizado, além de influenciar nas propriedades de viscosidade e limite de escoamento, assim como, nas características de estabilidade durante e após a fabricação do chocolate (COHEN, LUCCAS e JACKIX, 2004; RICHTER e LANNES, 2007).

A obtenção da manteiga de cacau pode dar-se através de diferentes métodos: prensagem mecânica ou hidráulica, prensa contínua tipo ou "expeller" ou prensa parafuso e extração por fluído super crítico (SFE) (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999; NAIK e KUMAR, 2014; VENTER, SCHOUTEN, et al., 2007; TENG-JU, SELMAT, et al., 2008). A técnica de prensagem mecânica ou hidráulica é amplamente utilizada e os produtos obtidos apresentam alta qualidade. A matéria-prima utilizada aqui é o liquor ou também conhecida como massa de cacau. Após a operação de prensagem hidráulica, a manteiga de cacau passa por etapas de filtração e desodorização, visando melhorias e padronização na cor e sabor, respectivamente (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999). Já no método de prensa contínua, a manteiga é obtida partindo-se da amêndoa do cacau, a qual é normalmente cozida para facilitar a extração, e obrigatoriamente passa por mais etapas de refino. Nesse tipo de extração, o produto obtido pode apresentar odor mais suave e floral dependendo do

cacau, mas a qualidade no geral é inferior, tendo em vista que as amêndoas utilizadas são aquelas que ocasionalmente estão fora do padrão habitual (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999). O método SFE vem como uma alternativa para obtenção de manteiga de cacau mais segura, do ponto de vista de contaminação física, química ou microbiológica, além de objetivar uma extração mais eficiente. Esse método oferece vantagens por ser considerado rápido, não tóxico, livre de contaminante, termicamente estável e, é capaz de prevenir a oxidação, tendo em vista que é livre de oxigênio. Cabe ressaltar, no entanto, que esse método ainda é considerado caro industrialmente, sendo empregado, geralmente, para extração de matérias-primas de alto valor agregado (TENG-JU, SELMAT, *et al.*, 2008).

Uma das características mais importantes da manteiga de cacau é seu perfil lipídico, responsável pelas suas propriedades diferenciadas tanto do aspecto físico-químico, quanto do nutricional e sensorial (MINIFIE, 1999). Conforme apresenta a Tabela 01 a manteiga de cacau possui uma diversidade grande de ácidos graxos, parte deles são saturados, tendo como principais o palmítico (C16:0) e o esteárico (C18:0), e parte insaturados, onde o oléico (C18:1) aparece em maior proporção. A conformação que esses ácidos se encontram – ácido oleico praticamente todo esterificado na posição 2 ou posição central da molécula de glicerol e ácidos saturados nas posições 1 e 3 – faz com que manteiga de cacau apresente 3 principais tipos de triacilgliceróis (TAG) simétricos: POS (1-Palmito-2-óleo-3-estearo triacilglicerol), SOS (1,3-Diestearo-2-óleo triacilglicerol) e POP (1,3-Dipalmito-2-óleo triacilglicerol), que juntos perfazem mais de 70% da composição geral ou, em relação aos triacilgliceróis monoinsaturados, correspondem a 90% destes (MINIFIE, 1999; COHEN, LUCCAS e JACKIX, 2004; GUNSTONE, 2011; NAIK e KUMAR, 2014).

Tabela 1: Perfil de ácidos graxos e triacilglicerídios na manteiga de cacau

Tipo do Ácido Graxo	% do Ácido Graxo
Ácido Graxo Saturado	57 – 54
Ácido Palmítico (C16:0)	24,5 – 33,7
Ácido Esteárico (C18:0)	33,7 - 40,2
Ácido Mirístico (C14:0)	0 – 4
Ácido Araquídico (C20:0)	0 – 1
Ácido graxo insaturado	36 – 43
Ácido Oleico (18:1)	26,3 – 35
Ácido Palmitoléico (16:1)	0 – 4
Ácido Linoleico (18:2)	1,7 – 3
α Ácido Linoleico	0 – 1
Outros	1,6
Triacilgliceróis Simétricos	<u>></u> 70%
1-Palmito-2-óleo-3-estearo triacilglicerol (POS)	42,2
1,3-Diestearo-2-óleo triacilglicerol (SOS)	24,2
1,3-Dipalmito-2-óleo triacilglicerol (POP)	21,8

Fonte: Gunstone, 2011

Devido à especificidade dos triacilgliceróis, sobretudo da alta simetria, a manteiga de cacau tem a capacidade de cristalizar-se em uma alta ordem estrutural (polimórfica), que resulta na capacidade de encolher durante a etapa de resfriamento, possibilitando a retirada do produto dos moldes, assim como fornece ao chocolate a dureza característica e o brilho. Além disso, sua composição gordurosa também confere a ela uma curva de fusão bem acentuada, o que permite o derretimento rápido do chocolate quando em contato com a boca, liberando sabor enquanto é consumido, com uma textura suave (COHEN, LUCCAS e JACKIX, 2004; MANLEY, 2020).

O polimorfismo é o responsável pela possibilidade de a manteiga de cacau ser cristalizada em diferentes formas cristalinas e configurações (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999). E a definição de qual configuração ela irá assumir está diretamente relacionada com a forma que a fase gordurosa líquida será solidificada (COOK, 1972; BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999). De todas as possibilidades de configurações existentes, quatro delas merecem destaque: γ (gama), α (alfa), β (beta linha ou beta prima) e β (beta) (MINIFIE, 1999). Essas nomenclaturas podem sofrer variações de autor para autor, o que está muito vinculado também com a aplicação para qual se destinará o produto, por exemplo, γ

também é conhecida como Forma I ou β_2 ', α como Forma II, β ' como Forma IV ou β_1 ' e β como forma V ou β_2 (BECKETT, 1994).

A solidificação da manteiga acontece quando o chocolate é submetido ao resfriamento. Quando esse processo é desenvolvido de maneira rápida, de modo que ela se funda novamente em torno de 17°C, a tendência é a formação de cristais γ, agora se o processo ocorrer da mesma maneira, mas com a temperatura de derretimento do produto entre 21 e 24°C, o cristal formado será o α. Quando o cristal y é formado, a sua forma é tão instável, que rapidamente ele passa para a conformação α. Com processos de cristalização ocorrendo de forma mais lenta, com fusão entre as temperaturas de 27 e 29°C, têm-se a formação de cristais β' e, por último, com temperatura de derretimento entre 34 e 35°C, há ocorrência de cristais β. A estabilidade de cada configuração ocorre na seguinte ordem: γ → $\alpha \to \beta' \to \beta$, sendo y a menos estável e a β a mais estável (COOK, 1972; MINIFIE, 1999). Para o chocolate o desejado é que durante o processo de cristalização o empacotamento molecular do cristal seja na forma β (COOK, 1972; MINIFIE, 1999). Depois de atingido o estado sólido os cristais ainda passarão da forma β para a configuração VI, isso ocorre dentro do período de armazenamento e a transição pode demorar até 4 meses (BECKETT, 1994). Essa capacidade polimórfica está relacionada com a distância entre as cadeias de glicerídeos e do ângulo de inclinação relativo ao plano em que o grupo metil está na cadeia (BECKETT, 1994).

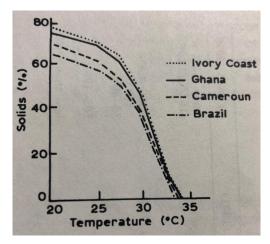
É importante salientar que a composição da manteiga de cacau pode variar muito em função da região de plantio do cacau. Com a alteração da composição lipídica do produto, tanto o ponto de fusão, como o processo de cristalização podem sofrer alterações, já que o polimorfismo está interligado com a sua composição lipídica. A Tabela 2 apresenta a composição de triacilgliceróis da manteiga de cacau obtidas de diferentes áreas de cultivo, em associação a isso, a Figura 1 mostra a curva de sólidos das manteigas de cacau. Como pode ser observado, ao nível que o percentual de triacilgliceróis monoinsaturados presentes é alterado, o perfil da curva também é modificado, quanto maior é a fração lipídica, mais alta e acentuada é a curva, e maior a temperatura de fusão, sendo que o inverso também é verdadeiro (MINIFIE, 1999).

Tabela 2: Composição de triacilgliceróis da manteiga de cacau de diferentes regiões de cultivo

Origem do	Fração (%)			
Grão	Trissaturado	Monoinsaturado	Diinsaturado	Polinsaturado
Gana	1,4	77,2	15,3	6,1
Costa do Marfim	1,6	77,7	16,3	4,4

Camarão	1,3	75,7	18,1	4,9
Brasil	1,0	64,2	26,8	8,0

Fonte: MINIFIE, 1999.



- Solids (%) = Sólidos (%)
- Temperature (°C) = Temperatura (°C)
- Ivory Coast = Costa do Marfim
- Ghana = Gana
- Brazil = Brasil

Figura 1: Curva de sólidos de diferentes tipos de manteiga de cacau

Fonte: MINIFIE, 1999.

3.3.2. Açúcar e seus substitutos

O açúcar é um importante ingrediente para a industrialização do chocolate, além de fornecer o sabor doce ao produto ele atua como um agente de corpo. Existem diversos tipos de açúcares, mas regularmente utiliza-se a sacarose na forma granular e, em função da dimensão de suas partículas, antes de ser adicionado à formulação, ele passa por uma etapa de moagem, separadamente dos outros ingredientes. O uso opcional de açúcar cristal em chocolates exige um pré-refino da massa junto com os demais ingredientes, em prérefinadeiras de cilindros, ou diretamente em moinhos de esferas. O uso da sacarose, apesar de sua importância e custo reduzido, não é tão vantajosa do ponto de vista nutricional, já que o chocolate não poderá ser consumido por alguns públicos específicos, como os diabéticos. Inclusive novas legislações brasileiras, exigirão, a partir de 2022, que produtos, cujo percentual de açúcares, por exemplo, for superior ou igual a 15% do valor da Ingestão Diária Recomendada), tenham essa informação em destaque na parte frontal da embalagem, tornando, cada vez mais importante a elaboração de produtos com substituição ou redução dos percentuais de açúcares no Brasil (BRASIL, 2020). Como alternativa, muitos polióis estão disponíveis para substituir a sacarose, tais como o maltitol e o eritritol, dois pólios frequentemente utilizados em chocolates e produtos análogos (RICHTER; LANNES, 2007; BECKETT, 1994).

3.3.2.1. Maltitol e Eritritol

O maltitol e o eritritol são classificados como polióis, ou seja, estão dentro dos edulcorantes nutritivos ou também conhecidos como edulcorantes de baixa intensidade, já que atuam como agente de corpo e textura, e fornecem energia, mas precisam ser utilizados em grandes quantidades para fornecer sabor doce. O maltitol é obtido por meio de hidrogenação catalítica da maltose, já o eritritol através da fermentação da glicose, sacarose ou do amido, por leveduras osmofílicas (FADINI e CRUZ, 2014).

Esses ingredientes apresentam características comuns entre eles, como o fato de possuírem baixo valor calórico e serem absorvidos de maneira lenta ou muitas vezes incompleta pelo organismo o que permite o consumo pelo público diabético. Comparativamente o índice glicêmico do maltitol é de 45, já o do eritritol é de 0, contra 68 da sacarose, o que os classifica em: baixo, muito baixo e intermediário, respectivamente. Eles não possuem o mesmo poder de dulçor da sacarose, assim, dependendo do quão doce precise ser o produto onde a aplicação é feita, é necessário a associação de edulcorantes de alta intensidade, como stévia e sucralose, por exemplo (FADINI e CRUZ, 2014).

Uma característica indesejada dos polióis é a capacidade de ocasionar efeito laxativo, quando consumidos acima das quantidades limites recomendados. Esse efeito ocorre em função dos mecanismos de absorção desse composto, ou seja, como a absorção é lenta ou incompleta, é praticamente digerida pela flora microbiana presente no intestino grosso, e isso pode levar a ocorrência de flatulência, e ainda, quando essa flora não tem capacidade de realizar a fermentação completa desses carboidratos pode haver ocorrência de diarreia (FADINI e CRUZ, 2014; RUSKONE´-FOURMESTRAUX, ATTAR, et al., 2002). Cabe ressaltar que o eritritol não apresenta efeito laxativo (FADINI e CRUZ, 2014).

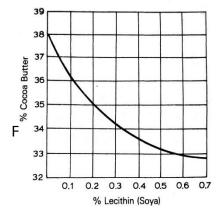
3.3.3. Emulsificantes: Lecitina de Girassol e PGPR

A lecitina, assim como o PGPR (Poliglicerol Poliricinoleato), são emulsificantes amplamente aplicados na produção de chocolates. Essa classe de aditivos, possui na sua estrutura, moléculas polares (hidrofílica) e moléculas apolares (lipofílica), o que reduzem a tensão interfacial entre misturas como água e óleo, permitindo emulsioná-las (STROPPA, 2011; FADINI e CRUZ, 2014).

A lecitina é formada por fosfolipídios, triacilgliceróis, glicolipídios, carboidratos, pigmentos, carotenoides e outros micro compostos, sendo que são os fosfolipídios que dão

a ela essa propriedade de possuir polaridades diferentes. A obtenção de lecitina pode ocorrer de diferentes fontes, tais como: amendoim, algodão, milho, girassol e soja. Em função do avanço do desenvolvimento de produtos com apelos mais saudáveis, a lecitina de soja, que no caso de chocolate, é a que tem o uso mais difundido, tem sido substituída por outras de fontes não alergênicas e não transgênicas, como é o caso da lecitina de girassol (STROPPA, 2011; FADINI e CRUZ, 2014). O PGPR por sua vez é obtido através da síntese da reação do poliglicerol com óleo de mamona, em condições de vácuo (STROPPA, 2011). Esses dois emulsificantes, além de promoverem a melhor homogeneização dos ingredientes, devido as características supracitadas, influenciam diretamente nas propriedades de viscosidade e limite de escoamento do chocolate. Fatores esses imprescindíveis para obtenção de uma performance adequada durante as etapas de temperagem, moldagem e recobrimento (MINIFIE, 1999; STROPPA, 2011; FADINI e CRUZ, 2014).

Como o chocolate conta com diversos sólidos em sua composição, ele se comporta como um fluído Não-Newtoniano, ou seja, a tensão de cisalhamento não é diretamente proporcional a taxa de deformação, dessa forma a viscosidade aparente não é constate durante o processo de escoamento. O quanto o chocolate flui está muito relacionado com a facilidade com que as partículas têm de se moverem umas sobre as outras, isso pode ser melhorado, com o aumento do percentual de manteiga no produto, contudo, isso resulta em um acréscimo no custo do chocolate, uma vez que a manteiga de cacau é um dos ingredientes mais caros da formulação. Assim sendo, uma segunda opção para que essa otimização seja alcançada é a adição de emulsificantes, como a lecitina e o PGPR, pois com isso será reduzida a tensão superficial e, consequente, aumentado a fluidez do produto. A Figura 2 mostra a influência do aumento da concentração de lecitina na proporção de manteiga de cacau em chocolate amargo (MINIFIE, 1999).



- % Lecithin (Soya) Lecitina de Soja
- % Cocoa Butter % de Manteiga de Cacau

Figura 2: Efeito da lecitina no conteúdo de manteiga de cacau de chocolate amargo

A lecitina de soja está ligada mais intensamente com a ação que exerce sobre a viscosidade do produto, enquanto o PGPR exerce maior efeito sobre o limite de escoamento. Contudo um interfere na ação do outro, e não é verdadeiro que o aumento da concentração de emulsificantes é proporcional à diminuição das propriedades reológicas do chocolate, visto que quando certa concentração desses emulsificantes é atingida, o efeito nessas propriedades começa a não sofrer mais alteração, e se o aumento ainda permanecer, pode-se ter efeito contrário (STROPPA, 2011).

3.3.4. Compostos Fitoterápicos

O primeiro relato da utilização de plantas medicinais, ou seja, plantas com propriedade de aliviar ou curar enfermidades, foi datado de 2600 a.C. Contudo, a difusão dessa técnica ocorreu durante o período de colonização, com os Europeus, e cada vez mais é procurada pela população visando o tratamento de alguma patologia. A diversidade de plantas que auxiliam em tratamentos médicos é muita, e quando trata-se da redução de peso, destacam-se plantas inibidoras de lipases e com propriedades termogênicas (OLIVEIRA e CORDEIRO, 2013).

Quando uma planta medicinal é industrializada, tem-se como resultado um medicamento classificado como fitoterápico. O produto deverá apresentar em sua composição as propriedades medicinais da planta em questão, em quantidades do ativo padronizadas para uso seguro, sem riscos de contaminação por microrganismos e substâncias estranhas (FIGUEIREDO, LIMA e COSTA, 2005). Segundo a RDC Nº 66, de 26 de novembro de 2014, fitoterápico é o produto obtido de matéria-prima ativa vegetal, exceto substâncias isoladas, com finalidade profilática, curativa ou paliativa, incluindo medicamento fitoterápico e produto tradicional fitoterápico. Pode ser simples, quando o ativo é proveniente de uma única espécie vegetal medicinal, ou composto, quando o ativo é proveniente de mais de uma espécie vegetal (BRASIL, 2014).

Os fitoterápicos, segundo a ANVISA, podem ser utilizados em farmácias de manipulação, desde que elas tenham autorização da ANVISA para isso. Tem sido comum a parceria entre as áreas farmacêutica e de alimentos, com a finalidade de aplicar esta categoria de composto em produtos alimentícios, consumidos comumente, tal como o chocolate (FIGUEIREDO, LIMA e COSTA, 2005).

É importante salientar que o termo "fitoterápico" não deve ser confundido com os termos "funcional" e "nutracêutico". Um alimento funcional é um produto alimentício capaz de desempenhar funções que vão além da nutrição inerente à sua composição química, as quais estão relacionadas com o desempenho de atividades metabólicas ou fisiológicas referentes ao crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções no organismo.

Os nutracêuticos, por sua vez, são considerados alimentos, ou parte deles, com propriedades medicinais, que permitem prevenir e/ou tratar doenças, podendo abranger nutrientes isolados, suplementos dietéticos, produtos fitoterápicos e alimentos processados. Os funcionais e os nutracêticos podem ter diferentes origens, contudo os fitoterápicos são apenas de origem vegetal. A adição de um fitoterápico (composto ativo isolado) em um alimento deverá ser realizada sob supervisão de um profissional da área médica, e terá como origem um alimento ou um medicamento com funções terapêuticas (PERES, AFRICA, et al., 2000).

3.3.4.1. Carob Active™

A Carob Active[™] é um fitoterápico, cuja marca registrada pertence à empresa Fagron, uma multinacional Holandesa, líder mundial de medicamentos farmacêuticos customizados para hospitais, farmácias, médicos e pacientes. Trata-se de um extrato seco solúvel, obtido a partir da alfarroba, de coloração castanha escuro, apresentado na forma de pó, contendo duas frações dessa planta, da qual no mínimo 30% corresponde à galactomananas, extraídas das sementes, e no mínimo 1% de polifenóis, com maioria na forma de ácido gálico, presentes na fava da alfarroba (FAGRON, 2018).

A Carob Active[™] promove efeito sacioetogênico, reduzindo, dessa forma, o número de refeições diárias, o que reduz a ingestão calórica e, consequentemente, contribui para o emagrecimento. Além disso, reduz o índice glicêmico e possui ação antioxidante devido a presença dos polifenóis. Tais efeitos funcionais estão diretamente ligados às propriedades naturalmente presentes na alfarroba. Segundo a Fagron, para que o composto tenha os efeitos desejáveis, a ingestão diária da Carob Active[™] deve ser de 300 a 1000 mg (FAGRON, 2018).

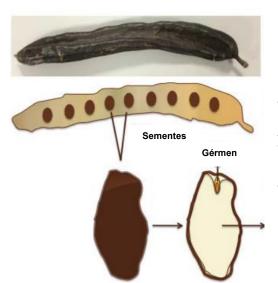
A alfarroba, de nome científico *Ceratonia siliqua L*, pertence à família das Leguminisae (syn. Fabaceae), conhecida também como a família da ervilha. Essa planta teve origem nos países do mediterrâneo, mas foi disseminada pelos antigos gregos para a Grécia e Itália e pelos árabes para a costa e norte da Espanha e Portugal. Sua chegada à Califórnia, Arizona, México, Chile e Argentina é atribuída aos espanhóis, parte da Austrália conheceu a alfarroba através dos ingleses, enquanto os imigrantes mediterrânicos foram os responsáveis por levar o produto à África do Sul e Índia (BATTLE e TOUS, 1997; THEOPHILOU, NEOPHUTOU e KAKAS, 2017)

Devido à sua polpa açucarada, antigamente a alfarroba era intensamente utilizada para alimentação de gado. A planta possui uma vagem cujo tamanho pode variar entre 10 e 30cm, a qual conta com substâncias bioativas, incluindo carboidratos, fibra dietética,

polifenóis e taninos (PAPAGIANNOPOULOS, WOLLSEIFEN, *et al.*, 2014; THEOPHILOU, NEOPHUTOU e KAKAS, 2017).

Conforme apresentando na Figura 3, a vagem da alfarroba é dividida em duas partes principais, as sementes, perfazendo cerca de 10% do fruto, e a polpa, que corresponde ao restante. Na polpa tem-se mais internamente o mesocarpo, o qual separa a semente uma das outras, e mais externamente o pericarpo, localizado próximo à casca. A polpa é composta em grande maioria por açúcares, sendo que o teor total varia de 48 a 50%, dos quais, conforme Tabela 3, tem-se presente em maior concentração a sacarose, seguida pela glicose, frutose e pinitol. Em frutos mais maduros, destaca-se também a presença de taninos condensados, além de polissacarídeos não amiláceos (celulose e hemicelulose) (BATTLE e TOUS, 1997; MAKRIS e KEFALAS, 2014; GOULAS, STYLOS e CHATZIATHANASIADOU, 2016).

A quantidade de minerais presentes na polpa da alfarroba também é uma propriedade que deve ser destacada. De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, verifica-se que a fruta possui grande reserva de potássio e de cálcio (GOULAS et al, 2016; BATTLE; TOUS, 1997).



Fruto da Alfarroba: vagens de coloração marrom, de 10 a 30 centímetros de comprimento.

A polpa da alfarroba contém substâncias bioativas, tais como fibras e polifenóis. Aplicação na indústria alimentícia, cosmética e têxtil.

As sementes de alfarroba são processadas para a produção da goma ou farinha de alfarroba em pó comercial, que pode ser utilizada como agente espessante ou estabilizante na tecnologia de alimentos.

Figura 3: Diferentes partes da alfarroba e seu uso comercial

Fonte: Adaptado de GOULAS et al, 2016

Tabela 3: Composição média da polpa da alfarroba

Composto	Concentração (%)	Composto	g/100 g de polpa
Açúcares Totais	48 – 56	Potássio	1100
Sacarose	32 – 38	Cálcio	307
Glicose	5 – 6	Magnésio	42

Frutose	5 – 7	Sódio	13
Pinitol	5 – 7	Cobre	0,23
Taninos Condensados	18 – 20	Ferro	104
Cinzas	2 – 3	Magnésio	0,4
Gorduras	0,2-0,6	Zinco	0,59

Fonte: Battle e Tous, 1997

Com relação às sementes da alfarroba, de 30 a 33% do seu peso corresponde a casca, de 42 a 46% de endosperma e de 23 a 25% de gérmen ou embrião (GOULAS, STYLOS e CHATZIATHANASIADOU, 2016). A casca é rica em compostos antioxidantes e o embrião conta com uma elevada concentração de proteínas (Tabela 4). Destes componentes, o de maior interesse tanto para a indústria farmacêutica quanto para a indústria alimentícia é o endosperma por originar a goma ou farinha de alfarroba comercial, também conhecida como – LBG - "Locust Bean Gum" ou CBG – "Carob Bean Gum", a qual pode perfazer até 85% do endosperma. A LBG é classificada como um polissacarídeo de alto peso molecular, composto quimicamente por galactomananas, sendo que esta é formada por unidades de manose e galactose, na proporção de 4:1 (BATTLE e TOUS, 1997; THEOPHILOU, NEOPHUTOU e KAKAS, 2017). Esta goma apresenta funcionalidades de interesse na indústria de alimentos como propriedades espessantes e estabilizantes, além de outras aplicações importantes na indústria farmacêutica devido às suas propriedades ligadas a inibição de doenças gastrointestinais (GOULAS, STYLOS e CHATZIATHANASIADOU, 2016).

Tabela 4: Composição do gérmen de alfarroba

Composto	Concentração (%)
Água	7,0
Lipídeos	8,0
Cinza	6,0
Proteína (bruta)	52,0
Hidratos de Carbono	27,0

Fonte: Goulas, Stylos e Chatziathanasiadou, 2016

O processo de obtenção da goma ou farinha da alfarroba comercial é iniciado com a quebra da casca da semente e peneiragem, para isolamento do endosperma, seguidos pela moagem. Tratamentos enzimáticos ou alcalinos são aplicados para eliminação de impurezas (conteúdo proteico e cinzas), tendo como resultado o composto purificado (DIONISIO e GRENHA, 2012; GOULAS, STYLOS e CHATZIATHANASIADOU, 2016).

Devido a composição da alfarroba, este fruto tem sido alvo de estudos nos últimos anos pela presença de compostos bioativos, os quais são associados à promoção de ações

terapêuticas visando tratamentos de câncer, diabetes, diarréias, entre outras doenças (GOULAS, STYLOS e CHATZIATHANASIADOU, 2016).

A LBG apresenta alta capacidade de formar soluções viscosas, mesmo que em concentrações muito baixas. Devido à sua neutralidade, é pouco afetada por variações de pH, sais ou temperatura. A principal característica que influencia suas propriedades de solubilidade está na sua composição de manose (M) e galactose (G). Na LBG essas duas unidades de carboidratos estão presentes na proporção de 4:1 (M/G), sendo a manose relativamente hidrofóbica e a galactose hidrofílica, o que torna limitada a sua solubilidade (DIONISIO e GRENHA, 2012; GOULAS, STYLOS e CHATZIATHANASIADOU, 2016).

A insolubilidade da LBG apresenta efeito hipolipemiante, ou seja, diminui a lipoproteína de baixa densidade (LDL), conforme comprovado por ZUNFT, LUDER et al (2003), em seu estudo, que observou a redução de 1,8% no nível de colesterol total dos participantes que fizeram consumo de LBG, contra um aumento de 1,7% no grupo placebo. Com relação ao LDL, o grupo placebo manteve os padrões iniciais inalterados e o grupo tratado com LBG apresentou um decréscimo de 2,2% (DIONISIO e GRENHA, 2012; GOULAS, STYLOS e CHATZIATHANASIADOU, 2016).

Outro benefício da LBG é seu efeito benéfico no tratamento do diabetes, visto que tem capacidade de redução da glicemia pós-prandial, ou seja, os níveis de glicose no sangue depois da realização de alguma refeição contendo carboidrato (DIONISIO e GRENHA, 2012). De acordo com TSAI; PENG (2016), a goma da alfarroba, assim como a goma guar, mostraram-se bons moduladores na concentração da glicose sérica pós-prandial em testes realizados com ratos. Esse efeito foi relacionado com a capacidade que a goma possui em prolongar o trânsito intestinal. Em seres humanos foi comprovado que a goma atrasa a níveis de 100 a 125% o trânsito intestinal. Essa menor movimentação do alimento do estômago para o intestino delgado reflete em maior tempo disponível para disseminação de nutrientes, podendo reduzir a necessidade de insulina (TSAI e PENG, 2016). Associado a isso, a alta capacidade de formação de gel da goma faz com que esse composto não seja assimilado pelo trato gastrointestinal, ocasionando assim, uma sensação de saciedade (DIONISIO e GRENHA, 2012; TSAI e PENG, 2016).

Os polifenóis compreendem um grupo de substâncias extremamente difundidas nas plantas, sendo de grande valia para a indústria de alimentos visto suas propriedades funcionais. A Tabela 5 apresenta alguns desses compostos presentes na alfarroba, assim como em qual parte desse fruto o composto é encontrado. Como pode ser observado existe uma grande diversidade dessas substâncias na alfarroba. No caso da Carob Active™ o polifenol presente está na forma de ácido gálico, presente na polpa (GOULAS, STYLOS e CHATZIATHANASIADOU, 2016).

Tabela 5: Compostos fenólicos presentes na alfarroba

Classificação	Polifenol	Fração da Alfarroba
Ácidos Fenólicos	Ácido 4- hidroxibenzóico	Polpa
Ácidos Fenólicos	Ácido Cafeíco	Polpa
Ácidos Fenólicos	Ácido Clorogênico	Semente
Ácidos Fenólicos	Ácido Cinâmico	Fibra e Polpa
Ácidos Fenólicos	Ácido Ferúlico	Fibra, Polpa e Semente
Ácidos Fenólicos	Ácido Galico	Fibra, Polpa e Semente
Ácidos Fenólicos	Ácido Gentísico	Semente
Ácidos Fenólicos	Ácido Siríngeo	Polpa e Semente
Flavonoides	Apigenina	Fibra e Polpa
Flavonoides	Catequina	Polpa e Semente
Flavonoides	Genisteína	Polpa

Fonte: GOULAS et al, 2016

3.3.5. Fibras

Quando fala-se em fibra alimentar, faz-se referência a um grupo de compostos heterogêneos, os quais apresentam como características principais resistência a absorção no intestino delgado humano e capacidade de não serem fermentados parcialmente ou completamente no intestino grosso. Muito se discute sobre a definição de fibras, e quais tipos de alimentos devem ou não serem classificados dentro desse grupo, antes de 2008, tinha-se somente o consenso de que oligossacarídeos, celulose, hemicelulose, pectinas, gomas, lignina, polissacarídeo indigestíveis e não amilosos, ceras e outras substâncias que fizessem parte das plantas, com as primeiras propriedades citadas, se enquadrariam na classificação de fibras (MATTOS e MARTINS, 2000; CATALANI, KANG e DIAS, 2003; MELLO e LAAKSONEN, 2009). Contudo depois da reunião da CCNFSDU (Codex Comittee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses), fez a seguinte designação para fibras:

Fibras dietéticas são polímeros de carboidratos com 10 ou mais unidades monoméricas, que não são hidrolisados por enzimas endógenas do intestino delgado de humanos e são divididas nas seguintes categorias:

⁻ Polímeros de carboidratos comestíveis que ocorrem naturalmente nos alimentos guando consumidos

⁻ Polímeros de carboidratos que foram obtidos a partir de matérias-primas em alimentos e que demonstram ter efeito fisiológico benéfico para a saúde

por evidências científicas geralmente aceitas pelas autoridades competentes

- Polímeros de carboidratos sintéticos que demonstram ter efeito fisiológico de benefício à saúde por evidências científicas geralmente aceitas pelas autoridades competentes (CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 2008).

As fibras são classificadas em dois grandes grupos, em relação a sua solubilidade em água, tendo àquelas que são insolúveis, como hemicelulose, celulose e lignina e as que são solúveis, tais como as pectinas, polissacarídeos de armazenagem, gomas e amidos. Sendo que o efeito que cada um provoca no organismo é diferenciado, mas em ambos os casos estão interligados com o sistema gastrointestinal (MATTOS e MARTINS, 2000; CATALANI, KANG e DIAS, 2003; MELLO e LAAKSONEN, 2009).

As fibras solúveis, por assim serem classificadas, são capazes de formar sistemas viscosos, o que contribui para que o esvaziamento intestinal seja mais lento, além disso, quando no cólon são fermentadas gerando como produto metabólico ácidos graxos de cadeias curtas, como o acético, butírico e propiônico. Cada um desses ácidos exerce funções importantes no processo de digestão, o butírico, por exemplo, regula a flora intestinal, aumenta o fluxo sanguíneo e aumenta a quantidade de muco, além de servir como fonte de energia para as células do cólon, já o propionato, por sua vez, reduz o pH do cólon, o que contribui para o equilibro da microflora intestinal, além de estimular a absorção da água e do sódio e tem forte relação sobre o metabolismo dos lipídios e glicídios, sendo muito relacionado com a redução do colesterol e contribuição para públicos diabéticos (CATALANI, KANG e DIAS, 2003; LACERDA e PACHECO, 2006; MELLO e LAAKSONEN, 2009).

As fibras insolúveis, pela sua baixa solubilidade em água, aumentam o bolo fecal, reduzem do trânsito intestinal e tem capacidade de retardar o processo de absorção da glicose e hidrólise do amido, além disso, somente uma parte dela é digerida no intestino grosso e com isso ela tem a capacidade de se ligar a outros compostos, e carrega-los para fora do organismo juntamente com as fezes (MATTOS e MARTINS, 2000; CATALANI, KANG e DIAS, 2003; LACERDA e PACHECO, 2006)

3.3.5.1. Fibra de Bambu

Da mesma maneira que o milho, o centeio, a aveia cana-de-açúcar e arroz, o bambu é considerado uma gramínea da família Poaceae, sendo que são um total de 1250 espécies com 75 gêneros diferentes (CHENG, ADHIKARI, *et al.*, 2015; FELISBERTO, BERALDO e CLERICI, 2016; FELISBERTO, MIYAKE, *et al.*, 2017).

Os brotos de bambu, já algum tempo, são usados na alimentação humana, isso em função das suas propriedades nutricionais, já que são fontes de vitaminas, aminoácidos,

minerais e fibras alimentares. Num broto, com umidade de 90%, dos demais 10% restantes, de 6 a 8% compreendem fibras, de 1,49 a 4,04 % encontram-se as proteínas e os outros 2% referem-se a outros nutrientes, embora esses valores possam sofrer variação, dependendo da espécie de bambu utilizada (FELISBERTO, BERALDO e CLERICI, 2016; FELISBERTO, MIYAKE, *et al.*, 2017).

A fibra de bambu é insolúvel, composta por material celulósico e atualmente sua utilização tem sido bem difundida em diferentes categorias de alimentos, desempenhando papeis específicos em cada uma delas. Na indústria de panificação, biscoito, bolos e sorvetes, em função de ter grande capacidade de se ligar a água, a fibra de bambu melhora as características de textura, diminui a quebra de produto, diminui a umidade, aumenta o rendimento da produção e, consequentemente, enriquece o produto com conteúdo de fibras. Já na indústria de doces e produtos lácteos, melhora as propriedades de consistência promovendo maior estabilidade. Para a indústria de carnes melhora a retenção de água e fornece sabor de frescor para a fase gordurosa. Na indústria de bebidas saudáveis promove enriquecimento do produto e aumenta relativamente a viscosidade e estabilidade (CHENG, ADHIKARI, *et al.*, 2015).

Com base nestas informações, é esperado que no caso do chocolates, o uso de fibra de bambu possivelmente contribuirá para maior estabilidade do produto, enriquecimento do valor nutricional e melhorias das propriedades funcionais, contudo, poderá alterar de forma negativa as propriedades reológicas, aumentando a viscosidade do produto, característica essa que precisará ser contornada por não ser desejada em chocolates (CHENG, ADHIKARI, *et al.*, 2015).

3.3.5.2. Inulina

A inulina é um tipo de polissacarídeo que faz parte do grupo dos frutanos, isso porque é constituído por uma cadeia principal de unidades de frutose, a qual está unida por ligações β -(2,1)-frutofuranosídicas, com uma unidade de glicose terminal (OLIVEIRA, PARK, *et al.*, 2004). Essa estrutura faz com que a inulina seja classificada também como um FOS (fruto-oligossacarídeo), onde a quantidade de unidades de monossacarídeos que compõe a inulina determina o grau de polimerização (GP) da molécula, isso está diretamente relacionado com as propriedades que este composto desempenha com relação a digestibilidade, atividade prebiótica, poder adoçante, capacidade de absorção de água, dentre outros (PIMENTEL, SANDRA e PRUDENCIO, 2012; CAPRILES e ARÊAS , 2012) . A ligação β presente na molécula de inulina é o que a impede de ser digerida pelas enzimas humanas, deixando esse nutriente disponível para serem fermentados pelas bactérias residentes no trato intestinal. Isso faz com que muitas bactérias sejam estimuladas,

principalmente as bifidobactérias, que contribuem com a prevenção e/ou inibição de desordem intestinais, para modular o sistema imune, influenciar positivamente com questões de inflamações alérgicas e estabilidade da flora intestinal saudável, tudo isso graças a sua capacidade antimicrobiana (PIMENTEL, SANDRA e PRUDENCIO, 2012; CAPRILES e ARÊAS, 2012).

No começo esse ingrediente era pouco utilizado, sendo que sua principal aplicação era em café para redução do amargor, mas com o passar do tempo outras propriedades da inulina foram descobertas e novas aplicações tornaram-se possíveis, como a substituição de açúcar e gordura, e uso como ingrediente funcional, já que é considerada como uma fibra solúvel (OLIVEIRA, PARK, *et al.*, 2004).

Tida como um carboidrato de reserva, a inulina está amplamente difundida em diversos vegetais, mas onde encontra-se de maneira mais abundante é na folha da chicória, a qual conta com um conteúdo que varia entre 15 e 20%. Inulina obtida a partir dessa fonte são classificadas como GP_{médio} = 12. O processo de obtenção ocorre por etapas simples, primeiramente os vegetais são lavados, na sequência submetidos ao processo de fatiamento e moagem, para somente depois passarem por uma extração com água, tratamento do extrato com dióxido de carbono e cal, filtragem e recuperação da inulina por precipitação e evaporação (OLIVEIRA, PARK, *et al.*, 2004; CAPRILES e ARÊAS , 2012; PIMENTEL, SANDRA e PRUDENCIO, 2012).

Uma das características importantes da inulina, principalmente para o chocolate, é que ela pouco contribui para o aumento de viscosidade, dessa forma é possível utilizar concentrações mais elevadas sem prejudicar as propriedades reológicas do produto (PIMENTEL, SANDRA e PRUDENCIO, 2012).

3.4. Processo Produtivo do Chocolate

As Figuras 4 e 5 apresentam dois principais fluxos de processos aplicados na fabricação do chocolate. A utilização de um método ou outro está vinculada diretamente com o tipo de equipamento utilizado para a etapa de refino. Quando o processo de fabricação convencional é a opção, a etapa de refino é feita através de um moinho de rolos ou cilindros e, frequentemente, acontece antes da conchagem. Por outro lado, quando utilizado um moinho de bolas ou esferas, por exemplo, a conchagem é feita logo após a mistura dos ingredientes. Dessa forma, apesar de existir alteração no fluxo em que as operações acontecem, as etapas e o objetivo de cada uma delas são as mesmas para ambos os processos (COOK, 1972; BECKETT, 1994; STROPPA, 2018).

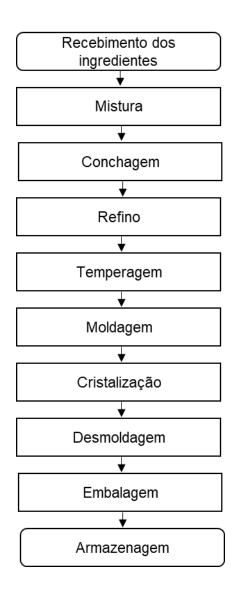


Figura 4: Processo de Fabricação Alternativo (Moinho de Esferas)

Fonte: Adaptado de COOK, 1972

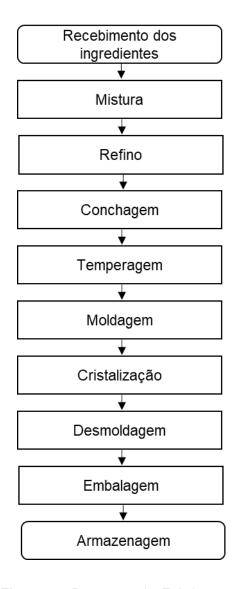


Figura 5: Processo de Fabricação Convencional (Moinho de rolos)

Fonte: Adaptado de COOK, 1972

3.4.1. Mistura

A etapa de mistura compreende o momento em que parte dos ingredientes serão homogeneizados para que posteriormente sigam para a conchagem ou refino, dependendo do processo escolhido. Nesse estágio tem-se a adição de liquor, dos ingredientes em pó, incluindo aromas em pó com granulometrias maiores que o desejado para o chocolate, e, quando necessário, um percentual da manteiga de cacau. Aromas líquidos e voláteis, devido à aplicação de elevadas temperaturas durante o processo, devem ser incorporados somente no final da etapa de conchagem líquida. A quantidade de manteiga de cacau a ser adicionada está diretamente relacionada com a formulação do chocolate, uma vez que, a

fase gordurosa presente nessa etapa do processo ocorre com a finalidade de envolver fisicamente as partículas em pó, retardando a separação de fase e melhorando as propriedades reológicas da massa durante a conchagem. Quando a formulação conta, por exemplo, com um elevado percentual de liquor e uma quantidade menor de ingredientes em pó, a manteiga, pode, inclusive, não ser adicionada nesse momento. O liquor e a manteiga aplicados aqui devem estar na fase líquida para facilitar e possibilitar uma boa homogeneização (BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999; GRIVETTI e SHAPIRO, 2009). A etapa de mistura normalmente é feita em misturadores, encamisados, com diferentes capacidades, ou, quando opta-se pelo moinho de esferas, a mistura é feita no próprio equipamento onde ocorrerá a conchagem (COOK, 1972).

3.4.2. Refino

O refino é uma operação de cominuição, ou seja, redução do tamanho das partículas dos ingredientes presentes na formulação (STROPPA, 2018). Essa etapa é muito importante no processo como um todo, já que, com a redução de tamanho, tem-se o aumento da superfície de contato, influenciando diretamente no desenvolvimento de uma textura suave no produto. (COOK, 1972; BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999). Partículas presentes no chocolate com tamanhos superiores a 30 microns (0,03 mm) podem ser perceptíveis ao paladar e conferir um aspecto arenoso ou granuloso ao produto. Para chocolates contendo leite em pó, quanto menor o tamanho das partículas, mais macio ele se torna, enquanto para chocolates com teores maiores de cacau, quanto mais reduz-se o tamanho das partículas mais acentuado fica o sabor do cacau (BECKETT, 2009).

O processo de refino tem relação direta com a viscosidade e quantidade de gordura presente na formulação. Conforme a redução de tamanho acontece, as partículas precisam ser envolvidas pela fase gordurosa, nesse caso, a manteiga de cacau. Assim, quanto menor a partícula, maior é a concentração de gordura, porque uma maior quantidade de material precisa ser envolta, do contrário, ocorre o aumento de viscosidade e dificuldades de derretimento e escoamento (MINIFIE, 1999; BECKETT, 2009). Além de haver uma proporcionalidade entre o tamanho de partícula e a quantidade de gordura, também é importante a forma com que os tamanhos estão distribuídos, ou seja, precisa ser o mais uniforme possível (BECKETT, 2009). Evidentemente que não é somente o refino que irá impactar na qualidade do chocolate, mas unindo-se às etapas de mistura e conchagem, serão determinantes para tal (BECKETT, 1994).

Para refinar o chocolate, como citado anteriormente, pode-se optar pela utilização de moinhos de rolos ou de esferas (STROPPA, 2018). O moinho de rolos recebe esse nome em função do seu formato. Existem moinhos com dois rolos, geralmente utilizados para

etapas de pré-refino, com formulações contendo açúcar cristal, os quais estão posicionados lado a lado no sentido horizontal, onde os dois rolos giram em sentidos contrários e em velocidades diferentes, fazendo com que a massa de chocolate seja forçada a passar entre eles, promovendo assim o cisalhamento e incorporação, ainda que pequena, de parte da gordura (BECKETT, 2009). A utilização desse tipo de moinho é feita para facilitar o refino, que será executado na sequência, pelo moinho de cinco rolos, o qual tem dois rolos lado a lado na posição horizontal, e sobre o segundo, encontram-se os outros três, contudo na posição vertical. Através de funis de alimentação a massa chega até o moinho, formando um filme nos rolos, como o espaço existente entre um rolo e outro diminui rolo a rolo e, a velocidade aumenta, o filme formado é forçado a subir, reduzindo assim o tamanho da partícula a cada rolo alcançado. A velocidade com que essa redução acontece não é uniforme o tempo todo, a medida em que ocorre a redução do tamanho das partículas, a velocidade de refino é menor, já que a quantidade de partículas a serem refinada aumenta. Todo esse processo promove a geração de calor, o que torna necessário a circulação de água fria na parte interna dos rolos, para regular a temperatura do equipamento e, assim, manter constante a temperatura do chocolate (COOK, 1972; BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999; BECKETT, 2009).

O moinho de esferas, por sua vez, apresenta configuração e mecanismo de moagem diferente do moinho de rolos. Em um dos modelos existentes, o equipamento é formado por uma câmara de moagem, a qual conta com um eixo composto por aletas (discos de aço) fixas e, entre esses discos são colocadas as esferas de aço. Durante o funcionamento do equipamento a rotação do eixo promove a movimentação das aletas e, consequente movimentação das esferas, que sobem e descem em movimentos circulares, dentro do equipamento. Com a adição do chocolate, este ficará em constante atrito com as esferas e a parede do equipamento, sofrendo, assim, ação de forças de impacto e cisalhamento, o que leva a redução do tamanho da partícula (no moinho de rolos ocorre apenas ação de forças de cisalhamento nas partículas entre os rolos, que giram em velocidades diferentes). Quanto maior a rotação do moinho, maior será o impacto sofrido pelas partículas do chocolate e, consequentemente, maior a redução das partículas, o que aumenta o rendimento do processo. Mas, em contrapartida, aumenta-se o consumo energético e a temperatura da massa do chocolate. O tamanho das esferas utilizadas nesse processo é outro fator importante, tanto para o rendimento, quanto para o resultado obtido com o refino. Esferas de tamanhos maiores tendem a reduzir as partículas pela ação de impacto, como já citado, isso contribui para a performance, mas as partículas de chocolate obtidas não representam tanta uniformidade e a possibilidade de padronização do processo, ou seja, conseguir reproduzir a moagem, é algo que se torna difícil. Contudo quanto faz-se a aplicação de esferas com tamanhos menores, predominará no refino as forças de cisalhamento, com isso as

partículas de chocolate apresentarão tamanho e formato mais uniforme, permitindo assim a repetibilidade da operação, no entanto, o rendimento será menor. Assim, normalmente, fazse um balanço entre os tamanhos de esferas, para que seja possível a obtenção de um produto mais homogêneo e não prejudicar drasticamente a velocidade de produção (STROPPA, 2018). Para que a massa de chocolate não atinja temperaturas muito elevadas, o equipamento é encamisado, assim durante o processo ocorre a circulação de água fria ou outro fluido de resfriamento na camisa, mantendo a temperatura do produto constante e dentro de limites desejáveis (STROPPA, 2018). Diferentemente do moinho de rolos, quando a escolha pelo moinho de esferas é feita, normalmente faz-se uma inversão dos processos de refino e conchagem, e quando chega a etapa de refino, a conchagem já terá sido finalizada, e assim o produto já contará com todos os ingredientes na sua fórmula (STROPPA, 2018).

O refino através desse tipo de moinho pode ser considerado uma operação mais fácil, uma vez que é necessário apenas ajustar o balanço inicial da carga de esferas com diferentes tamanhos e a velocidade de rotação, diferente do moinho de rolos, para o qual é importante nivelar os dois lados de todos os rolos, assim como regular a abertura e a velocidade com que cada rolo trabalha. Cabe ressaltar que existem sistemas com moinho de rolos totalmente automatizados, e, com todos os parâmetros balanceados, o moinho de rolos resultará em um produto com maior uniformidade. A opção por um processo alternativo tem outras vantagens também como um custo reduzido do equipamento e velocidade de produção. Outra questão é que o moinho de esferas é mais compacto, necessitando assim de um espaço menor para a sua instalação. No moinho de rolos, além de serem maiores, o produto acaba com uma exposição ao ambiente externo, o que pode, por exemplo, aumentar a umidade do chocolate (STROPPA, 2018).

3.4.3. Conchagem

A etapa de conchagem é de suma importância para o processamento de chocolate, nesta fase ocorrerá a redução dos teores de umidade do produto, volatilização de compostos indesejados, separação de possíveis aglomerados formados nas etapas de mistura ou refino, melhora da viscosidade, textura, fluidez, homogeneização, além da etapa ser responsável pelo desenvolvimento do sabor final do chocolate (COOK, 1972; BECKETT, 1994; BECKETT, 2009). Apesar de todas as características importantes que a conchagem fornece ao produto, a utilização de sólidos de cacau de boa qualidade também é determinante para que tudo flua conforme esperado. Falhas ocorridas nas etapas de fermentação, secagem e/ou torra do cacau, não podem ser corrigidas na etapa de

conchagem, a mesma regra é válida para utilização de amêndoas de baixa qualidade para obtenção do liquor (BECKETT, 1994).

A conchagem é dividida, habitualmente, em três fases: seca, plástica e líquida (COOK, 1972; BECKETT, 1994; BECKETT, 2009). A primeira etapa é responsável pela redução dos teores de umidade presente na massa, assim como a eliminação de ácido acético e aldeídos, (BECKETT, 1994). A composição da massa, adicionada nessa etapa, deverá estar com percentuais mais baixos de gordura, conforme descrito na etapa de mistura, e assim deve continuar, independentemente de ser o processo convencional ou alternativo (COOK, 1972; BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999; BECKETT, 2009). A limitação do teor de gordura é importante, para que se consiga reduzir, com eficiência, os teores de umidade, do contrário, a gordura iria envolver as partículas dos demais materiais, dificultando a remoção da água (BECKETT, 2009). A temperatura utilizada nessa etapa também é importante, e estará relacionada com a formulação, normalmente composições contendo leite não devem usar temperaturas elevadas, já que podem causar problemas em alguns constituintes do leite, como proteínas e açúcares. Além disso, dependendo da configuração da concha, temperaturas muito elevadas, podem promover a remoção muito rápida da água, dificultando a saída das partículas de vapor para fora do equipamento de maneira eficiente. podendo, inclusive, formar condensado na tampa, o qual será incorporado, posteriormente ao produto (BECKETT, 2009). Conchas dotadas de sistemas de exaustão resolvem esse problema.

Com o decorrer do tempo, durante a conchagem seca, a massa começa a ficar mais pesada. Nesse momento, adiciona-se mais gordura à formulação e inicia-se o processo de conchagem plástica, que irá contribuir grandemente para a melhoria da reologia do produto, uma vez que o material mais plástico dentro da concha será pressionado contra a parede em função do movimento das pás e, o envolvimento das partículas sólidas pela manteiga de cacau tende a aumentar cada vez mais. O momento ideal para a adição do restante da gordura que compõe a fórmula depende de fatores como tipo de chocolate, formulação, equipamento utilizado e qualidade final desejada (BECKETT, 1994; BECKETT, 2009).

Por fim, na última etapa desse processo, a conchagem líquida, ocorre a adição dos ingredientes restantes: os emulsificantes e aromas líquidos. Os emulsificantes não ser adicionados antes, uma vez que, como a intenção de sua utilização é unir moléculas de polaridades diferentes, melhorando características de limite de escoamento e viscosidade, podem dificultar a eliminação de água do produto, em função da propriedade que desempenham esses aditivos. O tempo estabelecido para essa etapa deve ser o suficiente para que ocorra a homogeneização dos ingredientes adicionados com a massa ali presente (BECKETT, 2009).

3.4.4. Temperagem, moldagem, cristalização, desmoldagem e embalagem

Conforme visto, a manteiga de cacau, em função de sua composição lipídica tem propriedade polimórfica e, portanto, durante o resfriamento e solidificação, os cristais formados serão os responsáveis pela estabilidade do produto, assim como alguns atributos sensoriais. Para que isso ocorra, o resfriamento precisa promover a formação do tão desejado cristal β e, portanto, deve ser controlado, ou seja, o chocolate deve ser précristalizado em equipamentos denominados temperadeiras, antes da etapa de resfriamento final, em túnel (COOK, 1972; BECKETT, 1994; LUCCAS, 2001).

A temperagem é também conhecida como pré-cristalização porque sua ação não promove total solidificação do material, mas produz uma quantidade suficiente de cristais que serão usados como uma forma de induzir o restante da gordura líquida a se cristalizar na mesma configuração (BECKETT, 1994).

As etapas que compreendem a temperagem seguem ilustradas na Figura 6 (BECKETT, 1994). Inicialmente a massa de chocolate precisa ser derretida até atingir uma temperatura entre 45 e 50°C (COOK, 1972; BECKETT, 1994). Esse derretimento é realizado para que a fase cristalina seja totalmente fundida e as etapas seguintes não sejam iniciadas antes disso (COOK, 1972; BECKETT, 1994). Com o produto dentro da temperatura desejada inicia-se o processo de resfriamento, a uma taxa constante, até que a temperatura alcance os 32°C. Nesse momento ainda não se tem a formação de cristais, isso somente ocorrerá quando a temperatura chegar a 27°C. Contudo, quando isso acontece, além do cristal β também está presente a forma β ', que por ser menos instável não é desejado, assim, o chocolate sofre novamente a elevação da temperatura até no máximo 32°C, e como a fusão desses cristais ocorre entre 27 e 29°C, eles serão eliminados (BECKETT, 1994).

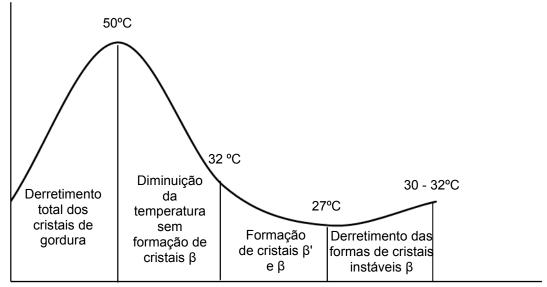


Figura 6: Representação do processo de temperagem

Fonte: Adaptado de Beckett, 1999

Depois de temperado, o chocolate segue para os moldes, através de dosadoras automáticas ou processo manual. As dosadoras são dotadas de tanques com aquecimento, para que a temperatura final da temperagem seja mantida até a conclusão da dosagem, isso é importante para que seja possível fazer com que o chocolate flua e se espalhe sobre o molde. Com o produto já dosado, os moldes são submetidos a um processo vibratório, para que haja total acomodação do produto e eliminação de bolhas que possam ficar entre a massa de chocolate (COOK, 1972).

A próxima etapa é o resfriamento final, ou seja, momento em que pela ação da redução da temperatura ocorre uma complementação da cristalização da fase lipídica, e o chocolate tomará forma sólida. Nessa etapa é de suma importância o controle da temperatura do equipamento (túneis de resfriamento), que não podem ser tão baixas para que o produto não sofra uma redução abrupta e resfrie muito rapidamente e, nem tão altas evitando que o processo aconteça. Normalmente é requerido que o túnel possua temperaturas diferentes ao longo do percurso, ou seja, temperaturas iniciais maiores, as quais reduzem no meio do trajeto e voltem a subir na saída do equipamento, para que também não haja diferença grande entre a temperatura do produto na saída com temperatura do ambiente, evitando a condensação de umidade na sua superfície (BECKETT, 1994).

O empacotamento formado pelos triacilgliceróis, pela cristalização da manteiga de cacau, induzem uma configuração cristalina, onde os cristais ficam bem coesos, próximos um dos outros, o que resulta em um redução do volume do chocolate no molde, isso é o que possibilita a sua retirada, quando os processos de têmpera e cristalização são adequadamente executados, fornecendo um produto com melhores características de brilho, textura e fusão (COOK, 1972; BECKETT, 1994).

Depois de desmoldado o produto segue para as etapas de embalagem e armazenamento, realizadas em ambiente climatizado para que não ocorra o derretimento do chocolate, seguido de uma recristalização, o que pode, por exemplo, levar a formação de cristais maiores e indesejados, e a ocorrência de *fat bloom* (COOK, 1972; BECKETT, 1994; MINIFIE, 1999).

4. MATERIAL E METÓDOS

4.1. Matérias – primas e reagentes

Todos os ingredientes para a produção dos chocolates foram fornecidos por empresas parceiras: o líquor, a manteiga de cacau, o maltitol e o PGPR, foram fornecidos pela MM

Produtos Alimentícios, o eritritol e a inulina foram doados pela Chocolife e Essential Nutrition, a lecitina de girassol pela Chocolife e Chock, a Carob Active™ pela Chocolife, enquanto a fibra de bambu pela MM Produtos Alimentícios e Chocolife.

Os reagentes utilizados para realização das análises de umidade e distribuição de tamanho de partículas foram disponibilizados pelo Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolates, Cereal Chocotec, do Ital (Instituto de Tecnologia de Alimentos).

4.2. Formulações e processos produtivos

As produções preliminares das massas de chocolate foram realizadas a partir de formulações base apresentadas na Tabela 6

Tabela 6: Formulações Base

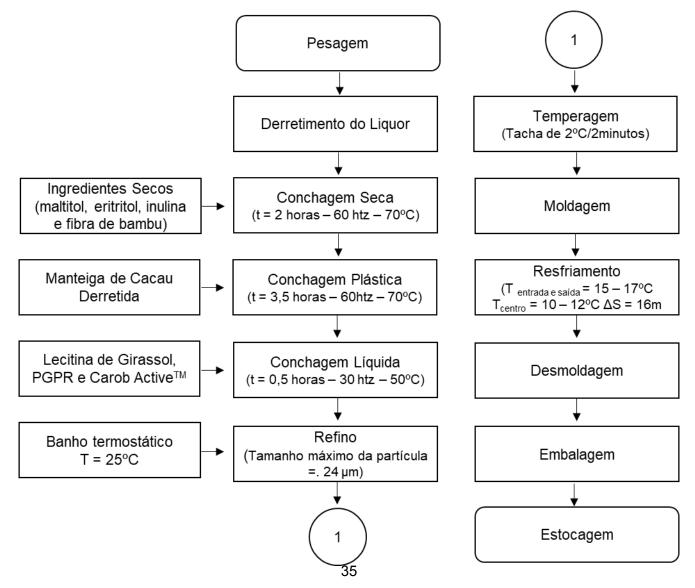
Ingrediente	Fabricante	% A (sem adição de fibra)	% B (com adição de fibra)
Liquor de Cacau	IBC	40,0	40,0
Maltitol	Vogler	44,5	31,1
Eritritol	Shandong Sanyuan Biotechology	5,0	5,0
Manteiga de Cacau	IBC	10,0	10,0
Fibra de Bambu	Interfiber	0,0	6,7
Fibra de Inulina	Metachem	0,0	6,7
Lecitina de Girassol	Lasenor	0,3	0,3
PGPR	Vogler	0,2	0,2

As formulações foram estabelecidas de acordo com os requisitos desejados para o produto, ou seja, chocolate sem adição de açúcar (ingrediente substituído pelos polióis eritritol e maltitol), mínimo de 50% de sólidos de cacau, mistura de fibras insolúveis e fibras solúveis, emulsificantes lecitina de girassol e PGPR, ativo Carob Active™, e ausência de leite ou qualquer outro alergênico.

O fluxo de processo seguiu conforme descrito na Figura 7, utilizando a estrutura da planta piloto do Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate, Cereal Chocotec, do ITAL. Para pesagem do liquor de cacau, manteiga de cacau, inulina, maltitol, eritritol e fibra de bambu, utilizou-se de balança de bancada da marca Toledo, com capacidade máxima de 6kg e divisão de 1g. Já para os ingredientes adicionados em menor proporção, lecitina de girassol, PGPR e Carob Active TM, foi utilizada uma balança semi-analítica, da marca GEHAKA, com capacidade máxima de 2,0 kg, divisão de 0,1 g. O derretimento prévio do liquor e da manteiga de cacau foi realizado em micro-ondas convencional, usando potência

máxima e tempos de 30 segundos. A etapa de conchagem foi feita em uma concha da Jaff Inox, com capacidade máxima de 10 kg e o refino em um moinho de esferas Coatech, capacidade máxima de 5 L, encamisado, com temperatura controlada por um banho termostático, de marca Marconi. A temperagem seguiu de maneira manual, utilizando-se, uma bancada com pedra de granito, espátulas de alumínio e termômetro tipo espeto, marca Texto, calibrado previamente. Já para o resfriamento final e cristalização do chocolate foi utilizado um túnel de resfriamento da marca Shiat, com 8 m de extensão.

Os primeiros testes realizados tinham como finalidade comparar as propriedades reológicas entre os chocolates com e sem adição de fibras, e verificar se os tempos definidos para a conchagem (Figura 7 – Fluxograma de Processo), seriam suficientes para reduzir a umidade do produto a um nível aceitável (menor que 2%). A comparação entre os resultados obtidos foi avaliada estatisticamente através de teste de T *Student*. Uma vez definidas as condições ideais de processamento, aplicou-se então um planejamento experimental para estabelecer em qual condição o limite de escoamento e viscosidade de Casson apresentariam melhores resultados, variando-se a concentração das fibras, emulsificantes e os tempos de processo.



Legenda: ΔS = distância percorrida, túnel com comprimento de 8 m (necessário duas voltas)

t = tempo 60

60 e 30hz: referente a rotação da concha

T = temperatura = °C

4.2.1. Planejamento Experimental

Para esse estudo aplicou-se um planejamento experimental fracionado 2⁴⁻¹, com duas repetições no ponto central (Tabela 23 - Anexo 8.2).

As variáveis independentes escolhidas para análise, foram baseadas nas informações literárias sobre ingredientes e etapas do processo que podem refletir em uma melhora tanto na viscosidade, quanto no limite de escoamento e são apresentadas na Tabela 7 juntamente com os limites mínimos e máximos para cada uma delas. No caso da concentração de fibra, foi determinado um valor mínimo para que fosse possível a alegação de fonte de fibras no rótulo, e dentro desse mínimo fez-se a variação nas concentrações da inulina e da fibra de bambu. O tempo de conchagem seca (etapa que mais impacta na redução da umidade do produto) foi travado em 2 horas, a líquida em 30 minutos e a conchagem plástica alterada de modo que a soma dos tempos chegasse ao tempo total estabelecido. A combinação dos 10 ensaios do planejamento experimental, com os respectivos valores das variáveis, é apresentada na Tabela 9.

Tabela 7: Variáveis independentes do planejamento experimental, com limite mínimos, máximos e ponto central.

Variável	Mínimo	Ponto Central	Máximo
PGPR (%)	0,3	0,4	0,5
Lecitina de Girassol (%)	0,3	0,55	0,8
Tempo de Concha (horas)	6	9	12
Proporção de Fibra (I / B*) (%)	10/4	7 / 7	4 / 10

^{*}I = Inulina e B = Fibra de Bambu

Tabela 8: Planejamento experimental fatorial fracionado 24-1

Ensaio	Tempo de Concha (h)	Proporção de Fibra (Inulina / F. de Bambu) (%)	Lecitina de Soja (%)	PGPR (%)
1	6	10/4	0,3	0,3
2	12	10/4	0,3	0,5
3	6	4/10	0,3	0,5
4	12	4/10	0,3	0,3
5	6	10/4	0,8	0,5
6	12	10/4	0,8	0,3
7	6	4/10	0,8	0,3
8	12	4/10	0,8	0,5
9	9	7/7	0,55	0,4
10	9	7/7	0,55	0,4

As variáveis dependentes foram a viscosidade e o limite de escoamento de Casson dos chocolates. Como a distribuição do tamanho de partículas e a umidade são fatores que podem influenciar diretamente nos parâmetros reológicos de chocolate, essas análises fizeram parte do escopo como uma forma de complemento, pois permitem avaliar possíveis desvios ocorridos no processo.

Para análise do planejamento experimental fez-se o uso do programa estatístico OPTIMIZE. O mesmo software foi usado para promover a otimização do processo, fornecendo, para tanto, os valores desejados para cada uma das variáveis independentes, com base na comparação da viscosidade plástica e limite de escoamento com a performance em máquina de chocolates. Para otimização foi utilizado modelo matemático, através de funções de desejabilidade.

O processo de otimização opera com variáveis codificadas, as quais foram convertidas para valores reais através da Equação 01:

Equação 01:
$$Valor\ Codificado = \frac{Valor\ Real-Ponto\ Central}{Passo}$$

Onde:

- Valor codificado: valor obtido através do software "Optimize";
- Ponto central: ponto central atribuído a cada uma das variáveis independentes (Tabela 7);
- <u>Valor real</u>: dado desejado, refere-se ao valor da concentração para variável em análise
- Passo: resultado da diferença entre o ponto central e o mínimo estipulado para a variável em análise.

Como o processo de otimização analisa as variáveis independentes de forma particular, ao final dessa operação existia dois valores ideais para a concentração de lecitina de girassol, PGPR, fibras e tempo de concha, sendo que o uso de um deles resultaria em uma viscosidade de Casson ideal e o outro em um Limite de Escoamento de Casson ideal. Portanto, para unificar os dados e possibilitar a elaboração de uma formulação otimizada, aplicou-se o cálculo de média para cada uma das variáveis. Com os resultados das médias definidos, um novo valor otimizado para viscosidade e limite de escoamento de Casson foi determinado, através da utilização das equações dos modelos de cada uma delas

Após a obtenção da formulação otimizada no planejamento experimental, adicionou-se os compostos fitoterápico de modo que, ao final do processamento do chocolate, duas porções ao dia de 15g, forneceria, nas Formulações A e B, 125mg e 214 mg de Composto ativo (CarobActiveTM), respectivamente.

4.3. Comparação entre a viscosidade e limite de escoamento de Casson com a performance em máquina de chocolates

Além da qualidade do chocolate outro ponto que precisa ser levado em consideração durante o processamento é a sua *performance* em linha de produção. Sendo que a viscosidade e limite de escoamento são características que estão diretamente relacionados com esse atributo, já que influenciam diretamente no desempenho produtivo (STROPPA, 2011).

Portanto com a finalidade de estipular um valor ideal para esses dois parâmetros, analisando do ponto de vista meramente produtivo, foi feita uma parceria com uma pequena indústria de chocolate, com o objetivo de criar uma escala de viscosidades e limites de escoamento ideais para chocolate. Por tratar-se de uma empresa pequena, eles não dispunham de instrumentos, como reômetros, o que remete a questão de que todo o conhecimento dos operadores, dá-se em função do longo período que atuam na indústria.

As características reológicas adequadas dos produtos são perceptíveis a esses profissionais pela forma com que eles se comportam durante a etapa de dosagem e suas

características após a cristalização. Produtos com grande dificuldade de serem depositados nos moldes, com espalhamento lento, com exigência de grande intensidade de vibração, formação de bolhas e desnível depois de desenformado, são tidos como ruins para se processar, em função de suas propriedades reológicas.

Portanto, com base nesse conhecimento operacional, os colaboradores, com vasta experiência prática, foram convidados a organizar alguns tipos de chocolates, que faziam parte do portifólio de fabricação, em uma escala do mais fácil de produzir para aquele mais difícil. Na sequência os mesmos produtos foram avaliados em laboratório, e suas características reológicas medidas, para entender e estabelecer uma correlação entre os conhecimentos práticos e científicos.

4.4. Caracterização físico-química e sensorial - metodologias

4.4.1. Tamanho máximo de partículas

O tamanho máximo de partículas foi verificado para determinar o término da etapa de refino, quando a partícula máxima encontrada deveria apresentar dimensão de no máximo 24µm. Este resultado foi comparado, posteriormente, com aquele obtido na análise de diâmetro médio e distribuição de tamanho de partículas, obtido através do equipamento Horiba. A literatura não traz metodologia específica para esse ensaio, dessa forma, foi utilizado um método adaptado por Luccas (2001), onde 4 (quatro) porções de amostras foram retiradas do moinho (de diferentes regiões) e dispersas em óleo mineral, na proporção de 2:1, em peso, e analisadas em triplicata, totalizando 12 ensaios. Para medição dispôs-se de um micrômetro digital marca MITUTUYO, com escala de 0-250mm, calibrado a cada alíquota medida. Os resultados foram analisados estatisticamente, por teste de t Student, quando aplicado.

4.4.2. Viscosidade (η Ca) e limite de escoamento de Casson (τ Ca)

Para a determinação da viscosidade das amostras, assim como do limite de escoamento de *Casson*, fez-se uso de um reômetro digital, marca Brookfield, modelo RVDIII plus. O equipamento dispunha de um adaptador para armazenamento de pequenas amostras, onde o chocolate, já na forma líquida, era acondicionado em seu interior. A temperatura do produto no início e durante a realização da análise foi mantida a 40°C, por meio de um banho termostático, marca Brookfield, modelo TC500. O *spindle* utilizado para

as medidas foi o S15, com torque máximo de 90%. Os valores obtidos foram calculados através de regressão linear, através do programa de rotação estabelecido por VISSOTO *et al* (1999), as análises realizadas em triplicata (BECKETT, 1994). Os resultados foram analisados estatisticamente, por ANOVA, seguida de teste de Tukey, ou por teste de T Student, quando foram comparados apenas dois tratamentos. Exceto para os resultados do planejamento experimental, cuja análise estatística está descrita no tópico relacionado.

4.4.3. Diâmetro médio e distribuição de tamanho de partículas

Na análise de diâmetro médio e distribuição de tamanho de partículas foi utilizado a difração a laser, através do equipamento Marca Horiba, Modelo LV950. Amostras sólidas de chocolate já fracionadas, levemente trituradas (operação feita com o auxílio de uma faca) e contidas dentro de cubetas de vidro, foram derretidas a aproximadamente 40-50°C sobre uma chapa de aquecimento de bancada. Em seguida foram solubilizadas em etanol absoluto (25,2°C), utilizando-se um banho ultrassônico, por 30 segundos, para promover mais facilmente a dissolução da gordura, seguindo para o módulo de análise do equipamento. A quantidade utilizada para cada medida foi a necessária para que os níveis ideais de transmitância fossem atingidos e assim iniciado o ensaio. Para cada amostra a análise foi realizada 6 vezes. O índice *span*, também conhecido como índice de polidispersidade, foi calculado pela fórmula: *span* = (D90-D10)/D50, onde D10, D50 e D90, correspondem, respectivamente, aos diâmetros referentes à distribuição acumulada de 10, 50 e 90% (Adaptado de ALVIM. STEIM, *et al.*, 2016). Os resultados foram analisados estatisticamente, pelo teste de Tukey, ou por teste de T Student.

4.4.4. Teor de umidade

A determinação do teor de umidade foi realizada através de método titulométrico, no qual uma amostra com massa entre 0,05 e 0,1 g de produto, depois de pronto e na forma sólida, foi dissolvida em uma solução de clorofórmio:metanol, na concentração de 1:1, utilizando o equipamento Karl Fisher (Metrohm, Suiça, modelo 901 Titrando, dotado de dosador automático 800 Dosino Suíça). Utilizou-se a metodologia ASTM e 203-96, e os resultados foram obtidos foram correspondentes às médias de três repetições, para cada amostra (BRUTTEL e SCHILINK, 2006). Os resultados foram analisados estatisticamente, teste de Tukey, ou por teste de T Student.

4.5. Tabela Nutricional

Como uma das características desejadas para o produto era classificá-lo como sendo fonte de fibras, a tabela nutricional teórica foi elaborada, com base nas legislações vigentes aplicadas (RDC 359 - RDC 269 - RDC 360 - RDC 54) e especificações técnicas de fornecedores.

Nessa primeira etapa, não caberia comprovar a atuação das fibras adicionadas, tão pouco a do composto fitoterápico, já que exigiriam testes *in vivo*. Mas como forma complementar, através de dados literários, informações sobre a atuação desses ingredientes foram acrescentados nesse tópico.

4.6. Análise sensorial

Será aplicado o método descritivo, através do teste de escala hedônica mista, estruturada, vertical e bipolar de 9 pontos (BENTO, ADRADE e SILVA, 2013). As amostras serão apresentadas pelo consumidor de forma concomitante, codificadas numericamente, contendo três dígitos aleatórios, sendo o teste realizado em cabines ou não, sob iluminação ambiente (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). O provador receberá junto com as amostras, o termo de consentimento livre e esclarecido para pesquisa em serem humanos, assim como as fichas para avaliação, contendo atributos relacionados à cor, textura, sabor, aroma e impressão global, além da intenção de compra e dados para traçar o perfil do consumidor. Ambos os documentos seguem no ANEXO 8.1. Os resultados serão analisados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

4.7. Análise de digestão in vitro

Será utilizado o método proposto por Franco (2018), o qual trata de uma simulação gastrointestinal utilizando um modelo estático dividido em três etapas: oral, gástrica e duodenal, envolvendo a preparação dos fluídos salivares (SSS), gástrico (SGF) e intestinal (SIF), para utilização, além da aplicação de enzimas digestivas correspondentes, eletrólitos e bile.

4.8. Avaliação dos aspectos legais para alegação de funcionalidade

Como o objetivo principal do projeto está pautado na viabilidade tecnológica de formulações de chocolate sem adição de açúcar, contendo em sua composição ingredientes com propriedades fitoterápicas e funcionais associadas com mecanismos relacionados a

redução de peso, a consulta e avaliação dos aspectos legais para alegação de funcionalidade, junto ao rótulo do produto, foi realizada como uma forma de delinear as próximas etapas a serem seguidas, na opção de continuidade do projeto. Para tanto utilizouse da base de dados da ANVISA e informações disponíveis na literatura, para elaborar um fluxo de processos para obtenção de registro do produto.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Caracterização das formulações base

A Tabela 9 apresenta os resultados para percentual de umidade e parâmetros reológicos (viscosidade plástica e limite de escoamento de Casson) encontrados para as formulações base, com fibra e sem fibra (Tabela 6).

Tabela 9: Resultados de umidade, viscosidade e limite de escoamento de Casson das formulações base, sem e com adição de fibras

Formulação	Teor de Umidade (%)	Viscosidade de Casson (Pa.s)	Limite de Escoamento de Casson (Pa)	*R ²
A (sem fibra)	1,40 ^a <u>+</u> 0,05	2,84 ^a <u>+</u> 0,05	0,14 ^a <u>+</u> 0,05	1,00
B (com fibra)	1,50 ^b <u>+</u> 0,04	6,31 ^b <u>+</u> 0,15	1,69 ^b <u>+</u> 0,17	0,99

^{*}Ajuste dos dados reológicos.

Letras diferentes indicam diferença estatística (p<0,05) – teste de t Student.

Para os teores de umidade, existe uma diferença significativa (p<0,05) entre os valores encontrados para cada uma das formulações. Embora pequena, uma diferença era mesmo esperada, uma vez que, a formulação B conta com a adição de fibras solúveis, o que aumenta a capacidade de absorção de água e pode dificultar sua remoção durante a conchagem seca (PIMENTEL, SANDRA e PRUDENCIO, 2012; CAPRILES e ARÊAS, 2012).

A legislação brasileira não estabelece limites máximos para teores de umidade em chocolate, mas a literatura traz algumas referências para esse atributo. Segundo Minifie (1999), percentuais de umidade acima de 1,5, para chocolate ao leite, contendo açúcar, implicam em um aumento da viscosidade do produto. Contudo, é importante relatar que chocolates *diet*, devido à substituição do açúcar por edulcorantes de baixa e/ou de alta intensidade, tendem a ter valores de umidades mais altos, visto que, esses ingredientes são mais higroscópicos que a sacarose. Gomes *et al* (2007), apresentaram, em sua pesquisa, resultados para teores de umidade de chocolate de 1,29 a 2,21%, sendo que essa variação

foi atribuída aos tipos e percentuais de fibras presentes nas fórmulas, que quando aumentados, refletiam no aumento da umidade. Ainda com relação a adição de fibras, Shourideh *et al.* (2012), em um estudo de substituição de açúcar por D-Tagatose e Inulina, relataram que quando os percentuais de inulina eram aumentados e consequentemente os de açúcar reduzidos, tinha-se um aumento nos teores de umidade, e esses ficaram entre 1,05% e 1,79%, o primeiro corresponde a uma substituição de 25% de açúcar por inulina e o segundo a uma substituição de 100%

Dessa forma, apesar da diferença entre os teores de umidade, ambas as fórmulas atenderam o resultado esperado, máx. 2,0%, que inclusive está dentro do range apresentado pela literatura. O que mostra que o tempo estabelecido para a conchagem seca foi suficiente para eliminação do teor de água à um nível desejado.

Com relação aos parâmetros reológicos, tanto a viscosidade como o limite de escoamento de Casson, apresentam diferenças significativas entre as amostras (p<0,05). Da mesma forma como explicado para o teor de umidade, a substituição de açúcar por polióis e a utilização de fibras na composição desse tipo de produto aumenta relativamente os valores de viscosidade plástica e limite de escoamento. Gomes *et al* (2007), avaliaram oito formulações de produtos com diferentes concentrações de substitutos de açúcar, classificados como fibras solúveis, e encontraram resultados de viscosidade variando entre 6,64 e 11,04 Pa.s e limite de escoamento de Casson entre 0,05 e 1,31 Pa. Já Shourideh *et al.* (2012) verificaram que quanto maior o grau de substituição de açúcar por inulina, maior foi o resultado obtido para viscosidade plástica, que variou entre 2,12 Pa.s e 3,75 Pa.s, para 25% e 100% de substituição, respectivamente.

Portanto, ainda que diferentes, os valores encontrados são justificados pela composição das fórmulas. Contudo é sabido que resultados elevados para limite de escoamento e viscosidade são aspectos que impactam negativamente no processo produtivo, uma vez que, diminuem *performance* de máquina nas etapas de dosagem e tem-se dificuldades de regulagem de peso do produto e obtenção de barras uniformes, pois o chocolate tem um escoamento lento, iniciando o processo de cristalização antes mesmo de ser distribuído uniformemente no molde (MINIFIE, 1999; STROPPA, 2011; FADINI e CRUZ, 2014). O que torna necessário, para o desenvolvimento de chocolates adicionados com fibras, estudar possibilidades que melhorem o comportamento do produto frente ao processo produtivo.

5.2. Planejamento Experimental

As Tabelas 10 e 11 apresentam os resultados de teor de umidade, tamanho máximo e distribuição de tamanho de partículas, análises complementares que auxiliarão na avaliação dos chocolates. A Tabela 12 mostra os resultados das variáveis dependentes, viscosidade

plástica e limite de escoamento de Casson, escolhidas para avaliação dos efeitos das variáveis independentes no planejamento experimental. A Figura 8 mostra uma comparação entre o D90 e tamanho máximo de partículas.

Tabela 10: Resultados de umidade e tamanho máximo de partículas (ensaios planejamento experimental)

Ensaio	Umidade (%)	Tamanho máximo de partícula (µm)
1	2,25 <u>+</u> 0,04 ^{abcde}	18,00 <u>+</u> 0,00°
2	2,04 <u>+</u> 0,32 bcdef	22,00 <u>+</u> 2,16 ^a
3	2,43 <u>+</u> 0,07 ^{acd}	22,00 <u>+</u> 1,41 ^a
4	2,58 <u>+</u> 0,09 ^{ac}	22,00 <u>+</u> 1,41 ^a
5	3,00 <u>+</u> 0,14 ^a	20,00 <u>+</u> 0,00 ^{abc}
6	2,77 <u>+</u> 0,73 ^{af}	21,33 <u>+</u> 1,63 ^{ab}
7	1,66 <u>+</u> 0,15 ^{de}	19,33 <u>+</u> 1,25 ^{abc}
8	1,56 <u>+</u> 0,18 ^e	20,00 <u>+</u> 0,8 ^{abc}
9	1,92 <u>+</u> 0,21 ^{bcde}	18,0 <u>+</u> 0,00 ^{bc}
10	1,90 <u>+</u> 0,13 ^{cde}	22,00 <u>+</u> 2,16 ^a

Letras diferentes indicam diferença estatística (p<0,05) Teste de Tukey

O objetivo da análise de umidade era verificar se realmente o processo de conchagem seca, validado após a produção das formulações base, seguiu conforme esperado, resultando em um produto com umidade de no máximo 2,0%, para que assim, não agisse como um fator que pudesse aumentar ou diminuir os valores reológicos obtidos para cada um dos ensaios. Contudo, em virtude de um problema generalizado no processo de tramitação junto à Receita Federal, para renovação da licença que permitia a aquisição de reagentes necessários para realização das análises de umidade e distribuição de tamanho de partículas, seguido, posteriormente, pelas paralizações provocadas pela pandemia da Covid-19, as análises de umidade e distribuição de tamanho de partículas somente puderam ser realizadas 12 meses após a produção das massas de chocolates. Assim sendo, por mais que os produtos tenham sido armazenados em embalagens laminadas com alumínio e devidamente seladas, os resultados obtidos não apresentam alto grau de confiabilidade, porque, além de o ambiente de estocagem não contar com umidade e temperatura controladas é sabido que ao longo do tempo os produtos tendem a absorver umidade do meio, ainda que embalados, e 12 meses é normalmente o prazo aplicado para vida de prateleira dos chocolates.

Mas, independentemente de todos os pontos supracitados, as amostras de 7 a 10, mesmo após decorrido os 12 meses de produção, apresentaram umidade dentro do que foi estabelecido, ou seja, máximo de 2%.

Com relação ao tamanho máximo de partícula, como essa era uma análise aplicada para determinar o término da etapa de refino, as medidas foram realizadas na sequência da produção de cada uma das massas e os resultados obtidos, para todos os ensaios, estão dentro do limite estabelecido, ou seja, valores menores ou igual a 24µm. O valor máximo do tamanho de partículas em chocolate, normalmente, está vinculado com a cultura do local de consumo, os europeus, por exemplo, têm uma preferência por chocolates, cujos tamanhos máximos de partículas encontram-se entre 15 e 22 µm, já para os nortes americanos esse número está entre 20 e 23µm (AFOAKWA, PATERSON e FOWLER, 2007; STROPPA, 2018). No Brasil costuma-se produzir chocolates que variam entre 20 e 25 micrometros (LUCCAS, 2001). Esse é um parâmetro que pode contar com um erro experimental elevado, uma vez que a análise depende muito da sensibilidade do analista, de calibração prévia correta do micrômetro e do quão uniforme foi o processo de refino, o que reflete, geralmente, no alto desvio padrão da medida.

Tabela 11: Resultados de distribuição do tamanho de partículas (ensaios do planejamento experimental)

Ensaio	Diâmetro médio de partículas (D₅0) (μm)	D ₁₀ (μm)	D ₉₀ (μm)	Span (µm)
1	8,42 <u>+</u> 0,06 ^c	3,24 <u>+</u> 0,03 ^{cde}	21,94 <u>+</u> 0,33 ^{bf}	2,22 <u>+</u> 0,04 ^{de}
2	7,99 <u>+</u> 0,04 ^d	3,22 <u>+</u> 0,01 ^{de}	19,96 <u>+</u> 0,84 ^{bde}	2,10 <u>+</u> 0,10 ^{ef}
3	8,06 <u>+</u> 0,12 ^d	3,14 <u>+</u> 0,04 ^e	23,46 <u>+</u> 1,07 ^{bcf}	2,52 <u>+</u> 0,11 ^{bcd}
4	7,70 <u>+</u> 0,20 ^e	3,17 <u>+</u> 0,09 ^e	20,50 <u>+</u> 1,86 ^{bd}	2,25 <u>+</u> 0,20 ^{de}
5	7,62 <u>+</u> 0,06 ^e	3,36 <u>+</u> 0,06 ^{abc}	16,42 <u>+</u> 0,45 ^e	1,72 <u>+</u> 0,05 ^g
6	7,86 <u>+</u> 0,09 ^d	$3,32 \pm 0,08$ ^{bcd}	17,45 <u>+</u> 0,34 ^{de}	1,80 <u>+</u> 0,05 ^{fg}
7	8,36 <u>+</u> 0,26 ^c	3,17 <u>+</u> 0,14 ^e	27,59 <u>+</u> 2,83 ^a	2,91 <u>+</u> 0,24 ^a
8	8,56 <u>+</u> 0,04 ^{bc}	3,35 <u>+</u> 0,07 ^{abc}	27,42 <u>+</u> 2,16 ^a	2,81 <u>+</u> 0,26 ^{abc}
9	8,73 <u>+</u> 0,07 ^c	3,38 <u>+</u> 0,02 ^{ab}	26,79 <u>+</u> 3,23 ^{ac}	2,68 <u>+</u> 0,35 ^{abc}
10	9,52 <u>+</u> 0,18 ^a	3,46 <u>+</u> 0,11 ^a	27,89 <u>+</u> 2,40 ^a	2,56 <u>+</u> 0,20 ^{abcd}

Letras diferentes indicam diferença estatística (p<0,05) Teste de T Student

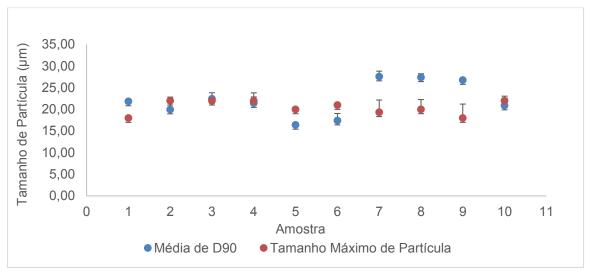


Figura 8: Comparação entre D90 (Difração a Laser) e Tamanho Máximo de Partículas (micrômetro)

O tamanho das partículas, influencia diretamente nos aspectos reológicos do produto e ambos interferem nas características sensoriais do chocolate. Afoakwa, Paterson e Fowler (2007), mostraram que a viscosidade de Casson teve seus valores reduzidos à medida que o aumento de partícula aconteceu, isso para uma formulação contendo 25% de gordura e 0,3% de lecitina de soja, por isso é tão importante saber quais os tamanhos e a forma com que eles estão distribuídos no chocolate. A avaliação micrométrica fornece dados importantes com relação a isso, mas a análise de distribuição de tamanho de partículas entrega resultados mais detalhados. De todos os tamanhos obtidos, os de maior relevância para o chocolate são o D90, D10 e D50, que estão relacionados com o tamanho de 90% das partículas, 10% e o tamanho médio delas, respectivamente (AFOAKWA, PATERSON e FOWLER, 2007; MIYASAKI, 2013; LOPES, 2015; VENTURA, 2019). O D90 é visto como um bom comparativo com o tamanho máximo de partícula, a Figura 8 mostra a relação entre ambos e, se levar em consideração que a quantidade de partículas medidas através de difração é muito maior do que a quantidade medida com micrômetro, os valores estão relativamente próximos, considerando o desvio padrão. Segundo a literatura, o valor máximo ideal para o D90, deve ser de 35µm, isso mostra que os resultados obtidos, avaliando de forma independente foram satisfatórios para todos os ensaios (AWUA, 2002). A relação entre o D90, D10 e D50, conforme descrito em materiais e métodos, resulta em um importante indicador, o span, ou também conhecido como índice de polidispersidade. Esse índice indica o quanto uniforme está a distribuição de tamanho das partículas, ou seja, quanto mais baixo ele se apresentar, menos polidisperso é o material, o que é positivo. Valores de span entre 1,82 e 4,95 são relatados na literatura como resultado satisfatório, portanto, tendo em vista que a variação da polidispersidade no trabalho ficou entre 1,72 e

2,81, o resultado foi adequado (AFOAKWA, PATERSON e FOWLER, 2007; MIYASAKI, 2013; VENTURA, 2019)

O tamanho máximo de partículas, D90 e span estão diretamente ligadas ao processo de refino e apesar de todos os valores encontrados estarem dentro do esperado, constata-se que houve diferença significativa (p<0,05) entre os ensaios. Através de uma análise dessas três variáveis, pode-se dizer que o refino do chocolate ocorreu de maneira aceitável, quando visto de maneira individual, uma vez que os valores do D90 e tamanho máximo de partículas estão dentro do esperado e o span, estatisticamente falando, apresenta uma quantidade menor de pares que se diferem um do outro do que a quantidade de pares diferentes na análise estatística do D90 e tamanho máximo de partículas, o que mostra que a repetibilidade do processo não ocorre de maneira uniforme, mas que individualmente atende o esperado. Essa realmente é uma característica passiva dos moinhos de esferas, e é exatamente por isso, que é recomendado fazer um balanço entre os tamanhos de esferas, para que o processo seja otimizado de maneira geral. Diante dessas informações, levandose em conta que o tamanho e a distribuição das partículas interferem na viscosidade e no limite de escoamento de Casson, não se tem um processo tão uniforme a ponto de permitir a utilização de um nível alto de confiança na avaliação dos dados do planejamento experimental.

Tabela 12: Resultados das variáveis dependentes do Planejamento Experimental

Ensaio	η Ca (Pa.s)	τ Ca (Pa)	R ²
1	6,08 <u>+</u> 0,13	3,23 <u>+</u> 0,24	0,9996
2	4,66 <u>+</u> 0,04	0,00 <u>+</u> 0,00	0,9999
3	6,88 <u>+</u> 0,16	0,11 <u>+</u> 0,07	0,9998
4	4,42 <u>+</u> 0,24	1,96 <u>+</u> 0,21	0,9999
5	4,31 <u>+</u> 0,07	3,30 <u>+</u> 0,30	0,9998
6	2,04 <u>+</u> 0,04	1,55 <u>+</u> 0,09	0,9999
7	3,58 <u>+</u> 0,05	3,66 <u>+</u> 0,36	0,9999
8	5,03 <u>+</u> 0,05	2,49 <u>+</u> 0,13	0,9999
9	4,46 <u>+</u> 0,11	0,64 <u>+</u> 0,13	0,9999
10	4,43 <u>+</u> 0,11	2,15 <u>+</u> 0,27	0,9999

Onde: R² Coeficiente de correlação da regressão, ηCa viscosidade de Casson e τCa limite de escoamento de Casson

Com base nos dados descritos na Tabela 12, a análise do planejamento experimental foi realizada, e os valores encontrados seguem apresentados na Tabela 13 e 14, os quais tratam-se dos efeitos significativos para as variáveis independentes, viscosidade e limite de escoamento de Casson, respectivamente, ambos com um nível de confiança de 75%. Na

sequência de cada tabela são descritas as equações que representam o modelo obtido para cada uma das variáveis.

Tabela 13: Efeitos significativos para viscosidade de Casson

Efeito	Erro
-1,158	0,652
0,723	0,652
-1,788	0,652
1,173	0,652
	-1,158 0,723 -1,788

Equação 02: Viscosidade = 4,582 - 0,579.t + 0,361.F - 0,894.L + 0,586.P (Modelo obtido)

Tabela 14: Efeitos significativos para limite de escoamento de Casson

Variável	Efeito	Erro
Tempo (t)	-1,075	0,963
Lecitina de Soja (L)	1,425	0,963
PGPR (P)	-1,125	0,963

Equação 03: Limite de Escoamento = 1,909 - 0,538.t + 0,713.L - 0,563.

No caso da viscosidade de Casson, analisando os efeitos significativos tem-se que: das variáveis independentes, a de maior importância para o processo é a lecitina de soja, uma vez que o valor do seu efeito, em módulo, é o maior, sendo assim, pode-se dizer que quando ocorre o aumento no percentual de lecitina de girassol, reduz-se, já que é negativo, em 1,788 Pa.s a viscosidade. Em segundo lugar de importância está o tempo, conforme o tempo de conchagem plástica é estendido, a viscosidade reduz em 1,158 Pa.s. Já a concentração de fibra e a quantidade de PGPR, apesar de também terem efeitos significativos, sua ação é contrária, ou seja, quando suas concentrações são aumentadas, a viscosidade também aumenta em 1,173 Pa.s para o PGPR e em 0,723 Pa.s para a concentração de fibras. Portanto, de maneira resumida o aumento no tempo de conchagem e na concentração de lecitina, reduzem a viscosidade, enquanto dosagens maiores de PGPR e fibra, fazem com que o produto fique mais viscoso.

Para o limite de escoamento de Casson, observa-se na Tabela 14 que somente 3 das variáveis apresentaram efeito significativo dentro do nível de confiança analisado. Considerando apenas os efeitos negativos, já que são eles que irão contribuir para a redução do limite de escoamento, a variável de maior impacto foi o PGPR, isto é, conforme a concentração de PGPR aumenta o limite de escoamento diminui em 1,125 Pa. Na sequência de maior impacto no resultado dessa variável independente, tem-se o tempo, a medida que o período de conchagem plástica foi estendido, o limite de escoamento reduziu em 1,04 Pa. Já com relação a concentração de lecitina de girassol, o aumento na dosagem desse emulsificante, contribuiu para o aumento do limite de escoamento em 1,425 Pa.

Os resultados são totalmente coerentes com o que descreve a literatura. Como já citado em discussão anterior, estudos mostram que a substituição de açúcar por fibras solúveis, como polidextrose e inulina, contribuem para o aumento gradativo da viscosidade e limite de escoamento de Casson (GOMES, VISSOTTO, et al., 2007; SHOURIDEH, TASLIMI, et al., 2012). Beckett (2009), relata que a etapa de conchagem plástica, dentre as várias funções que exerce no processo, contribui para a redução da viscosidade, pois conforme pressiona a massa sobre as paredes do equipamento, promove o envolvimento das partículas pela gordura, e quanto maior for o número de partículas englobadas, menor será a viscosidade. Com relação aos emulsificantes, a lecitina de girassol e o PGPR atuam de formas diferentes nas propriedades reológicas do produto, em função de suas capacidades de estabilização, assim sendo, existe um limite máximo de uso para que o efeito de um não interaja negativamente anulando o efeito do outro. Como pode-se observar pelos próprios resultados do planejamento experimental, a lecitina de girassol, na quantidade aplicada, favoreceu a redução da viscosidade de Casson, enquanto aumentou o limite de escoamento, já o PGPR aumenta a viscosidade e diminui o limite de escoamento. Isso explica porque os dois emulsificantes devem ser utilizados, em quantidades otimizadas, na formulação de chocolates.

A Tabela 15, mostra a correlação entre a classificação de chocolates, feita por profissionais da indústria, de acordo com a performance desses produtos em máquina e os respectivos resultados reológicos laboratoriais obtidos para cada um dele. Esses valores foram utilizados como base para determinar uma viscosidade e limite de escoamento de Casson ideais para o chocolate em estudo, de modo que os valores ficassem dentro daqueles praticados no processamento de chocolate, atendendo assim a necessidade industrial, caso o projeto evoluísse para uma fase de comercialização. Com base nesses dados estipulou-se para a Viscosidade e para o Limite de Escoamento de Casson, valores de 4,00 Pa.s e 2,0 Pa, respectivamente, o que possibilitou a otimização do processo, através da utilização de um modelo matemático. Ainda sob análise, a tabela 15 mostra que a ordem em que os chocolates foram dispostos, com relação ao desempenho em linha produtiva, tem relação direta com a viscosidade e limite de escoamento. Os chocolates que ocuparam melhor posição na lista, possuem um conjunto de limite de escoamento e viscosidade plástica de Casson, melhor do que aqueles que ocuparam posições inferiores.

Tabela 15: Classificação de chocolates com relação a sua performance em linha

Produto A	Classificação ¹	η Ca (Pa.s)	τ Ca (Pa)
Chocolate regular 70%	10	1,70 <u>+</u> 0,02	1,71 <u>+</u> 0,48

Chocolate zero açúcar 70%	9	2,57 <u>+</u> 0,06	1,72 <u>+</u> 0,80
Chocolate zero açúcar ao leite	6	2,87 <u>+</u> 0,15	2,68 <u>+</u> 0,27
Chocolate zero açúcar 40% com Proteína Isolada do Soro do leite	8	3,93 <u>+</u> 0,14	0,39 <u>+</u> 0,39
Chocolate branco zero açúcar	7	4,74 <u>+</u> 0,03	4,61 <u>+</u> 0,21

^{1 -} A classificação foi organizada do chocolate com melhor performance para o com pior performance em linha, não existe uma relação direta entre os valores.

A Tabela 16 apresenta os valores codificados para cada uma das variáveis depois do processo de otimização, da mesma forma que a média desses valores e o resultado esperado para limite de escoamento e viscosidade de Casson (Equação 2 e Equação 3). Já a Tabela 17 descreve os valores reais, convertidos através dos valores codificados quando aplicados na Equação 01.

Tabela 16: Valores codificados, provenientes do processo de otimização, e resultado esperado para viscosidade e limite de escoamento de Casson

Item	Т	F	L	Р	η Ca esperado	τ Ca esperado
η Ca	-0,209	-0,130	0,319	-0,209	4,00 Pa.s	-
τ Ca	0,013	NA	-0,017	0,013	-	2,00 Pa
Média	-0,111	-0,130	-0,168	0,111	4,24 Pa.s	2,10 Pa

Tabela 17: Valores reais, provenientes do processo de otimização, e resultado esperado para viscosidade e limite de escoamento de Casson

Item	Т	F	L	Р	η Ca esperado	τ Ca esperado
η Ca real	9,62 horas	~7/7 %	0,63%	0,38%	4,00 Pa.s	-
τ Ca real	9,04 horas	-	0,54%	0,40%	-	2,00 Pa
Média valores reais	~10 horas	~7/7 %	~0,60%	~0,40%	4,24 Pa.s	2,10 Pa

Apesar de os valores para η Ca e τ Ca, terem sofrido leve alteração depois de aplicado a média aritmética entre os dados gerados para limite de escoamento e viscosidade plástica de Casson, eles ainda estão dentro do aceitável para performance em linha.

A Tabela 18 apresenta as formulações finais C e D, com percentual final no tablete de 125 e 214mg, respectivamente, considerando consumo diário de duas porções de 15g.

Tabela 18: Formulações Finais

Ingrediente	Formulação C	Formulação D
Liquor de Cacau	40,00%	40,00%
Maltitol	29,16%	29,00%
Eritritol	5,00%	5,00%
Manteiga de Cacau	10,00%	10,00%
Fibra de Bambu	7,00%	7,00%
Fibra de Inulina	7,00%	7,00%
Lecitina de Girassol	0,60%	0,60%
PGPR	0,40%	0,40%
CarobActive™	0,84%	1,00%

Da mesma forma que no planejamento experimental, os novos produtos elaborados através das formulações C e D foram submetidos à análise de umidade, tamanho máximo de partículas, distribuição de tamanho de partículas, viscosidade e limite de escoamento de Casson, sendo os dados apresentados nas Tabelas 19 e 20.

Tabela 19: Teor de umidade, viscosidade (η Ca) e limite de escoamento (τ Ca) para as formulações finais C e D

Formulação	Teor de Umidade (%)	η Ca (Pa.s)	τ Ca (Pa)	*R ²
С	1,87 <u>+</u> 0,04 ^a	4,95 <u>+</u> 0,1 ^a	3,23 <u>+</u> 0,29 ^a	0,9999
D	1,88 <u>+</u> 0,04 ^a	4,80 <u>+</u> 0,1 ^a	2,31 <u>+</u> 0,18 ^b	0,9999

^{*}Ajuste dos dados reológicos.

Letras diferentes indicam diferença estatística (p<0,05) teste de t Student.

Tabela 20: Tamanho máximo de partículas, D50, D90, D10 e *Span* para as formulações finais

Formulação	Tamanho Máximo de Partícula (µm)	D ₅₀ (μm)	D ₁₀ (μm)	D ₉₀ (μm)	S <i>pan</i> (µm)
С	20 <u>+</u> 1,0 ^a	8,27 <u>+</u> 0,28 ^a	3,12 <u>+</u> 0,16 ^a	23,37 <u>+</u> 2,1 ^a	2,44 <u>+</u> 0,18 ^a
D	20 <u>+</u> 0,6 ^a	7,96 <u>+</u> 0,14 ^a	3,07 <u>+</u> 0,04 ^b	21,91 <u>+</u> 1,0 ^a	2,37 <u>+</u> 0,09 ^a

Letras diferentes indicam diferença estatística (p<0,05) teste de t Student.

Os resultados de teor de umidade, tamanho máximo de partículas, D50, D10, D90 e *Span*, estão dentro dos valores esperados e somente o D10 apresentou diferença significativa (p<0,05) entre as amostras. Com relação aos parâmetros viscosidade plástica e

limite de escoamento de Casson, Tabela 19, observa-se que os resultados não ficaram dentro do que previa a otimização do planejamento experimental. No caso da viscosidade a diferença entre o obtido e o esperado foi pequena, 4,24 para 4,95 e 4,80, para a Formulação C e D, respectivamente, o mesmo pode ser dito para o limite de escoamento, que aumentaram de 2,10 Pa. para 2,44 e 2,37, para as formulações C e D, respectivamente. Essa discrepância pode ser em função do nível de confiança baixo, assim uma padronização do processo e a aplicação de um planejamento experimental completo, seriam alternativas para que o planejamento representasse de maneira ainda mais precisa os resultados obtidos na prática. Todavia, os valores obtidos ainda estão dentro do que é passivo de produção na indústria de chocolate, conforme Tabela 15, e condiz com resultados obtidos na literatura (Tabela 21). Como a literatura não traz referência sobre limites de escoamento e viscosidade de Casson para chocolates produzidos com substituição de açúcar por poliol e ainda acrescido de fibras solúveis e insolúveis, a comparação literária foi feita com base em chocolates regulares ou muitas vezes diet ou light. O mercado também é pobre em chocolates dessa natureza, muitas vezes a fonte de fibras do produto é proveniente do próprio cacau e não de fibra adicionada, o que impossibilita a comparação com o varejo.

Tabela 21: Viscosidade e Limite de Escoamento de Casson – Literatura

Fonte	η Ca (Pa.s)	τ Ca (Pa)	Produto
Gomes <i>et al</i> (2007)	6,64 – 11,04	0,05 – 1,31	Chocolate ao leite com substituição parcial de açúcar por inulina
Stroppa (2011)	1,89 – 4,18	0,29 - 24,95	Chocolate Amargo Regular
Miyasaki (2013)	2,71 – 6,04	1,13 – 4,55	Chocolate Amargo Regular
Shourideh et al. (2012)	2,12 – 3,75	-	Substituição de açúcar por D- Tagatose e Inulina
Oliveira (2015)	2,36 - 2,56	4,42 - 5,20	Chocolate Amargo Regular
Ventura, 2019	4,37 – 5,42	1,45 – 9,80	Chocolate ao leite com substituição parcial de açúcar por manga desidratada

5.3. Tabela Nutricional

A Tabela 22 apresenta as informações nutricionais para o produto estudado (cálculo teórico). Conforme desejado, o chocolate apresentou teores de fibras acima de 2,5g/porção, que é o mínimo estipulado pela legislação para ser declarado como fonte de fibras (BRASIL, 2012). Os conteúdos de zinco, fósforo e vitamina E, não poderiam ser declarados em um rótulo convencional, tendo em vista que os teores não estão acima de 5%, o que é

obrigatório para declaração de vitaminas e minerais (BRASIL, 2005). Contudo foram deixados, pois tornam-se relevantes, uma vez que a ingestão recomendada para o dia seriam duas barrinhas de 15g.

Tabela 22: Informação Nutricional Teórica

-	O NUTRICIONAL	
Quantidade por porção	5g (1 unidade)	%VD*
Valor energético	62 kcal = 261 kJ	3%
Carboidratos, dos quais	5,8 g	2%
Açúcares	0,0 g	**
Polios totais	5,1 g	**
Proteínas	0,7 g	1%
Gorduras Totais, das quais	5 g	8%
Gorduras Saturadas	2,8 g	13%
Gorduras Trans	0,0 g	**
Fibra Alimentar	3,2 g	13%
Sódio	0,6 g	0%
Zinco	0,20 mg	3%
Magnésio	15 mg	6%
Fósforo	24 mg	3%
Ferro	1,7 mg	12%
Vitamina E	0,39 mg	4%

^{* %} Valores Diários com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.**VD não estabelecido.

Elaborado com base nas especificações técnicas dos fornecedores e legislações vigentes, conforme descrito

Elaborado com base nas especificações técnicas dos fornecedores e legislações vigentes, conforme descrito em materiais e métodos As fibras solúveis e as insolúveis são benéficas para organismo de modo que cada uma atua de maneira específica, as solúveis têm a capacidade de formação de géis, com isso o tempo para esvaziamento intestinal é mais lento, além de contribuir para a flora intestinal e metabolismos de glicídios e lipídios. Já as insolúveis, tem propriedade de aumentar o bolo fecal, refletindo em retardamento do trânsito intestinal, retardando também o processo de absorção da glicose e hidrolise do amido (MATTOS e MARTINS, 2000; CATALANI, KANG e DIAS, 2003; LACERDA e PACHECO, 2006; MELLO e LAAKSONEN, 2009).

Diversos estudos trazem resultados eficazes da ação da inulina para com a redução de peso e atenuação de diabetes. Dehghan, Gargari et al (2014), encontraram resultados positivos no controle da inflamação e endotoxemia metabólica em mulheres com Diabetes Mellitus Tipo 2. A endotoxemia metabólica é tida como uma inflamação ocasionada pela alteração de permeabilidade devido à um lipopolissacarídeo (LPS), que leva a resistência à insulina e pode ocasionar diversos problemas como obesidade e aumento do risco de diabetes. Segundo este estudo, depois de recebido uma suplementação diária, com 10 g de inulina, os indivíduos apresentaram redução no peso corporal, assim como no IMC. O teor de açúcar no sangue, quando em jejum, apresentou redução de 34,3% da insulina em jejum, a hemoglobina glicada (HbA1c), que é um indicador para diabetes quando o indivíduo não está em jejum, reduziu 10,4%, o modelo de homeostase, que refere-se a resistência à insulina, reduziu 39,5%, o hs-CRP, que está relacionado a proteína reativa PCR, a qual investiga o estado inflamatório do indivíduo, reduziu em 39,5% e LPS ficou com uma redução de 27,9%. Isso mostrou que a suplementação com essa fibra apresenta capacidade de modular a inflamação e a endotoxemia metabólica em mulheres com perfil das testadas (DEHGHAN, GARGARI, et al., 2014)

Ning et al (2017) verificaram que ratos submetidos primeiramente a um processo de indução ao diabetes e posteriormente tratados com dieta suplementada com diferentes percentuais de inulina, não apresentaram redução no peso corporal, mas tiveram diminuição dos níveis de glicose e lipídeos no sangue, além disso um teste *in vitro*, mostrou que a inulina foi capaz de captar a glicose por mioblastos e hepatócitos.

Gargari *et al* (2012) estudaram o efeito da suplementação de inulina de alto desempenho sobre o controle glicêmico e o *status* antioxidante em mulheres com diabetes Tipo 2. Como resultado relataram que após 2 semanas de suplementação, com 10 g de inulina, os indivíduos apresentaram redução de 8,5% na glicose plasmática em jejum, 10,43% na hemoglobina glicosilada e aumento de 18,82% na capacidade antioxidante total.

Com relação a fibra de bambu, seu uso em alimentos é recente, e não se tem muitos estudos relacionados a ela. Contudo nas referências literárias pesquisadas tem-se que o consumo de brotos de bambu, em função do seu alto percentual de fibra, foi associado a redução dos níveis de colesterol total e LDL (*Low Density Lipoprotein*). Além disso, em

alguns casos, o consumo de celulose (fibra que faz parte da composição da fibra de bambu), também apresentou respostas positivas com relação ao aumento do HDL (*High Density Lipoprotein*), além dos benefícios relacionados ao metabolismo de lipídeos, o consumo de fibra de bambu também traz benefícios com relação a evacuação, uma vez que atua no aumento do bolo fecal (CHONGTHAN, BISHT e HAORONGBAM, 2011).

Em complemento às fibras, tem-se na composição do chocolate, desenvolvido nesse projeto, o fitoterápico "CarobActiveTM", que conta com uma fração de pelo menos 30% de galactomananas e 1% de polifenóis. Em uma pesquisa realizada pela Fagron, 88 voluntários com hipercolesterolemia, fizeram o uso do CarobActiveTM, por um período de 4 semanas, e após finalizado os testes ocorreram reduções de 17,8% do colesterol total e 26,2% do índice de LDL/HDL e dos triglicerídeos. Além dessas propriedades esse composto fitoterápico atua na redução da atividade enzimática da alfa-glicosidade e, com isso, estende a sensação de saciedade por um tempo maior, já que retarda o esvaziamento gástrico. Ele também tem capacidade de reduzir a concentração do hormônio grelina, o qual está relacionado com o estímulo para que uma refeição seja iniciada, pois tem papel importante na sinalização dos centros hipotalâmicos que regulam a ingestão alimentar. Portanto, diante dessas informações, o esperado é que a sua utilização contribua para o metabolismo de lipídeos, além da redução de peso, já que promove maior sensação de saciedade (ROMERO, 2006; FAGRON, 2019).

5.4. Avaliação dos aspectos legais para alegação funcional

O chocolate, de acordo com a RDC de 27, de 06 de agosto de 2010, é um produto dispensado de registro junto aos órgãos sanitários, contudo quando alguma alegação funcional é feita junto aos rótulos desse produto ele foge desse conceito, devendo assim ser enquadrados na categoria de alimentos com alegações de propriedades funcionais ou de saúde, de acordo com a RDC 19, de 30 de abril de 1999.

Com relação ao processo para registro dos produtos é necessário apresentar junto ao órgão competente um conjunto de dados que contenham informações sobre:

- Qual deve ser o consumo previsto do produto, ou seja, duas unidades de chocolate, por dia;
- Qual a finalidade do produto e o seu valor nutricional, o qual segue descrito no item
 5.3.
- E as evidências científicas, que devem ser compostas por ensaios bioquímicos, ensaios nutricionais, estudos epidemiológicos, ensaios clínicos, evidências literárias e comprovação de uso tradicional. Para evidências científicas, conforme descrito em materiais e métodos seria necessário continuação do projeto, para que pesquisas

mais aprofundadas fossem capazes de levantar a base de dados para registro do produto.

Para o processo de aprovação é necessário que sejam elaborados textos técnicos que dizem respeito a alegação de funcionalidade, a qual passará por um processo de aprovação. Contudo a ANVISA, também disponibiliza de textos já padronizados, ao quais não tem o uso obrigatório, mas caso seja uma opção, sabe-se que não ocorrerão problemas com a aprovação. Por mais que existam esses textos, que são baseados em todo um estudo e pesquisas já disponibilizadas na literatura, a alegação de funcionalidade deve estar relacionada ao produto como um todo, e não apenas com relação ao ingrediente específico, portanto o processo de aprovação deve correr da mesma maneira, pois é necessário avaliação caso a caso, levando em consideração a formulação característica do alimento (BRASIL, 1999)

5.5. Análise Sensorial

Para a realização da análise sensorial, o objetivo era convidar pelo menos 100 (cem) provadores para fazerem parte do teste, sendo esses representantes do público-alvo desejado, ou seja, consumidores ativos de chocolate meio amargo a amargo, preferencialmente sem adição de açúcares, não exigindo faixa etária específica nem sexo para o provador. Em cada sessão realizada os provadores iriam avaliar duas amostras do produto desenvolvido em relação à cor, textura, sabor, aroma e impressão global, além da intenção de compra. A duração do teste para cada provador giraria em torno de 15 minutos.

Como método para esse ensaio seria aplicado o descritivo, através do teste de escala hedônica mista, estruturada, vertical e bipolar de 9 pontos (BENTO, ADRADE e SILVA, 2013). As amostras seriam apresentadas pelo consumidor de forma concomitante, codificadas numericamente, contendo três dígitos aleatórios, sendo o teste realizado em cabines ou não, sob iluminação ambiente (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). O provador receberia junto com as amostras, o termo de consentimento livre e esclarecido para pesquisa em serem humanos, assim como as fichas para avaliação, contendo atributos relacionados à cor, textura, sabor, aroma e impressão global, ambos os documentos seguem no ANEXO 8.1. A intenção de compra também seria avaliada, assim como o perfil do consumidor. Os resultados seriam analisados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

No entanto, as amostras de chocolate para o ensaio sensorial foram preparadas antes da publicação do Decreto n° 64.881 de 22/03/2020, que estabeleceu a quarentena no Estado de São Paulo em função da pandemia da Covid-19, onde as atividades presenciais no Instituto de Tecnologia de Alimentos ficaram suspensas, comprometendo a realização de atividades práticas dos trabalhos científicos, incluindo as teses. Com isso, as amostras ficaram armazenadas por um longo período após a industrialização (12 meses), o que impossibilitou a aplicação do teste, já que mudanças expressivas no comportamento sensorial do produto poderiam levar a resultados duvidosos

5.6. Análise de digestão in vitro

A análise de digestão in vitro tinha como principal objetivo comparar se existiria ou não diferença na absorção de lipídios entre os chocolates contendo os ingredientes funcionais e fitoterápicos e os produtos sem estes ingredientes. O ensaio seria realizado no Centro de Ciência e Qualidade dos Alimentos - CCQA, do Ital, através da padronização do método utilizado por Franco (2018), o qual trata de uma simulação gastrointestinal utilizando um modelo estático dividido em três etapas: oral, gástrica e duodenal, envolvendo a preparação dos fluídos salivares (SSS), gástrico (SGF) e intestinal (SIF), para utilização, além da aplicação de enzimas digestivas correspondentes, eletrólitos e bile. Nesse método, depois da simulação de digestão finalizada, seria possível calcular o índice de degradação da matriz, ou seja, a quantidade de sólidos que foram dispersados durante a digestão. Como resultado comparativo, já seria possível uma avaliação de qual amostra foi mais degradada, aquela contendo os ingredientes funcionais e fitoterápicos ou a que não continha esses ingredientes na formulação. E por fim, para determinação de ácidos graxos livres, o método propunha uma quantificação em percentual desses compostos através da correlação feita da extensão da lipólise, medida por espectrofotometria em 564nm, utilizando um Kit enzimático específico, sendo os valores da absorbância comparados com uma linha de calibração usando um ácido graxo específico.

Novamente, devido à publicação do Decreto nº 64.881 de 22/03/2020, que estabeleceu a quarentena no Estado de São Paulo em função da pandemia da Covid-19, onde as atividades presenciais no Instituto de Tecnologia de Alimentos ficaram suspensas, o tempo disposto após o retorno das atividades não seria hábil o suficiente para estabelecer todo o processo de padronização da metodologia e realização dos ensaios no Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos, CCQA, do Ital.

5.7. Contribuição para próximas pesquisas

Para possibilidade de continuidade do projeto, como sugestão, deixa-se os tópicos:

- Reproduzir as formulações finais e analisar o teor de umidade para as amostras finais, com a finalidade de verificar se realmente a conchagem seca teve efeito efetivo na redução da umidade do produto;
- Testar o aumento do percentual de manteiga de cacau, para melhorar ainda mais as características reológicas do produto;
- Testar concentrações maiores de fitoterápico, e aplicar o teste sensorial;
- Comparar a adição de fitoterápico com a goma de alfarroba comercializada comumente;
- Realizar a digestão in vitro e comparar os resíduos obtido quando chocolate sem fibra, com fibra e sem fitoterápico e com fitoterápico;
- Fazer a substituição do total do maltitol por eritritol, visando uma redução do valor energético;
- Comparar sensorialmente, os produtos elaborados com a mistura de maltitol e eritritol com aquele elaborado somente com eritritol;
- Realizar estudo in vivo e verificar a ação do produto.

6. CONCLUSÕES

As pesquisas realizadas mostraram a viabilidade técnica da produção, em escala piloto, de um chocolate amargo, fonte de fibras e com presença de composto fitoterápico;

O planejamento experimental possibilitou a determinação de concentrações ideais de ingredientes para que o processo produtivo do chocolate ocorresse de maneira otimizada, e permitisse escalonamento;

O chocolate obtido apresentou percentuais de umidade e tamanho de partículas adequados, bem como comportamento reológico que vai de encontro com os parâmetros aplicados pela indústria, da mesma forma com os relatados pela literatura:

Os ingredientes fibra de inulina, fibra de bambu e CarobActive™ são comumente comercializados pela indústria, o que não torna nenhum empecilho sua aplicação em produtos derivados do cacau. Além de terem sido dosados em quantidades

suficientes para atingir o objetivo esperado para cada um, atuando de maneira sinérgica entre eles e os demais ingredientes da formulação;

A partir de uma análise de dados simples, junto aos órgãos fiscalizadores, foi avaliada a possibilidade futura de obtenção de registro, para posterior comercialização;

Apesar da análise sensorial não ter sido realizada, observou-se durante o desenvolvimento que a inclusão das fibras (inulina e bambu) e do composto fitoterápico (CarobActive™) não interferiu no sabor e nem nas propriedades de fusão do chocolate, contudo os ensaios não foram realizados com quantidade de pessoas de modo a promover resultados confiáveis estatisticamente, mas tudo declina para resultados positivos

7. REFERÊNCIAS

ABESO. Mapa da Obesidade. **Associação brasileira para o estudo de obesidade e síndrome metabólica**, 2018. Disponivel em: https://abeso.org.br/obesidade-e-sindrome-metabolica/mapa-da-obesidade/>. Acesso em: 04 Maio 2021.

ABESO. Lancheira Saudável. **Associação brasileira para estudo da obesidade e síndrome metabólica**, 2021. Disponivel em: https://abeso.org.br/baixe-o-e-book-lancheira-saudavel/. Acesso em: 04 Maio 2021.

AFOAKWA, E. O.; PATERSON, A.; FOWLER, M. Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate e a review. **Trends in Food Sciense & Tecnology**, Amisterdã, v. 18, p. 290 - 298, 2007.

AIDOO, R. P.; AFOAKWA, ; DEWETTINCK,. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/ polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. **LWT - Food Science and Technology**, Amisterdã, p. 1 - 6, 2014.

AIDOO, R. P.; AFOAKWA, E. O.; DEWETTINCK, K. Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture – Rheological, microstructure and physical quality characteristics. **Journal of food engineering**, Amisterdã, v. 126, p. 35 - 42, 2014.

ALVIM, I. D. et al. Comparison between the spray drying and spray chilling microparticles contain ascorbic acid in a baked product application. **LWT Food Science and Tecnology**, Suiça, v. 65, p. 689 - 694, Janeiro 2016.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. **Diabetes** care, Janeiro 2005. S37 - S42.

ANGUS, A.; WESTBROOK, G. **Top 10 Global Consumer Trends 2019**. Euromonitor internacional. Londres, p. 77. 2019.

AWUA, P. K. Cocoa processing and chocolate manufacture in. 1. ed. Reino Unido: David Jamieson and Associates, 2002.

BARBOSA, G. O. et al. Análise bromatológica e de rotulagem de chocolate ao leite e chocolate 70%. **Journal of applied pharmaceutical sciences**, Montes Claros, v. 7, p. 42 - 52, Outubro 2020.

BATTLE, I.; TOUS, J. Carob tree. Ceratonia siliqua L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Roma: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, 1997.

BECKETT, S. T. Industrial Chocolate Manufacture and Use. London: Chapman & Hall, 1994.

BECKETT, S. T. Chocolate manufacture. In: TALBOT, G. Science and tecnology of enrobed and filled chocolate, confectionary and backery products. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, v. 1, 2009. p. 11-28.

BENTO, R. D. A.; ADRADE, S. A. C.; SILVA, A. M. A. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Recife: E-Tecbrasil, v. 1, 2013.

BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. Fibra alimentar - ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Scielo**, São Paulo, v. 57, p. 397 - 405, Abril 2013.

BRASIL. Resolução - RES Nº18 de 30 de abril de 1999. **Dispõe das diretries básicsa para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegads na rotulagem de alimentos**, 1999. Disponivel em:

http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RES_18_1999_COMP.pdf/dd30fd35-e7ea-4f8d-be72-ae2e439191b0. Acesso em: 10 maio 2021.

BRASIL. Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o regulamento técnico que estabelece diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos, constante no anexo desta portaria, 1999. Disponivel em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RES_18_1999_COMP.pdf/dd30fd35-e7ea-4f8d-be72-ae2e439191b0. Acesso em: 04 maio 2021.

BRASIL. RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. **Aprova o Regulamento Técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados**, 2003. Disponivel em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_360_2003_COMP.pdf/caab87a1-e912-459f-8bc0-831a48b95da9. Acesso em: 10 maio 2021.

BRASIL. Resolução RDC 359, de 23 de dezembro de 2003. **Aprova o Regulamento Técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional**, 2003. Disponivel em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_359_2003_COMP.pdf/1e860ef6-10e6-404b-81e2-87aae8cfd53a. Acesso em: 10 maio 2021.

BRASIL. RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais.**, 2005. Disponivel em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_269_2005_COMP.pdf/25aaf9f3-32bc-4e80-aa6c-0520332533a6. Acesso em: 10 maio 2021.

BRASIL. Resolução RDC Nº 264, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para chocolate e produtos derivados do cacau**, Brasília, 23 Setembro 2005.

BRASIL. RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar**, 2012. Disponivel em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/4825974/%281%29RDC_54_2012_.pdf/921d3c25-cef9-40d8-9b3f-7861eb7b8235. Acesso em: 10 maio 2021.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 26, de 13 de Maio de 2014. Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos e o registro e a notificação de produtos tradicionais fitoterápicos, 2014. Disponivel em: http://antigo.anvisa.gov.br/legislacao#/. Acesso em: 04 jun. 2018.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 26, de 13 de maio de 2014. Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos e o registro e a notivialção de produtos tradicionais fitoterápicos, 2014. Disponivel em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3171284/%284%29RDC_26_2014_COMP.pdf/c83eaf06-cde5-4fa5-9e70-9d19369233f2. Acesso em: 04 Maio 2021.

BRASIL. **Vigilância das doenças e agravos não transmissíveis e promoção a saúde**. Ministério da Saúde. Brasília, p. 8. 2017.

BRASIL. Instrução Normativa IN 75, de 8 de outubro de 2020, 2020. Disponivel em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN+75_2020_.pdf/7d74fe2d-e187-4136-9fa2-36a8dcfc0f8f. Acesso em: 07 jun. 2021.

BRUTTEL, P.; SCHILINK, R. Water Determination by Karl Fischer Titration. **Metrohom Manograph**, Berkhamsted, v. 8, p. 1 - 80, 2006.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Frutanos do tipo inulina e aumento da absorção de cálcio: uma revisão sistemática. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 25, p. 147 - 159, Janeiro / Fevereiro 2012.

CATALANI, L. A.; KANG, É. M. S.; DIAS, M. C. G. Fibras Alimentares. **Revista Brasileira de Nutrição Clinica**, São Paulo, n. 3, p. 178 - 182, Outubro, Novembro e Dezembro 2003.

CHAIR, R. W. **Advocacy guide to the IDF diabetes atlas ninth edition 2019**. International Diabetes Federation. Bélgica, p. 28. 2019.

CHENG, L. et al. Characterization of bamboo species at different ages and bio-oil production. **Journal** of Analytical and Applied Pyrrolysis, Suiça, p. 8, Setembro 2015.

CHONGTHAN, N.; BISHT, M. S.; HAORONGBAM, S. Nutritional Properties of Bamboo Shoots: Potential and Prospects for Utilization as a Health Food. **Food Science and Food Safaty**, Chandigarh, v. 10, p. 153 - 169, 2011.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Report of the 30th session of de Codex Commitee in Nutrition and Foods for Special Dietary Uses. Codex. [S.I.], p. 27-58. 2008.

COHEN, K. D. O.; LUCCAS, V.; JACKIX, M. D. N. H. Temperagem ou pré cristalização do chocolate. **Brazilian Journal of Food Tecnology**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 23-30, Janeiro / Junho 2004.

COLKER, C. M. et al. Effects of Citrus aurantium extract, caffeine, and St. John's Wort on body fat loss, lipid levels, and mood states in overweight healthy adults. **Elsevier**, Londres, v. 1, n. 3, p. 145 - 153, Março 1999.

COOK, L. R. Chocolate Production and Use. New York: Books for Industry, v. 1, 1972.

DEHGHAN, P. et al. Inulin controls inflammation and metabolic endotoxemia in women with type 2 diabetes mellitus: a randomized-controlled clinical trial. **Food Science and Nutrition**, Inglaterra, v. 65, n. 1, p. 117 - 123, 2014.

DEMAN, J. M. et al. **Rheology and Texture in Food Quality**. Westport: The Avi Publish Company, v. 1, 1976.

DIONISIO, M.; GRENHA, A. Locust bean gum: exploring its potencial for biopharmaceutical applications.. **Journal of pharmacy and bioallied sciences**, Mumbai, p. 175 - 185, Julho 2012.

DUNCAN, B. B. Doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: prioridade para enfrentamento e investigação. **Revista de Saúde Pública**, Porto Alegre, v. 46, p. 126 - 134, Novembro 2012.

DUNCAN, B. B. et al. Doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: prioridade para enfrentamento e investigação. **Revista de Saúde Pública**, Porto Alegre, v. 46, p. 126 - 134, Novembro 2012.

EUROMONITOR. Top 10 global consumer trends for 2017. EUROMONITOR. Londres, p. 51. 2017.

FADINI, A. L.; CRUZ, C. L. D. C. V. Controle e Adequação. In: QUEIROZ, G. D. C.; REGO, R.; PEREIRA, D. C. **Brasil Backery & Confectinary Trends 2020**. 1. ed. Campinas: Ital, 2014. p. 324.

FAGRON. Carob Active TM. Fagron. São Paulo. 2018.

FAGRON. Carob Active. Fagron. [S.I.], p. 1 - 2. 2019.

FELISBERTO, M. H. F. et al. Young bamboo culm: Potential food as source of fiber and starch. **Food Research Internacional**, Suiça, v. 101, p. 96 - 102, Agosto 2017.

FELISBERTO, M. H. F.; BERALDO, A. L.; CLERICI, M. T. P. S. Young bamboo culm flour of Dendrocalamus asper: Technological properties for food applications. **LTW Food Science and Technology**, Suiça, v. 76, p. 230 - 235, Junho 2016.

FIESP; ITAL. Brasil Food Trends 2020. FIESP e ITAL. Campinas, p. 176. 2020.

FIGUEIREDO, C. A.; LIMA, F. I. D.; COSTA, S. G. C. Fitorerapia como prática popular em duas comunidades de João Pessoa. **Colóquio Internacional Paulo Freire**, Paraíba, Setembro 2005.

GARGARI, B. P. et al. Effects of High Performance Inulin Supplementation on Glycemic Control and Antioxidant Status in Women with Type 2 Diabetes. **Diabetes and Metabolism Journal**, v. 37, p. 140 - 148, Setembro 2012.

GHOSH, V.; ZIEGLER, G. R.; ANANTHESWARAN, R. C. Moisture migration through chocolate-flavored confectionery coatings. **Journal of food engineering**, Amesterdã, v. 66, p. 177 - 186, 2005.

GOMES, C. R. et al. Influência de diferentes agentes de corpo nas características reológicas e sensoriais de chocolates diet em sacarose e light em calorias. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 614 - 623, Setembro 2007.

GOSH, V.; ZEIGLER, G. R.; ANANTHESWARAN, R. C. Fat, moisture, and Ethanol migration though chocolates and confectionary. **Food and science and nutrition**, Inglaterra, v. 42, n. 6, p. 583 - 626, Julho 2002.

GOULAS, V.; STYLOS, E.; CHATZIATHANASIADOU, M. V. Functional Components of Carob Fruit: Linking the Chemical and Biological Space. **Internacional Journal of Molecular Sciences**, Basel, p. 2 - 20, Novembro 2016.

GRIVETTI, L.; SHAPIRO, H.-Y. **Chocolate:** history, culture, and heritage. New Jersey: John Wiley & Sons, v. 1, 2009.

GUNSTONE, F. D. The Chemestry of oils and fats. 1. ed. Oxford: Blackwell, 2004.

GUNSTONE, F. D. **Vegetable Oils in Food Technology:** Composition, Properties and Uses. 2. ed. Oxford: Blackwell, 2011.

GUNSTONE, F. D. Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses. lowa. 2011.

IBGE. Um a cada quatro brasileiros estava obeso em 2019. **Censo 2021**, 2021. Disponivel em: https://censo2021.ibge.gov.br/2012-agencia-de-noticias/noticias/29204-um-em-cada-quatro-adultos-do-pais-estava-obeso-em-2019.html. Acesso em: 04 Maio 2021.

IDF. IDF diabetes atlas, Bruxelas, 2019. 1 - 176.

KEIJBETS, E. L.; CHEN, J.; VIEIRA, J. Chocolate demoulding and effects of processing conditions. **Journal of food engineering**, Amisterdã, v. 98, p. 133 - 140, 2010.

LACERDA, F. V.; PACHECO, M. T. A ação das fibras alimentares na prevenção da constipação intestinal. **Revista Univap**, São José dos Campos, v. 13, p. 2466 - 2469, Outubro 2006.

LOPES, J. D. Produção e caracterização de micropartículas lipídicas, obtidas por spray cooling, para utilização como agentes de nucleação na produção de chocolates. Tese (Doutora em Tecnologia dr Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade de Campinas. Campinas, p. 200. 2015.

LUCCAS, V. Fracionamento termico e obtenção de gorduras de cupuaçu alternativas a manteiga de cacau para uso na fabricação de chocolate. Tese (doutorado) - Universidade

Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Quimica, Campinas, SP. Campinas, p. 195. 2001. (1).

MAKRIS, D. P.; KEFALAS, P. Carob Pods (Ceratonia siliqua L.) as a Source of Polyphenolic Antioxidants. **Food Technology and Biotechnology Journal**, Croácia, p. 105 - 108, Abril 2014.

MANLEY, D. **Technology of biscuits, crackers and cookies**. 3. ed. [S.I.]: Woodhead Publishing, 2020.

MARTINS, J. M. et al. Melhoria da Qualidade do Cacau. CEPLAC/CENEX. Ilhéus, p. 48. 2011.

MATTOS, L. L. D.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, p. 50 - 55, Fevereiro 2000.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Florida: CRC Press Inc, 1999. 387 p.

MELLO, V. D. D.; LAAKSONEN, E. Fibras na dieta: tendência atuais e benefícios à saúde na síndrome metabólica e no diabetes melito tipo 2. **Arq Bras Edocrinol Metab**, Kuopio, v. 53, p. 509 - 518, Junho 2009.

MINIFIE, B. W. Chocolate, cocoa, and confectionery science and technology. 3. ed. Gaithersburg: Aspen Publishers, v. 1, 1999.

MINTEL. Tendências globais de consumo. Mintel. São Paulo, p. 41. 2021.

MIYASAKI, E. K. Avaliação da adição de emulsificantes do tipo lecitinas modificadas na cristalização de mateiga de cacau de chocolate amargo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) -Faculdade de Engenharia Química da Universidade de Campinas. Campinas, p. 206. 2013.

NAIK, B.; KUMAR, V. Cocoa butter and its alternatives: a reveiw. **Journal of bioresource engineering and techology**, Varanasi, v. 2, n. 1, p. 1 - 12, January - March 2014.

NING, C. et al. Chicory inulin ameliorates type 2 diabetes mellitus and suppresses JNK and MAPK pathways in vivo and in vitr. **Molecular Nutrition & Food Research**, p. 1 - 30, Janeiro 2017.

NIRMALA, C. et al. Bamboo: A Rich Source of Natural Antioxidants and its Applications in the Food and Pharmaceutical Industry. **Trends in Food Science & Technology**, Chandigarh, p. 1 - 29, Abril 2018.

OLIVEIRA, I. C. D.; CORDEIRO, P. B. D. M. H. Os fitoterápicos como coadjuvantes no tratamento da obesidade. **UNIFOA**, Volta Redonda, v. 1, p. 97 - 104, Maio 2013.

OLIVEIRA, I. C. D.; CORDEIRO, P. B. D. M. H. Os Fitoterápicos como coadjuvantes no tratamento da obesidade. **Unifoa**, Volta Redonda, v. 1, p. 97 - 104, Maio 2013.

OLIVEIRA, M. C. D. et al. Elaboração de chocolates com adição de inulina: análise físico química e sensorial. **Revista Uniabeu**, Belford Roxo, v. 8, p. 321 - 336, Maio - Agosto 2015.

OLIVEIRA, R. A. D. et al. Otimização de extração de inulina de raízes de chicória. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 6, p. 131 - 140, Outubro 2004.

OLIVEIRA, S. C. D. Influência da fração lípidica e da etapa de resfriamento na cristalização e estabilidade física de chocolate amargo. Dissertação (Mestra em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade de Campinas. Campinas, p. 82. 2015.

OLIVEIRA, T. W. N. D. et al. Laranja amarga (Citrus aurantium) como 1coadjuvante no tratamento da obesidade. **RSC**, São Paulo, v. 1, p. 114 - 126, Janeiro 2017.

PAPAGIANNOPOULOS, M. et al. Identification and Quantification of Polyphenols in Carob Fruits (Cerotonia siliqua L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, p. 3784 - 3791, Janeiro 2014.

PERES, N. et al. Alimentos saudáveis, alimentos funcionais, fármaco alimentos, nutracêuticos.: Você já ouviu falar? **Higiene Alimentar**, v. 14, p. 19 - 23, Abril 2000.

PIMENTEL, T. C.; SANDRA, G.; PRUDENCIO, S. H. Aspectos funcionais, de saúde e tecnológicos de frutanos tipo inulina. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 30, p. 103 - 118, Janiero / Junho 2012.

RICHTER, M.; LANNES, S. C. D. S. Ingredientes usados na indústria de chocolate. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 357 - 369, jun/set 2007.

ROMERO, C. E. M. O papel dos hormônios leptina e grelina na gênese da obesidade. **REvista de Nutrição**, Campinas, v. 19, p. 85-91, Janeiro - Fevereiro 2006.

RUSKONE'-FOURMESTRAUX et al. A digestive tolerance study of maltitol after occasional. **European Journal of Clinical Nutrition**, Paris, v. 57, p. 26 - 30, abr. 2002.

SBD SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. **O que é diabetes**. Sociedade Brasileira de Diabetes. São Paulo. 2021.

SEBRAE. Tendência no consumo de alimentos. SEBRAE. São Paulo, p. 9. 2014.

SHOURIDEH, et al. Effects of D-Tagatose and Inulin on Some Physicochemical, Rheological and Sensory Properties of Dark Chocolate. **International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics**, San Bernardino, v. 2, n. 5, p. 314 - 319, Setembro 2012.

STROPPA, V. L. Z. Influência de lecitina e PGPR no processo de microenstruturação do chocolate amargo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 103. 2011.

STROPPA, V. L. Z. Cinética da redução do tamanho de partículas (refino) no processamento e qualidade de chocolates. Tese (Doutorado em Engenharia Química) da Universidade de Campinas. Campinas, p. 130. 2018.

SUPLICI, S. E. R. et al. Mortalidade prematura por doenças crônicas não transmissíveis e cobertura da atenção básica: análise dos indicadoresatenção básica: análise dos indicadoresatenção básica: análise dos indicadoresatenção básica: análise dos indicadores. **Revista de enfermagem da UFSM**, Santa Maria, v. 11, n. 24, p. 1 - 18, Março 2021.

TENG-JU, T. et al. Extraction of cocoa butter by supercritical. **Journal of Food Lipids**, p. 263 - 276, 2008.

THEOPHILOU, I. C.; NEOPHUTOU, C. M.; KAKAS, A. A Carob and its components in the management of gastrointestinal disorders. **Scientific Open Acess Journals**, Hyderabad, p. 01 - 05, Junho 2017.

TOKER, O. S.; PALABIYIK, ; KONAR, N. Chocolate quality and conching. **Trends in Food Science & Technology**, Amisterdã, v. 91, p. 446 - 453, 2019.

TSAI, A. C.; PENG, B. Effects of lacust bean gum on glucose tolerance, sugar difestion and gastric motility in rats. **Human Nutrition Program**, Michigan, p. 2152 - 2156, Agosto 2016.

VENTER, M. J. et al. Expression of cocoa butter from cocoa nibs, Elsevier, v. 55, p. 256 - 264, 2007.

VENTURA, M. B. Caracterização sensorial de chocolate ao leite com substituição parcial de açúcar por manga (Manifera indica L) desidratada. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 104. 2019.

ZUNFT, H. J. F. et al. Carob pulp preparation rich in insoluble fibre lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic patients. **European Hournal of Nutrition**, p. 235 - 242, Junho 2003.

8. ANEXOS

8.1. Termo de consentimento livre e esclarecido para pesquisa em serem humanos, assim como as fichas para avaliação

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PESQUISA COM SERES HUMANOS

PROJETO DE PESQUISA

AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS LEGAIS, DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS E TECNOLÓGICAS DE CHOCOLATE FONTE DE FIBRAS, SEM ADIÇÃO DE AÇÚCAR E COM PRESENÇA DE COMPOSTO COM AÇÃO FITOTERÁPICO

Responsável pela pesquisa: Regiane de Brito Vieira Membro da Equipe: Valdecir Luccas

JUSTIFICATIVA E OBJETIVO:

A proposta deste trabalho é estudar, do ponto de vista tecnológico e sensorial, as características de chocolate meio amargo e sem adição de açúcar, contendo em sua composição fibras solúveis e insolúveis e um composto fitoterápico. As fibras são exemplos de carboidratos com efeito funcional, uma vez que, quando ingeridas regularmente, melhoram os níveis de lipídeos séricos, reduzem o nível de pressão arterial, melhoram o controle da glicemia em pacientes com diabetes mellitus, auxiliam na redução do peso corporal e ainda atuam beneficamente no sistema imunológico, sobretudo, devido ao impacto que causam na velocidade do trânsito intestinal (BERNAUD; RODRIGUES, 2013, LOTTENBERG1; FAN; BUONACORSO, 2010). Um composto fitoterápico trata-se de uma planta medicinal industrializada, sendo nesse caso, composto extraído da alfarroba. Devido ao elevado potencial econômico e nutricional destes produtos, pesquisas na área têm sido incentivadas, com o intuito de elaborar produtos mais saudáveis e com maior valor agregado. Todas as amostras produzidas serão submetidas a uma avaliação sensorial para verificar a aceitação do produto e a intenção de compra pelo consumidor.

PROCEDIMENTO:

Data

O entrevistado responderá um questionário de avaliação do produto. Em cada sessão realizada, serão analisadas duas amostras dos seguintes produtos (chocolate meio amargo sem açúcar, com adição de fibras – inulina e fibra de bambu, e composto fitoterápico – fibra da alfarroba - adicionado em diferentes concentrações. Características de cor, sabor, aroma, textura e impressão global serão exploradas. O entrevistado também irá avaliar a intenção de compra do produto, além de responder um breve questionário sobre o consumo de chocolate

O entrevistado receberá uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e terá toda a liberdade para questionamento de qualquer dúvida e esclarecimento sobre a pesquisa a ser realizada durante o projeto, bem como poderá deixar de participar a qualquer momento, sem prejuízos. Além disso, a equipe deixa claro ao entrevistado que não haverá riscos previsíveis com a sua participação na pesquisa e assegura que a identidade deles é mantida em sigilo e/ou a identificação é facultativa. Pessoas sensíveis ao maltitol ou ingestão de fibras não devem participar do teste.

	
Assinatura do responsável pela pesquisa: _	
Assinatura do entrevistado:	

FICHA DE APLICAÇÃO - ANÁLISE SENSORIAL

No	me:	Sexo: ()	F()M	Data:		Idade: _	
1.	Costuma comer chocolate amargo?	() Sim	()Não			
2.	Qual a frequência de consumo de chocolate an	nargo? () Diária	() Sen	nanal (() Quinzenal	() Mensal
3.	É consumidor de produtos fonte de fibras?	() Sim (Qual?			_() Não
4.	É consumidor de produtos sem adição de açúc	ares () Sim (Qual?			_() Não
5.	Prove a amostras de chocolate, use a escala abaixo para indicar, para cada uma delas o quanto você gosto ou desgostou do produto em relação aos atributos: cor, aroma, sabor, textura e impressão global:						
	 9 - Gostei muitíssimo 8 - Gostei muito 7 - Gostei moderadamente 6 - Gostei ligeiramente 5 - Nem gostei/nem desgostei 4 - Desgostei ligeiramente 3 - Desgostei moderadamente 2 - Desgostei muito 1 - Desgostei muitíssimo 						
	É importante escrever o número da amostra que está experimentando						
	Amostra:		Am	ostra:			
	Cor:		Cor:		3		
	Aroma:		Aroma:		3-		
	Sabor:		Sabor:		·		
	Textura		Textura		10-		
	Impressão Global:		mpressão	Global:			
6.							
	Amostra:			Amos	tra:		
	O que menos gostou:		O que n	nenos gos	tou: _		
	O que mais gostou:		O que n	nais gosto	u: _		
7.	Assinale para esta amostra qual seria sua atitud	de quanto à	compra d	lo produto.			
	5. Eu certamente compraria este produto. 4. Eu provavelmente compraria este produto. 3. Tenho dúvidas se compraria ou não esse produto. 2. Eu provavelmente não compraria este produto. 1. Eu certamente não compraria este produto. Comentários:						

8.2. Planejamento experimental fatorial fracionado 2⁴⁻¹

Tabela 23: Planejamento experimental fracioado 2⁴⁻¹

Ensaio	Tempo de Concha	Proporção de Fibra (Inulina / F. de Bambu)	Lecitina de Soja	PGPR
1	-	-	-	-
2	+	-	-	+
3	-	+	-	+
4	+	+	-	-
5	-	-	+	+
6	+	-	+	-
7	-	+	+	-
8	+	+	+	+
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0