

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE TECNOLOGIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CAMPUS CAMPO MOURÃO – PARANÁ

RENATA RODRIGUES DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE *FROZEN YOGURT* FUNCIONAIS LINHA
“*CLEAN LABEL*” ADICIONADOS DE CORANTES NATURAIS DE
BETALAÍNA E BIXINA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2013

RENATA RODRIGUES DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE *FROZEN YOGURT* FUNCIONAIS LINHA
“*CLEAN LABEL*” ADICIONADOS DE CORANTES NATURAIS DE
BETALAÍNA E BIXINA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos da Coordenação dos Cursos de Tecnologia e Engenharia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, *campus* Campo Mourão, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientadores: Prof. Dr. Maria Josiane Sereia
Prof. Dr. Bogdan Demczuk Junior

CAMPO MOURÃO

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão

Coordenação dos Cursos de Tecnologia e Engenharia de Alimentos
Engenharia de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE *FROZEN YOGURT* FUNCIONAIS LINHA
"CLEAN LABEL" ADICIONADOS DE CORANTES NATURAIS DE
BETALAÍNA E BIXINA

por

RENATA RODRIGUES DE OLIVEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 03 de Outubro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho Aprovado.

Prof.^a. Dr.^a. Maria Josiane Sereia
Orientadora

Prof.^a. Ms. Marianne Ayumi Shirai

Prof. Dr. Bogdan Demczuk Junior
Orientador

Prof.^a. Dr.^a Renata Hernandez Barros

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, sabedoria e por sempre iluminar meu caminho.

À meus orientadores Prof. Dr. Maria Josiane Sereia e Prof. Dr. Bogdan Demczuk Junior pela confiança em meu trabalho, paciência, ensinamentos, atenção e incentivo constante. Estes exerceram mais que uma orientação a um trabalho, foram amigos com quem interagi, trouxeram experiência e amadurecimento.

À aluna Thaise Pascoato pela parceria nesta pesquisa, pela amizade verdadeira e pelo ombro amigo nas horas mais difíceis.

Aos professores: Adriele Santos, Manuel P. Oviedo e Charles Haminiuk por sua ajuda e dedicação.

Aos amigos: Amanda Dionízio, Alan Bispo e Natara Tosoni pela colaboração a este trabalho.

À todos os membros da banca examinadora, pelas correções e sugestões apresentadas.

Meus agradecimentos especiais a esta Universidade, seus professores e funcionários, pois são responsáveis pela minha formação.

À equipe dos laboratórios da UTFPR, Ângela Kwiatkowski, Marcos Vieira e Gabriela R. Anjos, pessoas incansáveis em ajudar, sem as quais não seria possível realizar grande parte dos meus trabalhos.

Aos meus pais, pelo exemplo de vida, minha família, pela força nas horas mais difíceis e o incentivo sempre presente.

Ao meu noivo Emerson, pelo amor, paciência, compreensão, e por nunca me permitir desistir de nada.

Aos senhores Osvaldo e Romilda pela doação das sementes de urucum.

Ao órgão de fomento PIBIC - UTFPR por viabilizar a pesquisa, por meio da concessão da bolsa de estudo.

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para realização deste trabalho.

Os meus mais sinceros agradecimentos.

Muito obrigada!

*"Qualquer coisa que mereça ser
possuída, merece ser esperada"*

(Marilyn Monroe)

RESUMO

OLIVEIRA, R. R. **Desenvolvimento de *frozen yogurt* funcionais linha “*clean label*” adicionados de corantes naturais de betalaína e bixina.** 78 f. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

CAPITULO I - O apelo dos consumidores por produtos diferenciados é um reflexo do grande fluxo de informações sobre o mercado alimentício. O trabalho teve por objetivo produzir *frozen yogurt* probiótico com baixo teor de gordura adicionado de diferentes proporções de mel em substituição a parte de açúcar para verificar o efeito desta variável nas características físicas, químicas e sensoriais do produto final. A partir de um delineamento composto central rotacional, 11 formulações foram definidas para o estudo, tendo como variáveis a adição de açúcar e mel em dois tratamentos, base e calda, utilizando métodos de superfícies de respostas (RMS). As amostras foram analisadas para teores de sólidos totais, gorduras, proteínas, pH, acidez, açúcares, *overrun* e avaliação sensorial por meio de testes de aceitação e intenção de compra. Dentre todas as análises somente açúcares redutores e os testes sensoriais diferiram significativamente ($p \leq 0,05$), comprovando a influência do mel nos parâmetros avaliados. O mel exerceu efeito negativo na aceitabilidade do produto, demonstrando-se viável somente quando adicionado na calda com uma proporção máxima de 2,0 %. **CAPITULO II** - A indústria alimentícia demonstra forte interesse em estudos de extração envolvendo produtos naturais. Em relação aos pigmentos, ainda há certa dificuldade na utilização de corantes naturais na indústria alimentícia, pois estes apresentam menor estabilidade que os corantes sintéticos. Este trabalho teve como objetivo microencapsular e caracterizar pigmentos de betalaína e bixina a partir de beterraba e sementes de urucum, respectivamente, utilizando como veículo encapsulante a maltodextrina, obter condições ideais de estabilidade para aplicar em *frozen yogurt*, bem como avaliar sua aceitabilidade. Pelos resultados colorimétricos observou-se que os produtos atomizados mostraram que as microcápsulas ressolubilizadas em solução tampão de McIlvaine apresentaram menores alterações nos parâmetros L^* , a^* , b^* , c^* , h^* que microcápsulas de betalaína e bixina adicionadas em *frozen yogurt*. As microcápsulas de bixina apresentaram excelente poder de solubilidade com 96,87%.

Palavras-Chaves: Gelado Comestível, Mel, Avaliação Sensorial, Composição Química

ABSTRACT

OLIVEIRA, R. R. **Development of functional *frozen yogurt "clean label" line added with natural dyes Betalaine and Bixin.*** 78 f. 2013. Completion of course work. (Food Engineering), Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2013.

CHAPTER I - The appeal of consumers for different products is a reflection of information about food market. The present work had as objective to produce a low fat probiotic frozen yogurt in different concentrations of honey to substitute part of sugar in order to find out the variable effect in physicochemical and sensory characteristics of final product. From a central rotational delineation compound, eleven formulations were defined for the study, having as variables the addiction of sugar and honey in two treatments, base and sauce, using the response surface methods. The samples were examined for the concentrations of total solids, fat, proteins, pH, acidity, simpler carbohydrates, *overrun* and sensorial evaluation to be checked through the acceptance tests and the consumers purchase intention. Among all the analysis, only reducing simpler carbohydrates and the sensory tests differed significantly ($p \leq 0.05$), proving the influence of honey in the evaluated parameters. The honey performed negative effect in the product acceptance showing to be doable only when added in the sauce with an maximum proportion of 2.0 %.

CHAPTER II - The food industry shows strong interest in studies involving extraction of natural products. Regarding pigments, there are still some difficulties in the use of natural dyes in the food industry because they have lower stability than synthetic dyes. This study aimed to characterize and microencapsulate betalaine and bixin pigments from beet and annatto seeds, respectively, using maltodextrin as a vehicle, study the ideal conditions for stability apply to frozen yogurt, and assess their acceptability. Colorimetric results showed that the atomized product showed that the microcapsules ind buffer solution showed smaller changes in the parameters L^* , a^* ,

b*, c*, H* microcapsules that Betalaine and bixin added to frozen yogurt. The bixin microcapsules showed excellent solubility with 96.87%.

Keywords: Edible Ice, Honey, Sensory Evaluation, Chemical Composition

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 <i>FROZEN YOGURT</i>	14
3.2 INGREDIENTES DO <i>FROZEN YOGURT</i>	15
3.3 CORANTES NATURAIS	18
3.3.1 Vermelho de beterraba.....	20
3.3.2 Urucum.....	21
3.3.3 Técnica de microencapsulação	23
CAPITULO I	26
ADIÇÃO DE MEL EM <i>FROZEN YOGURT</i> COM BAIXO TEOR DE GORDURA E POSSÍVEIS INTERFERÊNCIAS FÍSICA, QUÍMICA E SENSORIAL	26
INTRODUÇÃO	27
2 MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO	29
2.2 ELABORAÇÃO DAS FORMULAÇÕES.....	29
2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS.....	31
2.3.1 <i>Overrun</i>	31
2.4 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA	32
2.5 AVALIAÇÃO SENSORIAL.....	32
2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS.....	33
3.2 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA	38
3.3 ANÁLISE SENSORIAL.....	40
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
5 REFERÊNCIAS.....	44
CAPITULO II	53
CARACTERIZAÇÃO DE CORANTES NATURAIS DE BETALAÍNA E BIXINA MICROENCAPSULADOS COM MALTODEXTRINA E APLICADOS EM <i>FROZEN</i> <i>YOGURT</i>	53

1 INTRODUÇÃO	54
2 MATERIAL E MÉTODOS	56
2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO	56
2.2 MATERIAIS	56
2.3 EXTRAÇÃO DOS CORANTES	56
2.3.1 Corante de Beterraba	56
2.3.2 Corante de Urucum	57
2.4 OBTENÇÃO DAS MICROCÁPSULAS	57
2.5 APLICAÇÃO DE MICROCÁPSULAS DE CORANTE NATURAL DE BETALAÍNA E BIXINA EM <i>FROZEN YOGURT</i>	58
2.5.1 Elaboração das formulações	58
2.5.2 <i>Overrun</i>	59
2.5.3 Avaliação microbiológica	59
2.6 TESTE DE ESTABILIDADE COLORIMÉTRICA DAS MICROCÁPSULAS DE CORANTE E DOS <i>FROZEN YOGURT</i>	60
2.6.1 Solução-tampão de McIlvaine	60
2.6.2 Avaliação colorimétrica	60
2.7 CARACTERIZAÇÃO DAS MICROCÁPSULAS	62
2.7.1 Solubilidade	62
2.7.2 Densidade aparente	62
2.7.3 Atividade de água	63
2.7.4 Higroscopicidade	63
2.7.5 Umidade	63
2.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	63
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
3.1 APLICAÇÕES DE MICROCÁPSULAS DE CORANTE NATURAL DE BETALAÍNA E BIXINA EM <i>FROZEN YOGURT</i>	64
3.1.1 <i>Overrun</i> , avaliação microbiológica e avaliação sensorial	64
3.2 TESTE DE ESTABILIDADE COLORIMÉTRICA DAS MICROCÁPSULAS DE CORANTE E DOS <i>FROZEN YOGURT</i>	65
3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MICROCÁPSULAS	69
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
5 REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO GERAL

O progresso da qualidade de vida da população vem despertando o interesse na indústria alimentícia em desenvolver produtos com características físico-químicas e sensoriais diferenciadas e que causem efeitos potencialmente favoráveis aos consumidores, nutrindo-os, prevenindo-os de doenças e proporcionando-lhe saúde e bem estar (CORTE, 2008). Em resposta os produtos “*clean label*” surgem como alternativas na elaboração de alimentos mais saudáveis, desenvolvendo-os sem adição de aromas e corantes artificiais, com valores calóricos reduzidos, como baixo teor de gordura, mantendo suas características sensoriais (MUNARETTO, 2008).

Dentre os produtos desenvolvidos pela indústria de laticínios, o *frozen yogurt* pode ser definido como um produto obtido basicamente com leite, submetido à fermentação láctica através da ação do *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, com ou sem a adição de outras substâncias alimentícias, sendo posteriormente aerado e congelado (BRASIL, 2005). Tendo em vista sua viabilidade em propriedades funcionais, é um veículo apropriado para a adição de probióticos e prebióticos à dieta humana, por garantirem, respectivamente, resistência contra patógenos por meio da colonização da mucosa intestinal (BECKER, 2009) e estimularem seletivamente a proliferação ou atividade de populações de bactérias desejáveis no cólon (SAAD, 2006; CORTE, 2008).

De maneira geral os produtos fermentados possuem um alto valor nutritivo e são considerados equilibrados e adequados a qualquer dieta. Durante a fermentação, a proteína, a gordura e a lactose do leite sofrem hidrólise parcial, facilitando a digestão do produto, sendo considerado agente regulador das funções digestivas, principalmente em indivíduos intolerantes (LONGO, 2006).

Outro fato que vem despertando interesse é as indústrias de alimentos estarem cada vez mais à procura de soluções para melhorar, realçar ou padronizar a cor dos alimentos processados, ao mesmo tempo em que atrai os consumidores com alternativas mais saudáveis (CAMPOS, 2010). A preferência ao uso de corantes naturais deve-se principalmente à preocupação dos consumidores sobre os efeitos prejudiciais dos pigmentos sintéticos à saúde, além de limitações destes amparadas pela legislação (DUFOSSE, 2005). Os corantes naturais produzidos atualmente são avançados tecnicamente, o que os tornam mais estáveis em

condições variáveis à temperatura, pH, luz e armazenamento, utilizando tecnologia de encapsulamento, diferencial que assegura resistência aos processos de produção, garantindo a padronização das cores, intensidade e brilho, no produto final (CHR HANSEN, 2013).

Alimentos para fins especiais obtidos pela redução ou ausência de açúcar ou ainda pela redução ou substituição de gorduras encontram mercado promissor, atendendo pessoas sensíveis aos apelos de *marketing* ou preocupadas com melhores condições de saúde, redução de peso ou a manutenção de aparência atraente. O incentivo proporcionado pela demanda destes produtos tem permitido o aprimoramento da tecnologia, o desenvolvimento de melhores ingredientes, métodos de produção e obtendo as melhores respostas dos consumidores aos anseios do “rótulo limpo” (NABESHIMA et al, 2001).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma linha de *frozen yogurt* funcional “*clean label*” com baixo teor de gordura, adicionados de mel e corantes naturais de betalaína e bixina encapsulados com maltodextrina.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Propor um delineamento experimental tendo como variável a adição de mel na base e na calda do *frozen yogurt*;
- Elaborar e estudar os efeitos da adição do mel na composição física, química e sensorial do *frozen yogurt* para definir as melhores formulações por meio de métodos de superfícies de respostas (RMS);
- Extrair e microencapsular *em spray dryer* os pigmentos betalaína, a partir da beterraba (*Beta vulgaris* L.) e bixina a partir de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.), utilizando como veículo encapsulante a maltodextrina;
- Aplicar as microcápsulas de pigmentos de betatalaína e bixina em *frozen yogurt* adicionados de polpa de fruta natural sabores morango e mamão *papaya*, respectivamente;
- Caracterizar as microcápsulas de pigmentos, estudar a estabilidade da cor do extrato encapsulado e do *frozen yogurt* quando acrescido do corante e avaliar sua aceitabilidade;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 FROZEN YOGURT

Desde 1970, quando foi lançado no mercado o sorvete tipo *frozen yogurt* este tem conquistado cada vez mais novos consumidores, principalmente em decorrência dos potenciais efeitos benéficos atribuídos às bactérias lácticas utilizadas no processo de fermentação do iogurte (MIGUEL, 2009). Segundo alguns autores, o sorvete de iogurte teve origem no Canadá, mas industrialmente, surgiu nos Estados Unidos, mais precisamente em Boston (Massachusetts), no ano de 1972, e em poucos anos já estava nas principais cidades dos Estados Unidos (TRAVI ALIMENTOS, 2002).

No Brasil, há aproximadamente 17 anos começou a ser difundido, iniciando nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Porto Alegre e atualmente gelaterias especializadas oferecem este produto com a mesma qualidade e tecnologia européia e americana, porém não em escala industrial (TAMINE; ROBINSON, 2007).

Kosikowski (1977) define tecnicamente o *frozen yogurt* como sendo um iogurte flavorizado, congelado em equipamentos próprios com a introdução de ar para obter cerca de 50% de “*overrun*”. Devido à fermentação prévia pela ação dos microrganismos, parte dos açúcares é transformada em ácido láctico. Finalizando este processo, é adicionado o restante dos ingredientes, é batido e congelado, produzindo características semelhantes a do sorvete com consistência cremosa, suave e agradável ao paladar.

O *frozen yogurt* é classificado em três principais categorias, *soft*, *hard* ou *mousse*. Esses produtos se assemelham ao sorvete em seus estados físicos e em suas características, combinando a textura e sabor ácido do iogurte com o frescor do sorvete (TAMINE; ROBINSON, 2007).

A legislação brasileira define o sorvete como um gelado comestível, ou seja, um produto alimentício obtido a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma mistura de água, açúcares e outros ingredientes e substâncias que tenham sido submetidas ao

congelamento, em condições tais, que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante a armazenagem, o transporte e a entrega ao consumo (BRASIL, 2005).

Conforme Tamime e Robinson (2007), diferentes processos viabilizam o desenvolvimento do *Frozen Yogurt* podendo incluir:

- Não fermentação da base láctea e não adição de probiótico, sendo discutido se o produto poderia ou não ser classificado como *frozen yogurt*;
- Fermentação direta na mistura do sorvete ou da base láctea do iogurte com culturas padrões de probióticos;
- Adição de probióticos em misturas de sorvetes não fermentados que contenham baixo ou alto conteúdo de iogurte;

3.2 INGREDIENTES DO *FROZEN YOGURT*

- Água e Ar

Ao se falar da fabricação de sorvetes e *frozen* não pode-se esquecer do ar, que adentra com aproximadamente 50% em volume no produto congelado. Uma vez no *freezer*, o ar é subdividido em pequenas bolhas, que ficam envolvidas pelos glóbulos de gordura dando leveza ao produto. Se o *frozen* derrete, o ar pode escapar fazendo com que o produto diminua de volume e assuma aspecto compacto e desagradável (NESTLÉ, 2007).

A água é a fase contínua do sorvete, presente na forma líquida, sólida. Os cristais de gelo são indispensáveis para dar consistência e sensação de frescor; porém, não devem ser grandes demais para evitar a sensação de areosidade na boca (PEREDA, 2005).

Na fabricação de sorvetes, o *overrun*, que é a incorporação de ar na massa durante o batimento, é o indicador de rendimento da produção. Quanto maior for o *overrun*, mais leve e suave o sorvete se torna, o mesmo ocorre com o *frozen yogurt* (TAMIME; ROBINSON, 2007).

- Emulsificante

Segundo Hacbarth (2006), apresentam-se na forma de uma pasta, de aspecto gorduroso, com odor adstringente, é insípido, mas se adicionado em abundância, provoca sabor desagradável ao produto final. Suas funções no sorvete são de melhorar a capacidade de batimento da calda, incrementar a absorção de ar durante o batimento, proporcionar corpo e textura mais suaves, proporcionar sorvete “seco”, passível de modelagem, melhorar a resistência a variações de temperatura e retardar o derretimento.

- Açúcar

Conforme Hacbarth (2006), o açúcar apresenta funções de reduzir o ponto de congelamento da mistura, permitindo a obtenção de um sorvete macio e cremoso, aumentar a aceitabilidade do produto, tornando-o agradável ao paladar e realçando seu sabor, proporcionar cremosidade, produzir efeito lubrificante, obter suavidade e textura fina, diminuição do tamanho dos cristais de gelo, influenciar no congelamento e batimento da mistura, possuir conteúdo energético, produzir firmeza de corpo e reduzir a percepção de frio.

- Estabilizante

Hacbarth, (2006) cita a goma-guar como um dos estabilizantes mais utilizados em *frozen yogurt*. É uma leguminosa originária da África que hidrata rapidamente em água fria com propriedades de corpo, textura, cremosidade e resistência a choques térmicos. Suas principais funções no sorvete são de dar suavidade ao corpo e textura, através da distribuição do ar, água e gordura, retardar ou reduzir o

crescimento de cristais de gelo, uniformizar o sorvete, diminuir o movimento dos glóbulos de gordura, dar resistência ao derretimento e inibir o encolhimento.

- Fermentos lácticos

As principais funções das bactérias que compõe as culturas lácticas são as de acidificação, melhorar a textura e desenvolvimento do sabor. A acidificação é a principal função das bactérias lácticas do leite transformando a lactose em ácido láctico, baixando o pH do meio que inibe o crescimento de microrganismos patogênicos. A cultura láctica em crescimento no leite produz ácido láctico, um produto residual do metabolismo da lactose, rota que as bactérias utilizam para produção de energia (EARLY, 1998).

O desenvolvimento de alguns leites fermentados tem sua textura final dependente exclusivamente dos componentes do leite, dos estabilizantes, do tratamento térmico e das condições de incubação. O emprego de bactérias lácticas produtoras de exopolissacarídeos (EPS) podem melhorar significativamente a textura e viscosidade do produto, tendo como mais utilizadas as cepas de *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* e ainda algumas cepas de *Lactobacillus lactis* que secretam EPS. Os exopolissacarídeos são geralmente heteropolissacarídeos que contém galactose, glicose, ramnose e apresentam características ácidas pela presença de um grupo carboxílico, (EARLY, 1998).

Para o mesmo autor, a contribuição no sabor, especialmente em produtos fermentados por *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, se deve às bactérias termófilas que têm como principal componente do aroma o acetaldeído, bem como o diacetil e a cetona.

3.3 CORANTES NATURAIS

Os órgãos dos sentidos do ser humano captam cerca de 90% de suas percepções pela visão, 9% pela audição e os 4% restantes por meio do olfato, do paladar e do tato. A percepção da cor não se refere apenas à habilidade do homem em distinguir a luz de diferentes comprimentos de onda, mas sim ao estímulo, que é recebido quando a energia radiante penetra nos olhos estimulando as retinas, logo o cérebro capta a mensagem de fornecer o resultado da cor. A faixa de comprimento de onda em que o olho é sensível é chamada de luz visível, a qual corresponde ao intervalo de 380 a 770nm (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Todo esse processo de captação da cor é praticado rotineiramente quando aprecia e julga um alimento, cuja decisão final de escolha está fortemente relacionada com a aparência externa, onde a variável da cor é significativamente considerada, pois embora esta característica sensorial seja subjetiva, é um dos atributos que influencia de forma decisiva a aceitabilidade do produto (UFRGS, 2010).

Os corantes são considerados aditivos alimentares, definidos como sendo toda substância que confere, intensifica ou restaura a cor de um alimento. Sendo um aditivo, os corantes devem apresentar as características indicadas na portaria SVS/MS 540/97 para tais substâncias, aditivo é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos com o objetivo de modificar suas características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante sua fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação, sem o propósito de nutrir (BRASIL, 2011).

O uso de corantes artificiais em alimentos é frequente e a preferência pelo uso desse tipo de corantes deve-se às suas vantagens em relação aos naturais, pois estes são sensíveis à luz, ao calor, ao oxigênio e ação das bactérias. Outro aspecto em destaque é que os corantes artificiais proporcionam cores intensas, além disso, apresentam uma uniformidade na cor conferida, isenção de contaminação microbiológica e custo de produção relativamente baixo. Porém, vários estudos têm demonstrado que os corantes artificiais estão sempre na mira das investigações científicas, devido às reações adversas que alguns consumidores têm apresentado e, além disso, por possuírem um grande potencial carcinogênico e mutagênico,

fazendo-se necessário um controle de sua utilização nos alimentos, principalmente aos destinados às crianças, pois não são raros relatos de reações alérgicas e déficit de atenção em crianças com hiperatividade provocadas pelos corantes artificiais (OLIVEIRA et al., 2009).

Diante das sérias desvantagens dos corantes artificiais, as pesquisas para viabilizar o uso de corantes naturais vêm se intensificando, principalmente com substâncias que não provoquem danos à saúde. O direcionamento dessas pesquisas tem como base as exigências dos consumidores por alimentos que desempenham funções biológicas e fisiológicas protetoras à saúde humana (VOLP; RENHE; STRINGHETA, 2009).

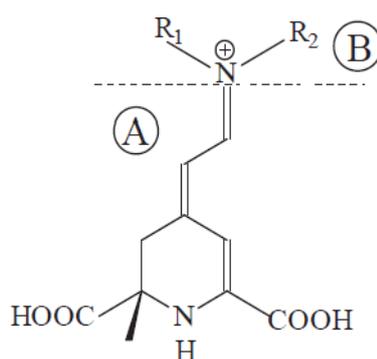
Os corantes naturais são pigmentos extraídos de fontes naturais renováveis com características polares ou apolares que têm a finalidade de conferir, intensificar ou padronizar a coloração dos produtos alimentícios. Os principais e mais comuns corantes naturais utilizados no Brasil são: urucum, cúrcuma, luteína, clorofila, páprica, caroteno natural, antocianinas, beterraba, entre outros, em que alguns desses apresentam solubilidade em óleo, proporcionam matrizes suaves conferindo ao produto aspecto de cor natural, aumentando sua aceitação pelo consumidor (CHR. HANSEN, 2011).

A expansão do uso dos corantes naturais passa pelo desenvolvimento de situações que garantam sua estabilidade. Com a tecnologia, a microencapsulação vem se destacando, por demonstrar eficiência na conservação das características dos corantes. A técnica consiste no aprisionamento de determinada substância no seio de outra substância, sendo a primeira denominada núcleo e a segunda material de parede. Dentre as vantagens da microencapsulação, além da conservação do encapsulado, têm-se a rapidez na solubilização, não havendo necessidade de aquecimento, reduzindo tempo nas etapas de produção, a facilidade de comercialização e de manuseio em situações diversas de uso, inclusive nas pesquisas, por apresentar-se na forma de pó (OLIVEIRA et al., 2009).

3.3.1 Vermelho de beterraba

As betalaínas são substâncias N-heterocíclicos solúveis em água e seu precursor comum é o ácido betalâmico. Na natureza foram identificadas mais de cinquenta estruturas. As betalaínas não pertencem ao grupo dos alcalóides, pois na natureza se apresentam na forma ácida devido à presença de vários grupos carboxilas (CAI; SUN; CORKE, 2005).

As betalaínas são definidas, por uma estrutura que engloba todos os componentes que apresentam uma fórmula geral (Figura 1), sua estrutura geral contém o ácido betalâmico acompanhado de um radical R1 ou R2, uma representação geral para os possíveis substituintes desse ponto da estrutura, que podem ser de um simples hidrogênio a um complexo substituinte. A variação desses grupos é em função das diferentes fontes de onde podem ser obtidos esses pigmentos e determinam sua tonalidade e estabilidade. Desta forma, as betalaínas podem ser divididas em dois grupos estruturais: as betacianinas (vermelho ao vermelho violeta) e as betaxantinas (amarelo) (VOLP, RENHE, STRINGUETA, 2009). A Figura 1 apresenta a estrutura química geral do pigmento betalaína (DRUNKLER et al., 2006).



Betalaína

Figura 1 - Estrutura química geral da betalaína: (A) molécula de ácido betalâmico, presente em todas as moléculas de betalaína; (B) estrutura que representará uma betacianina ou betaxantina, dependendo dos radicais R1 e R2. Fonte: Drunkler et al. (2006).

Alguns trabalhos têm sido publicados a respeito do papel fisiológico das betalaínas nos mamíferos. Os primeiros estudos já indicavam que a beterraba

vermelha, principal fonte desta substância, não exercia ação hepatotóxica ou mutagênica, mas por outro lado, as raízes de beterraba apresentavam um significativo efeito inibitório no câncer de pele e de pulmão em ratos. Em estudo investigando a relação estrutura-atividade de várias betaxantinas e betacianinas com sua atividade sobre radicais livres, observou-se uma relação com a estrutura das betalaínas. Desta forma, recentes estudos já mostram a beterraba como um dos dez mais potentes antioxidantes. Este potencial antioxidante foi atribuído a características estruturais das betalaínas. Além disso, as betaninas demonstraram atuar também na prevenção de alguns tipos de câncer, dentre eles os cânceres de pele e fígado, devido suas propriedades antioxidantes. Outras propriedades funcionais das betalaínas incluem atividades antivirais e antimicrobianas (LILA, 2004).

3.3.2 Urucum

Desde os tempos mais remotos, os indígenas brasileiros empregam a porção corante das sementes de urucum para tingir de vermelho seus artefatos de caça, pesca, vestimentas, enfeites e o próprio corpo. Para isso, o pigmento é extraído por meio de maceração dos grãos em água e o resultado desse processo é uma massa corante que, envolta em folhas, é utilizada pelos índios durante todo o ano (SILVA; STRINGHETA, 2005).

O urucuzeiro é uma planta originária da América do Sul, mais especificamente da região amazônica, podendo ser também encontrado em outras regiões do mundo como a Índia e a África. Pertence à família Bixaceae e responde pelo nome botânico de *Bixa orellana* L., tendo como principal produto a semente, que apresenta um pericarpo rico em bixina, o corante que pertence ao grupo dos carotenóides, de grande interesse no mercado (CORLETT, 2004; SILVA; STRINGHETA, 2005).

O corante de urucum apresenta-se de duas formas: bixina lipossolúvel e a norbixina que é hidrossolúvel com uma coloração que varia do amarelo ao laranja, podendo ser empregado em vários produtos alimentícios. Apresenta maior estabilidade se comparado aos outros corantes naturais com coloração atrativa e além do mais, no aspecto tecnológico tem a capacidade de se aderir às proteínas

(ROHDE; SILVEIRA; VARGAS, 2006). As estruturas químicas da bixina e seu subproduto, a norbixina são apresentadas na Figura 2.

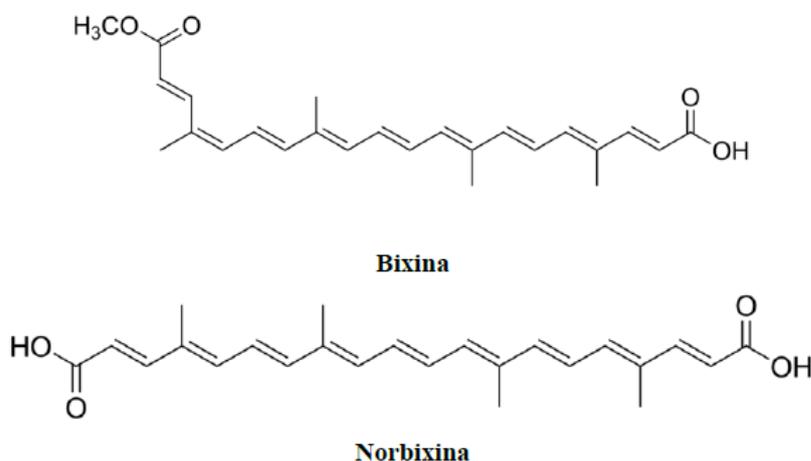


Figura 2- Estruturas químicas dos principais pigmentos do urucum.
Fonte: Corlett (2004).

As tecnologias de produção dos corantes derivados do urucum têm evoluído constantemente, disponibilizando corantes com maior concentração do princípio ativo, menor custo e formulações com diferentes solubilidades, estabilidades e tonalidades (CORLETT, 2004).

A característica sazonal do urucum implica em produções concentradas em certas épocas do ano, e o armazenamento das sementes para a comercialização durante todo o ano é limitado pela degradação sofrida pelo pigmento. Com isso em vista, alguns estudos buscam tecnologias que possam realizar a extração dos pigmentos das sementes de urucum, que sejam de fácil operação e que possam ser instaladas próximas às zonas produtoras de semente. O produto dessas tecnologias, um corante semiprocessado e concentrado, é destinado às indústrias de corantes, substituindo o comércio de sementes *in natura*, facilitando o armazenamento, o transporte e a comercialização (CANTO et al., 1991; CARVALHO, 2010).

O fato de o material corante ficar localizado na superfície da semente do urucum, eliminando a necessidade de moagem, facilita muito a extração do pigmento. Existem na literatura sistemas de extração mecânica, baseados em técnicas simples que promovem a raspagem ou atrito entre os grãos, visando a separação da camada externa. Contudo, os processos conhecidos ainda são muito rudimentares, resultando em baixos rendimentos ocasionados principalmente pela

forma das sementes, que apresentam em sua superfície reentrâncias de difícil acesso mecânico (CARVALHO, 2010).

Outros processos podem ser encontrados na literatura, alguns com pouca utilização pela indústria, como a extração por meio de microrganismos produtores de celulase, que são capazes de degradar a parede celular das sementes, onde se encontra o pigmento e facilitar sua liberação em meio aquoso (PINEDA; CALDERÓN, 2003). Outros apresentam como inconveniente a toxicidade do solvente utilizado, como a acetona, o diclorometano e o éter de petróleo, restringindo seu uso em alimentos e medicamentos. Outros têm como empecilho o alto custo de produção, como a extração com fluídos supercríticos (SILVA, 1999).

Carvalho (2008) desenvolveu uma tecnologia de extração do corante de urucum utilizando apenas água como veículo de extração. Esse tipo de processo apresenta como vantagem: a não alteração das características físicas e químicas dos pigmentos extraídos, enviando às indústrias de corantes o mesmo pigmento presente nas sementes de urucum (cis-bixina); um processo simples e seguro; a geração de resíduo de baixo impacto ambiental e a facilidade de armazenamento.

Segundo Lima et al. (2003), o efeito antioxidante da bixina e norbixina tem importância na prevenção de aterosclerose. Uma vez que as lesões ateroscleróticas iniciam-se após algum tipo de lesão no endotélio, cujo dano é causado principalmente pela lipoproteína LDL oxidada, a inibição da oxidação, resulta na proteção do endotélio.

3.3.3 Técnica de microencapsulação

A secagem por atomização teve seus primeiros passos na metade do século 18, quando foi patenteada a primeira operação de secagem de ovos em 1865. Porém, o início de sua utilização como processo em nível industrial data da década de 1920 com leite e sabão em pó. Sua eficácia está baseada na área de contato entre o material a ser seco e o agente dessecante, ou seja, o ar quente (ROSA et al., 2009).

De acordo com Gharsallaoui et al., (2007) e Dib Taxi et al., (2003) a microencapsulação em alimentos pode ser definida como sendo um processo no

qual pequenas partículas ou gotículas são cercadas por um revestimento comestível, com uma camada fina, ou incorporado em uma matriz homogênea ou heterogênea, obtendo-se pequenas cápsulas com muitas propriedades úteis, as quais pode oferecer uma barreira física entre o núcleo, substância encapsulada e outros componentes do produto. Na prática, núcleo pode ser um material cristalino, uma partícula adsorvente irregular, uma emulsão, uma suspensão de sólidos ou uma suspensão de microcapsulas menores.

O alimento na forma líquida é introduzido como um fino *spray* ou névoa dentro de uma torre ou câmara junto com ar aquecido. As pequenas gotas perdem rapidamente a umidade devido ao contato íntimo com o ar quente, tornando-se pequenas partículas que precipitam para o fundo da torre. O ar quente torna-se úmido, sendo retirado da torre através de um exaustor. É um processo contínuo, sendo o alimento na forma líquida continuamente bombeado e atomizado dentro da câmara junto com o ar quente e seco (ROSA et al., 2009).

A finalidade básica da microencapsulação na área alimentícia é proteger os ingredientes encapsulados, como vitaminas, pigmentos e compostos bioativos contra oxidação química, dos fatores do ambiente como temperatura, luz, pH e outros. A encapsulação também pode ser feita para atender diversos outros objetivos como: controlar a liberação do material que se encontra no núcleo; retardar alterações que podem resultar em perda de aroma, alteração de cor ou perda do valor nutricional; separar componentes reativos ou incompatíveis; evitar reações prematuras de um substrato e mascarar compostos de sabor indesejável. A microencapsulação de óleos essenciais tem o objetivo de retardar a evaporação dos núcleos voláteis (BARROS; STRINGHETA, 2006; DEPYPERE et al., 2003).

Em relação à estrutura física, as micropartículas podem ser classificadas como microcápsulas ou microesferas. As microcápsulas consistem em micropartículas onde o núcleo está envolvido por uma camada formando um sistema do tipo reservatório, já nas microesferas, o núcleo se encontra envolvido por ser um sistema matricial, o qual é constituído por polímero que forma uma rede tridimensional onde o material a ser encapsulado pode estar adsorvido, incorporado ou ligado covalentemente à matriz polimérica (JUNIOR, 2005).

A *Food and Drug Administration* (FDA) define a maltodextrina como um polímero sacarídico nutritivo hidrolisado, não doce, que consiste em unidades de D-glicose unidas principalmente por enlaces de α (1-4) e que tem um equivalente de

dextrose (DE) menor que 20 e pertencem às matrizes mais comumente utilizadas como agente microencapsulante na área de alimentos. São classificadas pelo seu DE, que se relaciona com o grau de polimerização (GP) da molécula do amido, de acordo com $DE = 100/GP$. O GP corresponde ao número de unidades monoméricas ou monossacarídeas. Como a maltodextrina consiste de uma mistura de polímeros de vários tamanhos (glicose, maltose, oligossacarídeos e polissacarídeos), o DE é um valor médio (LOPÉZ, 2004).

A maltodextrina é usada porque, além do baixo custo, apresenta baixa higroscopicidade, evitando a aglomeração das partículas e mostrando retenção de voláteis na faixa de 65 a 80%, tem efeito antioxidante atribuído devido a sua capacidade de formar filmes, propriedades plásticas e seu poder redutor. A plasticidade previne a quebra da matriz de proteção, que pode tornar o ingrediente suscetível ao oxigênio (AZEREDO, 2005).

CAPITULO I

**ADIÇÃO DE MEL EM *FROZEN YOGURT* COM BAIXO TEOR DE GORDURA E
POSSÍVEIS INTERFERÊNCIAS FÍSICA, QUÍMICA E SENSORIAL**

INTRODUÇÃO

O *frozen yogurt* é um produto diferente dos demais sorvetes por sofrer ação dos *Lactobacillus*, que transformam parte dos açúcares em ácido láctico. Uma vez finalizada esta fermentação, se procede à adição do restante dos ingredientes, o batimento, e o congelamento, adquirindo consistência cremosa, suave e agradável ao paladar (GONÇALVES; EBERLE, 2008).

O aumento do interesse dos consumidores por esta classe de alimentos está relacionado não só às propriedades nutricionais inerentes ao sorvete de iogurte, mas também devido à possibilidade de se obter um produto suplementado com culturas probióticas.

A aceitação de um determinado gelado comestível não depende exclusivamente do seu sabor e aparência, mas também de propriedades físicas como textura, propriedades de incorporação de ar, sólidos totais e químicas como: açúcares redutores, proteínas e gorduras totais (CORREIA et al., 2008; ZENEBON et al., 2008).

Souza et al. (2010) afirmam que a quantidade de gordura láctea no sorvete pode variar de 0 a 24 %, dependendo de fatores como padrões legais, qualidade e preço. Este ingrediente contribui para o desenvolvimento de uma textura suave e melhora o corpo do produto, fornece energia, ácidos graxos essenciais, esteróis e interage com outros ingredientes desenvolvendo o sabor e conferindo cremosidade (COELHO; ROCHA, 2005).

As proteínas contribuem para o desenvolvimento da estrutura do sorvete, inclusive para emulsificação e aeração, além de apresentar propriedades funcionais como a interação com outros estabilizantes e capacidade de retenção de água (CORREIA; CRUZ, 2006; SOUZA et al., 2010).

Segundo Correia e Cruz (2006), o *overrun* é um parâmetro importante pertinente à estrutura dos sorvetes definido como o aumento percentual do volume obtido a partir de um volume inicial de calda. É um índice relacionado à quantidade de ar incorporado durante o processo de fabricação e é regulamentado por lei através da definição da densidade aparente (SOUZA et al., 2010).

Apesar do alto valor calórico, os açúcares desempenham funções básicas nos alimentos como agente de corpo contribuindo para dar textura, aumento de sólidos,

retenção de água e como adoçante (edulcorante), para conferir sabor doce aos alimentos fabricados (VASCONCELLOS, 2012).

Um interesse crescente tem sido despertado pelo mel devido à presença de frutoligossacarídeos (FOS), que estimulam a atividade do trato gastrointestinal, conferindo poder laxativo e atuando no aumento da resistência imunológica (HARTEMINK et al., 1997). Conhecidos como prebióticos os FOS promovem estimularem seletivamente a proliferação ou atividade de populações de bactérias desejáveis no cólon, o prebiótico pode inibir a multiplicação de patógenos, garantindo benefícios adicionais à saúde do consumidor (ORDÓÑEZ et al. 2005; SAAD, 2006).

Anjo (2004), ainda afirma que o mel também é um alimento funcional e tem como efeito, a regulação do trânsito intestinal, regulação da pressão arterial, redução do risco de câncer e dos níveis de colesterol.

Baseado nestes indícios o presente trabalho teve por objetivo produzir *frozen yogurt* probiótico com baixo teor de gorduras, adicionado de diferentes proporções de mel em substituição a parte de açúcar para verificar o efeito desta variável nas características físicas, químicas e sensoriais do produto final elaborado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO

O estudo foi realizado nos Laboratórios de Processamento e de Análise de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus* Campo Mourão.

2.2 ELABORAÇÃO DAS FORMULAÇÕES

Para a elaboração dos *frozen yogurt* foram utilizados: leite desnatado UHT (Líder), 5,0 % de glicose, 5,0 % de leite em pó (Alibra), 1,0 % de soro em pó (Alibra), 1,0 % de amido modificado (Gemacon), 1,0 % de espessante (mix de goma-guar), 1,0 % de liga neutra (Selecta), 1,3 % de emulsificante Emustab (Selecta), 2,0 % de cultura mista “ABC 1” composta por cepas de *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium ssp* e *Lactobacillus casei* (SACCO) em relação ao produto final (m/m) e proporções de açúcar e mel (Tabela 1).

As formulações elaboradas foram definidas por meio de um delineamento composto central rotacional (DCCR) 2^2 , devido à facilidade em efetuar combinações perante os fatores em estudo, incluindo quatro ensaios nas condições axiais e três repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios, tratados pelo programa *Statistica (Statsoft)* versão 10.0 e variando quanto à proporção de açúcar e mel nos tratamentos, base e calda, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidades de mel e açúcar adicionado na base e na calda para cada 100 g das formulações elaboradas.

Formulação	Mel (g.100g ⁻¹ frozen)				Açúcar (g.100g ⁻¹ frozen)			
	Base (X)		Calda (Y)		Base (X)		Calda (Y)	
	VC*	VR**	VC	VR	VC	VR	VC	VR
F1	-1	1,5	-1	1,5	+1	8,5	+1	8,5
F2	+1	8,5	-1	1,5	-1	1,5	+1	8,5
F3	-1	1,5	+1	8,5	+1	8,5	-1	1,5
F4	+1	8,5	+1	8,5	-1	1,5	-1	1,5
F5	-1,41	0,0	0	5,0	+1,41	10,0	0	5,0
F6	+1,41	10,0	0	5,0	-1,41	0,0	0	5,0
F7	0	5,0	-1,41	0,0	0	5,0	+1,41	10,0
F8	0	5,0	+1,41	10,0	0	5,0	-1,41	0,0
F9	0	5,0	0	5,0	0	5,0	0	5,0
F10	0	5,0	0	5,0	0	5,0	0	5,0
F11	0	5,0	0	5,0	0	5,0	0	5,0

*VC = Variável Codificada; **VR = Valor Real.

O preparo das formulações seguiu metodologia proposta por Oliveira et al. (2012). Inicialmente, realizou-se a pré-ativação da cultura probiótica a partir de uma alíquota de dois gramas de cultura mista “ABC 1” dissolvida assepticamente em um béquer de 500mL de leite desnatado UHT, previamente esterilizado e resfriado e incubada em estufa a 40°C por um período de 12 horas.

As formulações dos *frozen yogurt* foram elaboradas em duas etapas, sendo elas o preparo da base e da calda. Para a base foram pesados e misturados os ingredientes sólidos: espessante, amido modificado e açúcar, que depois de incorporados ao leite, foram homogeneizados em liquidificador industrial por cinco minutos. Em seguida, a mistura sofreu tratamento térmico em fogo direto, com agitação manual intermitente até atingir 90°C, permanecendo em repouso por 10 minutos e resfriado a 60°C para adição proporcional do mel. O resfriamento continuou até a temperatura atingir 36°C, quando foi realizada a inoculação da “cultura pré-ativada”. A mistura permaneceu incubada em estufa a 40 °C por 10 horas até pH 4,5 ou 0,65 % de acidez, indicando o fim da fermentação. Posteriormente, foi realizada a maturação sob resfriamento lento a 10 °C em ambiente refrigerado por 10 horas.

Com o intuito de produzir um produto com baixo teor de gordura substituiu-se o creme de leite comumente utilizado na elaboração do *frozen* por soro de leite em pó que possui um elevado teor proteico, tornando adequado o balanço entre os componentes do sorvete evitando sua desestabilização e proporcionando características benéficas. O preparo da calda ocorreu com a mistura dos ingredientes sólidos: açúcar, liga neutra, leite em pó e soro de leite em pó com a base fermentada, em liquidificador contínuo por 10 minutos. Durante homogeneização foram adicionados glicose, mel e emulsificante. Por fim, a mistura foi agitada e congelada em sorveteira vertical (FortFrio, Brasil) à temperatura de -20 °C.

As amostras foram acondicionadas em potes plásticos (capacidade 100 g) com tampa, identificadas e armazenadas em congelador vertical à temperatura de -20 °C.

2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS

Para avaliação das propriedades físicas e químicas dos *frozen* foram realizados em triplicata, análises de sólidos totais, lipídeos, proteínas, pH, acidez e açúcares, conforme métodos analíticos descritos por Lanara (1981b), Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1998) e Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.3.1 *Overrun*

A porcentagem de *overrun* ou densidade relativa que representa a quantidade de incorporação de ar à calda durante o processo de congelamento foi calculada segundo a Equação 1, descrita por Mosquim (1999):

$$\% \textit{Overrun} = \left[\frac{V_{f(\textit{frozen})} - V_{i(\textit{calda})}}{V_{i(\textit{calda})}} \right] * 100 \quad (1)$$

Onde:

V_i (calda): Volume inicial de calda, em mL.

V_f (frozen): Volume final de *frozen*, em mL.

2.4 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Para garantir a segurança microbiológica do produto elaborado foram realizadas análises de coliformes totais (NMP/mL) e termotolerantes (NMP/mL), segundo metodologia proposta por Lanara (1981a).

Com o objetivo de verificar se a cultura probiótica atingiu a concentração mínima de $1,0 \times 10^6$ UFC/g (Unidades Formadoras de Colônias) no produto com a adição de diferentes proporções de mel, bem como a viabilidade do *frozen yogurt* como carreador deste microrganismo, os tratamentos foram submetidos à análise microbiológica para enumeração da cultura probiótica após sua elaboração e depois de 36 dias de armazenamento.

Para cada formulação foram preparadas diluições seriadas diretamente em água peptonada 0,1% até 10^{-7} . Utilizando-se a técnica de semeadura em profundidade, semeou-se 1 mL das diluições, em triplicatas, em placas de Petri contendo 15 mL de Ágar de Man, Rogos e Sharpe (MRS) para *Lactobacillus*. As placas foram incubadas em anaerobiose pelo emprego de Sachet (PROBAC, São Paulo, Brasil) à temperatura de 37°C por 72h em estufa bacteriológica de acordo com Vinderola et al. (2000).

2.5 AVALIAÇÃO SENSORIAL

A avaliação sensorial foi realizada com os mesmos provadores, durante três dias, após a fabricação dos *frozen*, no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos com 50 provadores não treinados, entre alunos e funcionários da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A aceitabilidade dos provadores foi realizada pela aplicação da Escala Hedônica de 9 pontos, tendo como extremos “1” (Desgostei muitíssimo) e “9” (Gostei

muitíssimo) (ABNT, 1998). Os provadores foram orientados a avaliarem as amostras em relação à percepção global de suas características. Juntamente a esse teste, foram estabelecidas notas quanto à intenção de compra para cada produto, com escala estruturada em 5 pontos, variando de “1” (Certamente não compraria” até “5” (Certamente compraria) (ABNT, 1998).

Os provadores receberam individualmente 20 g de cada amostra na temperatura usual de consumo, aproximadamente -10 °C em copos plásticos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos, acompanhados de uma colher descartável, um copo com água potável e as fichas de respostas, de acordo com Dutcoski (2007).

2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos nos testes serão submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 5,0% de probabilidade de erro e analisados por meio do programa *Statistica* (Statsoft) versão 10.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS

Na Tabela 2 são apresentados os resultados referentes às análises físicas e químicas das formulações elaboradas com diferentes quantidades de mel.

A legislação brasileira atual não dispõe de padrões específicos para *frozen yogurt*. Nesse caso, adota-se a Resolução RDC nº. 266, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de gelados comestíveis, preparados, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis, para efeitos de comparação (BRASIL, 2005).

Foi observado que somente o teor de açúcares redutores das amostras diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$), comprovando a influência do mel nos parâmetros avaliados. Em relação às demais análises verificou-se frente à legislação e a termos de composição, que estavam de acordo com o padrão específico estabelecido.

Tabela 2 – Valores médios percentuais dos teores de sólidos totais (%), lipídeos (%), proteínas (%), *overrun* (%), açúcares (%), pH e acidez (%), das formulações estudadas.

F	ST	Gorduras	Proteínas	Overrun	AR*	ANR*	pH*	Acidez*
F1	30,8 ^{bcd} ± 0,07	2,5 ^a ± 1,30	4,5 ^a ± 0,54	25,3 ^{bcd} ± 0,00	10,0 ^a ± 0,06	3,7 ^{bce} ± 0,05	4,2 ^e ± 0,03	0,73 ^a ± 0,01
F2	32,1 ^d ± 1,69	2,6 ^a ± 0,64	4,4 ^a ± 0,01	46,0 ^a ± 0,28	18,3 ^c ± 0,00	4,1 ^a ± 0,02	4,4 ^{bc} ± 0,03	0,66 ^a ± 0,09
F3	30,6 ^{bcd} ± 0,19	2,5 ^a ± 0,07	4,4 ^a ± 0,31	23,7 ^d ± 0,18	17,3 ^{ce} ± 0,48	3,8 ^{bc} ± 0,04	4,3 ^{de} ± 0,01	0,65 ^a ± 0,00
F4	28,0 ^a ± 0,58	2,6 ^a ± 0,24	4,4 ^a ± 0,03	24,0 ^{cd} ± 0,23	20,2 ^b ± 0,16	3,4 ^d ± 0,01	4,2 ^e ± 0,04	0,65 ^a ± 0,00
F5	32,0 ^d ± 0,72	2,5 ^a ± 0,05	4,5 ^a ± 0,52	44,1 ^a ± 0,06	12,7 ^d ± 0,03	3,9 ^b ± 0,11	4,5 ^a ± 0,02	0,76 ^a ± 0,10
F6	28,4 ^{ac} ± 1,09	2,6 ^a ± 0,18	4,4 ^a ± 0,06	27,7 ^{bcd} ± 0,12	17,3 ^e ± 0,42	3,4 ^d ± 0,01	4,4 ^{cd} ± 0,00	0,62 ^a ± 0,02
F7	30,8 ^{bcd} ± 0,28	2,6 ^a ± 0,05	4,4 ^a ± 0,60	45,5 ^a ± 0,00	12,8 ^d ± 0,13	3,7 ^{ce} ± 0,06	4,2 ^e ± 0,02	0,68 ^a ± 0,09
F8	30,1 ^{abcd} ± 0,60	2,5 ^a ± 0,35	4,6 ^a ± 0,05	42,5 ^a ± 0,16	19,7 ^b ± 0,08	3,4 ^d ± 0,05	4,5 ^{ab} ± 0,02	0,62 ^a ± 0,00
F9	30,8 ^{abc} ± 1,51	2,5 ^a ± 0,73	4,5 ^a ± 0,78	29,3 ^{bcd} ± 0,08	16,6 ^e ± 0,39	3,6 ^e ± 0,02	4,3 ^{cd} ± 0,00	0,75 ^a ± 0,00
F10	31,8 ^d ± 0,12	2,5 ^a ± 0,01	4,5 ^a ± 0,01	28,9 ^{bcd} ± 0,00	16,4 ^e ± 0,27	3,6 ^e ± 0,05	4,3 ^{de} ± 0,02	0,75 ^a ± 0,04
F11	31,0 ^{bd} ± 0,14	2,5 ^a ± 1,37	4,5 ^a ± 0,02	29,4 ^{bcd} ± 0,10	17,0 ^e ± 0,06	3,5 ^{de} ± 0,01	4,2 ^e ± 0,04	0,75 ^a ± 0,00
**P. M	26,0	2,5	2,5	20,0				

Médias na mesma coluna seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si ao nível de 5 % de significância. *Não há nenhuma padronização estabelecida. ** Padrão mínimo definido pela RDC nº 266 da Anvisa (BRASIL, 2005). F = Formulações; ST = Sólidos Totais; AR = Açúcares Redutores; ANR = Açúcares não Redutores; P. M = Padrão Mínimo.

O teor de sólidos totais do *frozen yogurt* que variou de 28,0 a 32,1 % ($p > 0,05$), está de acordo com a legislação citada, a qual exige um mínimo de 26,0 % de sólidos totais. Estes valores atendem também o recomendado por Ordóñez et al. (2005) que recomenda valor ideal de aproximadamente 30,0 % para manter uma textura adequada.

A substituição do creme de leite pelo soro em pó proporcionou um produto de elevado índice protéico e reduzido teor lipídico, apresentando assim um teor de proteínas acima do recomendado e um teor de gorduras dentro do padrão mínimo (BRASIL, 2005). Estudos realizados por Gonçalves e Eberle (2008), utilizando creme de leite na composição do *frozen*, mostraram que a quantidade de gordura variou de 14,0 % a 17,0 %, sendo classificado como *Frozen Yogurt Premium*, pois obteve uma maior quantidade de gordura do que os sorvetes tradicionais.

Segundo GUINARD et al. (1994), a gordura do leite favorece a qualidade do *frozen yogurt* por melhorar suas características sensoriais como sabor e atributos de textura, como maciez e cremosidade. Proporciona também corpo e suavidade ao produto, diminuindo a sensação de frio do sorvete na boca (COELHO; ROCHA, 2005).

De acordo com Rodrigues et al. (2006), o balanço entre gordura e sólidos na fase aquosa do sorvete, ajuda a promover a estabilidade da emulsão durante o processamento da mistura. Ruger et al. (2002), ainda afirmam que menores níveis de gordura produzem redução da percepção de riqueza, devido a menor liberação de componentes aromáticos solúveis em gordura, prevenindo a aglomeração dos glóbulos de gordura, evitando defeitos comuns, como textura gordurosa, corpo fraco e tendência ao encolhimento ou contração.

Desta forma, foi observado que a adição das proteínas do soro desempenham um papel importante na estabilidade da emulsão por apresentarem funcionalidade semelhante aos emulsificantes tradicionais e por constituir uma alternativa de substituição da gordura do leite (RODRIGUES et al., 2006). No entanto, o uso excessivo de lactose pode promover a cristalização durante o armazenamento resultando em textura arenosa do sorvete e este fenômeno indesejável depende da quantidade de sólidos da mistura, além da temperatura de armazenamento e presença de estabilizadores (COELHO; ROCHA, 2005; SOUZA, et al., 2010).

Andrade et al. (2004) observaram em sorvetes simbióticos um teor médio de proteínas de 2,6 %, menores do que os encontrados no presente trabalho. Estudos mostram que a retenção da água é importante, pois, quanto menor a quantidade de água livre no produto, menor será a quantidade e o tamanho dos cristais de gelo formados (SOUZA et al., 2010).

Os percentuais de *overrun* variaram de 23,7 a 46,0 % não apresentando diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos. Os valores médios determinados atendem ao padrão estabelecido pela legislação vigente de no mínimo 20,0 % (BRASIL, 2005).

A quantidade de ar incorporado é importante devido a sua influência na qualidade do produto final, ao qual confere maciez, leveza, influência nas propriedades físicas de derretimento, dureza e maior estabilidade durante o armazenamento (OLIVEIRA, 2005; SOUZA et al., 2010). Todavia, não é apenas a quantidade de ar incorporado, mas também a distribuição e o tamanho das células de ar que influenciam essas propriedades (SOUZA et al., 2010; SOFJAN; HARTEL, 2004).

Segundo Rodrigues et al. (2006), as proteínas do soro do leite possuem propriedades funcionais que facilitam a incorporação de ar na elaboração dos sorvetes. A aeração, de um modo geral, depende da composição da calda envolvendo o conteúdo de sólidos totais. Quanto maior o conteúdo de sólidos e menor a quantidade de gordura, maior será a incorporação de ar ao sorvete. As propriedades de processo, o tipo e quantidade de emulsificantes e estabilizantes adicionados e o tipo do equipamento de congelamento, influenciam nas características adequadas de corpo, textura e palatabilidade do sorvete (OLIVEIRA, 2005; LEANDRO et al., 2006).

O delineamento estatístico para a análise de açúcares redutores, cujos valores médios variaram de 10,0 a 20,2 %, indicou que a porcentagem de mel na base e na calda apresentaram efeitos estatisticamente significativos ($p \leq 0,05$) e positivos com um coeficiente de determinação adequado ($R^2 = 95,54$ %), conforme a Figura 1 e Equação 2.

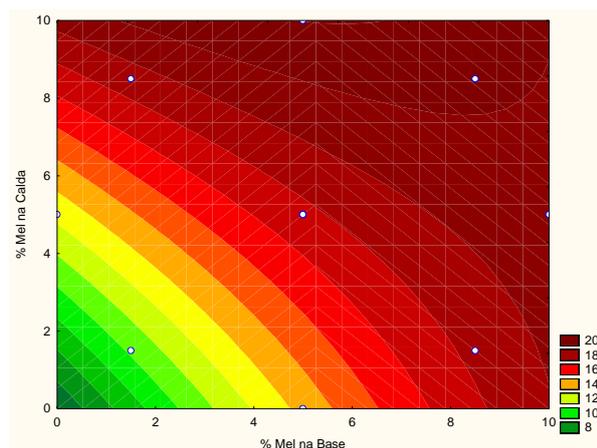


Figura 1 – Superfície de resposta para açúcares redutores em *frozen yogurt* elaborados com diferentes concentrações de mel na base e na calda.

$$Z(AR) = 6,119 + 1,69x - 0,0519x^2 + 1,242y - 0,002y^2 - 0,11xy \quad (2)$$

Na Figura 1 verifica-se que os aumentos do percentual de mel na base e na calda aumentam a concentração desses açúcares dentro da faixa estudada.

A redução no teor de açúcares não redutores pode ser explicada pela inversão da sacarose em D-glicose e D-frutose em decorrência do tratamento térmico e do aumento da acidez, fatores que contribuem para este fenômeno químico (RODRIGUES et al., 2000). Em condições normais, o aumento da taxa de inversão da sacarose promove a redução na concentração deste constituinte e a elevação no teor de açúcares redutores (DAMIANI et al., 2009).

Os valores de pH encontrados variaram de 4,2 a 4,5 ($p > 0,05$), resultados semelhantes aos observados por Inoue et al. (1998), Gonçalves e Eberle (2008), que avaliaram *frozen* probiótico elaborados com *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium ssp*, e encontraram pH próximos a 4,5.

A determinação de acidez resultou em uma variação de 0,62 a 0,75 %, ficando maior que os observados por Pereira et al. (2012), que determinaram acidez titulável para mistura base de *frozen yogurt* e encontraram valores de 0,51 a 0,58 %. Davidson et al. (2000) afirmaram que as indústrias norte-americanas procuram atingir uma acidez titulável mínima de 0,30 % para esse produto.

De maneira geral, quanto maior a acidez titulável encontrada em um produto lácteo fermentado, menor será o valor de pH e o teor de lactose, em decorrência da

produção de ácido láctico por ação de bactérias fermentativas (TRAMONTINA et al., 2001).

3.2 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Os resultados das análises microbiológicas obrigatórias para a avaliação das condições higiênico-sanitárias dos *frozen yogurt* demonstraram que todas as formulações atenderam aos padrões estabelecidos, não representando riscos ao consumidor e tornando segura a análise sensorial (BRASIL, 2001).

A Tabela 3 apresenta os valores médios das contagens de *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium ssp* e *Lactobacillus casei* (UFC/mL) nas onze formulações estudadas no 1º dia e no 36º dia de armazenamento em freezer à -20°C.

Tabela 3 - Contagem média do número de probióticos (UFC/mL) nas 11 formulações elaboradas durante período de estocagem em dias.

Formulações	Dia 1	Dia 36
1	1,4x10 ⁹	6,1 x10 ⁸
2	3,7x10 ⁸	2,8 x10 ⁸
3	1,4 x10 ⁹	3,6 x10 ⁸
4	1,3 x10 ⁹	2,2 x10 ⁸
5	3,1 x10 ⁸	1,5 x10 ⁸
6	1,2 x10 ⁹	1,9 x10 ⁸
7	1,3 x10 ⁹	5,0 x10 ⁸
8	7,4 x10 ⁹	6,7 x10 ⁸
9	1,1 x10 ⁹	1,8 x10 ⁸
10	1,1 x10 ⁹	5,7 x10 ⁸
11	1,3 x10 ⁹	2,9 x10 ⁸
*Padrão mínimo (UFC/mL)	1,0x10 ⁶	

*Resolução nº5 de Novembro de 2000 (Brasil, 2000).

Foi possível observar que as culturas sobreviveram à baixa temperatura imposta, apresentando maior número de UFC/g de produto com ótima resistência às

condições adversas. Para as contagens de culturas lácteas probióticas, os valores variaram de no mínimo $1,5 \times 10^8$ até no máximo $7,4 \times 10^9$ UFC/g, atendendo as especificações dos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados, Resolução nº 5 de 13 de Novembro de 2000, onde a contagem total de probióticos é de no mínimo $1,0 \times 10^6$ UFC/mL (BRASIL, 2000) e da Comissão Tecnocientífica de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos da ANVISA, que defende a quantidade mínima viável para os probióticos de 10^8 a 10^9 UFC/g (BRASIL, 2008).

Braguini (2011) em uma formulação controle de *frozen yogurt* estocada a -20°C por 36 dias obteve uma contagem máxima de 10^6 UFC/g. Nas mesmas condições de armazenamento observamos uma contagem que variou de 10^8 a 10^9 tendo o mel estimulado o crescimento das culturas.

Os *Lactobacillus* adicionados apresentaram boa resistência ao congelamento no período de até 36 dias de estocagem. Andrighetto e Gomes (2003), estudando a produção de picolé com leite acidófilo observaram que o sorvete adicionado de *Lactobacillus acidophilus* pode ser armazenado durante 60 dias a -25°C , sem alteração de suas características sensoriais e microbiológicas e com uma população de $8,3 \times 10^7$ UFC/g.

Com base nos dados apresentados sugere-se que o mel tenha atuado como um prebiótico para a proliferação dos probióticos. Resultados semelhantes foram obtidos por Macedo et al. (2008), ao analisar o crescimento de bactérias lácteas em leite reconstituído acrescido de mel. Tais autores observaram que o mel este exerceu efeito positivo significativo no número de células viáveis. Kajiwara et al. (2002) verificaram o crescimento de bifidobactérias em meio de cultura suplementado com 5,0% de mel por 48h de incubação a 37°C sob anaerobiose. Sugere-se que o mel possa exercer efeito prebiótico sobre a população de lactobacilos e bifidobactérias do colón, por conter uma série de oligossacarídeos (LEITE et al., 2000).

3.3 ANÁLISE SENSORIAL

Os dados referentes às notas médias para os diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 4 e representados nas Figuras 2 e 3.

Tabela 4 - Notas de aceitação sensorial e intenção de compra de *frozen yogurt* elaborados com diferentes concentrações de mel.

Formulação	Teste de Aceitação	Intenção de Compra
F1	7,7 ^{ab} ± 1,16	4,2 ^{bd} ± 0,87
F2	6,3 ^c ± 1,64	2,8 ^a ± 1,06
F3	7,5 ^{ab} ± 1,47	4,0 ^{bd} ± 0,90
F4	6,5 ^c ± 1,46	3,2 ^{ac} ± 1,01
F5	8,0 ^a ± 0,97	4,2 ^b ± 0,84
F6	6,9 ^{bc} ± 1,52	3,1 ^{ac} ± 1,11
F7	7,0 ^{abc} ± 1,18	3,8 ^{bd} ± 0,79
F8	6,4 ^c ± 1,67	3,0 ^{ac} ± 0,91
F9	7,2 ^{abc} ± 1,36	3,8 ^{bd} ± 1,04
F10	7,0 ^{bc} ± 1,60	3,6 ^{cd} ± 1,14
F11	7,0 ^{bc} ± 1,40	3,6 ^{cd} ± 1,16

Médias na mesma coluna seguida por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5 % de significância. *Escala hedônica estruturada mista de nove pontos. **Escala hedônica estruturada mista de cinco pontos (ABNT, 1998).

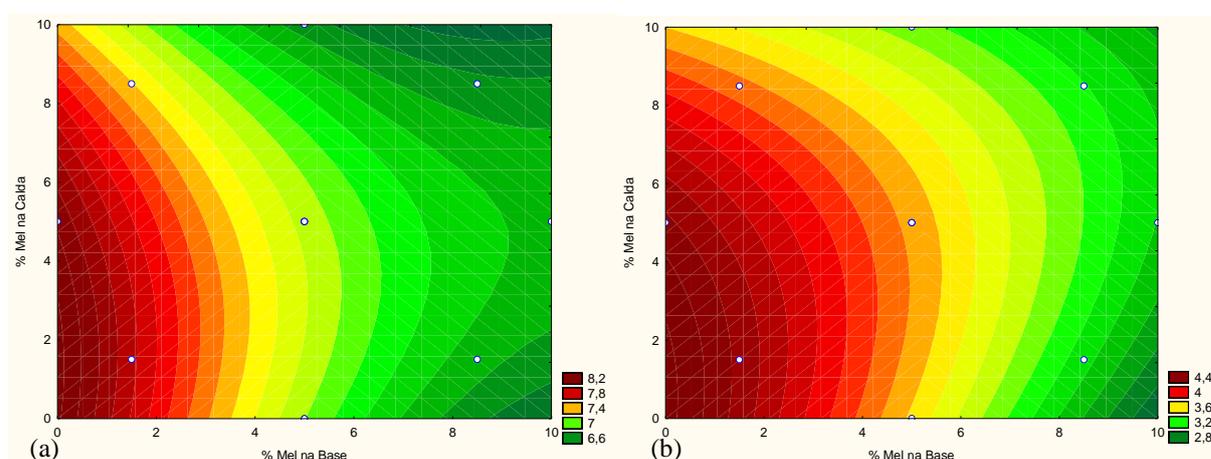


Figura 2 - Superfície de resposta para (a) aceitação sensorial e (b) intenção de compra dos tratamentos de *frozen yogurt* elaborados com diferentes concentrações de mel.

As notas médias referentes ao teste de aceitação observadas variaram de 6,3 a 8,0 que correspondem de “gostei ligeiramente” a “gostei muito” e a resposta para o teste de intenção de compra ficou próximo a “provavelmente compraria”, para ambas as formulações. Conforme as Figuras 2a e 2b, verifica-se que a quantidade de mel adicionada na base influenciou negativamente na avaliação dos consumidores com um coeficiente de determinação (R^2) igual a 89,65 % para o teste de aceitação descrito matematicamente pela Equação 3 e de 86 % para o teste de intenção de compra (Equação 4). Quanto à aceitabilidade, a adição de mel na calda não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$), mas demonstrou um comportamento decisivo na aceitação do produto quando o teor foi próximo a 2,0 %. Verificou-se que quanto menor a adição de mel na base e na calda maior será sua intenção de compra.

$$Z (\text{Aceitação}) = 8,134 - 0,29x + 0,012x^2 + 0,054y - 0,013y^2 + 0,0069xy \quad (3)$$

$$Z (\text{Intenção}) = 4,552 - 0,19x + 0,0008x^2 + 0,0017y - 0,01y^2 + 0,013xy \quad (4)$$

O aumento na proporção de mel exerceu efeito negativo, devido ao sabor ácido acentuado atribuído pelos provadores durante o teste.

Conforme os estudos de Man e Jones (1996), Kailasapathy e Rybka (1997) e Shah (2000), o uso de algumas culturas probióticas em leites fermentados é limitado, devido às substâncias produzidas por estes microrganismos, as quais podem ocasionar sabores estranhos ou *off-flavors* nos produtos finais, além da sensibilidade a uma série de fatores, como pH ácido e a presença de oxigênio.

O sabor ácido é uma característica comum ao produto estudado, mas de acordo com Pereira et al. (2012) ao estudar a influência do pH nas características físicas, químicas e sensoriais de *frozen yogurt*, o aumento do ponto de fermentação para pH 5,5 apresentou maior aceitação ($p \leq 0,05$), em relação ao pH 4,5 também testado, indicando que os consumidores preferem amostras com maior pH final de fermentação. O mesmo foi analisado por Inoue et al. (1998), ao testar faixas distintas de pH em sorvete tipo *frozen yogurt*. Resultado semelhante foi relatado por Guinard

et al. (1994), ao avaliar o efeito da acidez e concentração de açúcar na aceitabilidade de *frozen*.

Estudos de Pereira et al. (2012) demonstram que maiores teores de acidez titulável no *frozen* propiciam menores escores de aceitação para o sabor do produto.

A variação de pH está diretamente relacionada à acidez e esta, por sua vez, ao aroma do produto. A atividade das culturas lácticas causa mudanças químicas específicas, liberando compostos voláteis com grupamento carbonil, como ácido láctico e acético, acetaldeído, cetonas e diacetil, que contribuem para a percepção de acidez, aroma e sabor do *frozen yogurt* (TAMIME; ROBINSON, 2007).

Durante a realização da análise sensorial alguns provadores mencionaram que as amostras analisadas apresentaram sabor e aroma característico de produto fermentado e em alguns casos, um leve sabor de coalhada. O sabor e aroma do *frozen yogurt* dependem inteiramente da cultura láctica usada e de seu metabolismo durante a fermentação. Sabores e odores estranhos são geralmente causados por subprodutos da fermentação inadequada. Estes atributos devem-se ao ácido láctico e em quantidades muito pequenas de acetaldeído, diacetil e ácido acético e dependem também do tipo e da qualidade dos ingredientes utilizados na mistura do *frozen yogurt*, do tempo e da temperatura de fermentação (CORTE, 2008).

Os açúcares, por sua vez, influenciam no sabor durante a fixação dos compostos aromáticos interrompendo sua volatilização, deixando a sensação de sabor por mais tempo na boca (ORDÓÑEZ et al., 2005), além de contribuírem com a diminuição do ponto de congelamento, aumento da viscosidade e cremosidade do produto (EPAMIG, 2001).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição do creme de leite pelo soro de leite em pó na elaboração de um produto com valor lipídico reduzido e valor proteico elevado foi satisfatória, sem interferir em sua capacidade de incorporação de ar e padrões de identidade e qualidade impostos.

Por meio do delineamento utilizado, verificou-se que a adição de mel influenciou significativamente nos teores de açúcares redutores e na avaliação sensorial do produto.

Quanto maior a adição de mel na base e na calda, maior foi a concentração final de açúcares redutores, exercendo efeito negativo sobre os parâmetros sensoriais avaliados, sendo que somente sua adição na calda demonstrou-se viável, com proporção máxima de 2,0 %.

5 REFERÊNCIAS

ANDRADE, V. T.; BRANDÃO, S. C. C. B.; SARAIVA, C. B.; LEITE, M. O. Desenvolvimento de Sorvete com Prebiótico e Probiótico. In: **XXI Congresso Nacional de Laticínios**. Juiz de Fora. Minas Gerais: Anais, p. 122-126, 2004.

ANDRIGHETTO, C.; GOMES, M. I. F. V. Produção de picolés utilizando leite acidófilo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, P. 267-271, 2003.

ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14141**: Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official methods as analysis of the association of official analytical chemists**. 16.ed. Washington: AOAC International Method, 1998.

AZEREDO, H. M. C. Encapsulação: Aplicação à tecnologia de Alimentos. **Alimentos e Nutrição**, v. 16, p. 89-97, 2005.

BARROS, F. A. R.; STRINGHETA, P. C. Microencapsulação de antocianinas. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, ano IX, p.18-24, 2006

BECKER, L. V. **Iogurte probiótico com teor reduzido de lactose adicionado e óleo de linhaça**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

BRAGUINI, A. **Efeito da adição de inulina nas características físico-químicas, sensoriais e sobrevivência da cultura probiótica em frozen de iogurte simbiótico**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. DEPARTAMENTO DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL. **Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados**, Resolução nº 5, 13 de novembro de 2000.

_____. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF. 2001.

_____. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de gelados comestíveis e, preparados para gelados comestíveis, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis. Resolução RDC n. 266 de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF. 2005.

_____. Comissão Tecnocientífica de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos. **Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos**. IX – Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas de julho de 2008.

_____. Regulamento técnico que considera corante a substância ou a mistura de substâncias que possuem a propriedade de conferir ou intensificar a coloração de alimento (e bebida). Resolução RDC n. 44 1977. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2011.

CAI, Y. Z.; SUN, M.; CORKE, H. Characterization and application of betalain pigments from plants of the *Amaranthaceae*. **Trends Food Science Technology**, n. 16, p. 370-376, 2005.

CAMPOS, M. V. **Corantes naturais em alimentos**. Attachée de Presse Comunicação Integrada: São Paulo, 2010.

CANTO, W. L.; OLIVEIRA, V. P.; CARVALHO, P. R. N.; GERMER, S. P. M. Produção e Mercado de Urucum no Brasil. In: **Estudos Econômicos – Alimentos Processados**, n. 28, 1991, 65 p.

CARVALHO, P. R. N. Pré-processamento de sementes de urucum com elevado teor de lipídeos. **Relatório de projeto**. FAPESP, 2008, 71p.

CARVALHO, P. R. N.; SILVA, M. G.; FABRI, E. G.; TAVARES, P. E. R.; MARTINS, A. L. M.; SPATTI, L. R. Concentração de bixina e lipídios em sementes de urucum da coleção do IAC. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 519-524, 2010.

CHR. HANSEN INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Corantes naturais: tecnologia a serviço de uma alimentação saudável. **Food ingredients Brasil**, Porto Seguro, 2011.

_____. Aditivos e ingredientes: Tecnologia a serviço de uma alimentação mais natural. **Food ingredients Brasil**. Porto Seguro, 2013.

COELHO, D. T.; ROCHA, J. A. A. **Práticas do processamento de produtos de origem animal**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005.

CORLETT, F. M. F. **Qualidade fisiológica de sementes de urucum (bixa orellana L.) armazenadas em diferentes ambientes e embalagens**. 2004. 94p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Porto Alegre, 2004.

CORREIA, R. T. P.; CRUZ, V. M. F. **Leite de cabra e derivados**. 1. ed. São Paulo: ACOSC, 2006.

CORREIA, R. T. P.; MAGALHÃES, M. M. A.; PEDRINI, M. R. S.; CRUZ, A. V. F.; CLEMENTINO, I. Sorvetes elaborados com leite caprino e bovino: composição química e propriedades de derretimento. **Revista de Ciências Agrônomas**, v. 39, n. 02, p. 251-256, 2008.

CORTE, F. F. D. **Desenvolvimento de frozen yogurt com propriedades funcionais**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. B.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; PAULA, M. L.; ASQUIERI, E. R. Avaliação química de geléias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 177-184, 2009.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Artmed. 2010.

DAVIDSON, R. H.; DUNCAN, S. E.; HACKNEY, C. R.; EIGEL, W. N.; BOLING, J. W. Probiotic culture survival and implications in fermented frozen yogurt characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 4, p. 666-673, 2000.

DEPYPERE, F.; DEWETTINCK, K.; RONSSE, F.; PIETERS, J. G. Food powder microencapsulation: principles, problems and opportunities. **Applied Biotechnology, Food Science and Policy**. v. 1, p. 75-94, 2003.

DIB TAXI, C. M. A.; MENEZES, H. C.; SANTOS, A. B.; GROSSO, C. R. F. Study of the microencapsulation of camu-camu (*Myrciaria dubia*) juice. **Journal Microencapsulation**, v. 20, p. 443–448, 2003.

DUFOSSÉ, L.; GALAUP, P.; YARON, A.; ARAD, S. M.; BLANC, P.; MURTHY, K. N. C.; RAVISHANKAR, G. A. Microorganisms and microalgae as sources of pigments for food use: a scientific oddity or an industrial reality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, p. 389-406, 2005.

DUTCOSKI, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2007.

DRUNKLER, D. A.; FETT, R.; BORDIGNON, M. T. **Avaliação da estabilidade de betalaínas em extrato de beterraba (*Beta vulgaris* L.) com a-, b- e g-ciclodextrinas**. Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos 364 da UFSC. Curitiba, v. 24, n. 1, jan./jun. 2006.

EARLY, R. **Tecnología de los productos lácteos**. Zaragoza: Acribia, 2000. 459 p.

EPAMIG, A. **Apostila de sorvete**. 1.ed. Juiz de Fora: CT-ILCT, 2001.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v. 40, p.1107–1121, 2007.

GONÇALVES, A., EBERLE, I. Frozen yogurt com bactérias probióticas. **Alimentação e Nutrição**, v. 1, n. 1, p. 32-41, 2008.

GUINARD, J. X.; LITTLE, C.; MARTY, C.; PALCHACK, T. R. Effect of sugar and acid on the acceptability of *frozen yogurt* to a student population. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 5, p. 1232-1238, 1994.

HACBARTH, P.; RONPAIRIN, C.; INSORN, S.; TUITEMWONG, K.; TANASUPAWAT, S. Frozen soy yogurt with bifidus and acidophilus bacteria. **IFT annual meeting: book of abstracts**. v. 78, ISSN 1082 – 1236, 2006.

HARTEMINK, R.; VANLAERE, K. M. J.; ROMBOUTS, F. M. Growth of enterobacteria on fructo-oligosaccharides. **Journal of Applied Microbiology**, v. 383, n. 1, p. 367-374, 1997.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 4.ed. São Paulo, 2008.

INOUE, K.; SHIOTA, K.; ITO, T. Preparation and properties of ice cream type frozen yogurt. **International Journal of Dairy Technology**, v. 51, n. 2, p. 44-50, 1998.

JUNIOR, A. A. S. **Micropartículas biodegradáveis para a liberação prolongada intraocular de fármacos.** 2005.140p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2005.

KAILASAPATHY, K.; RYBKA, S. L. *Acidophilus* and *Bifidobacterium* spp: their therapeutic potential and survival in yoghurt. **The Australian Journal of Dairy Technol**og, v. 52, n. 1, p. 28-45, 1997.

KAJIWARA, S.; GANDHI, H.; USTUNOL, Z. Effect of honey on the growth of and acid production by human intestinal *Bifidobacterium* spp.: An In Vitro Comparison with Commercial Oligosaccharides and Inulin. **Journal of Food Protection**, v. 65, n. 1, 2002.

KOSIKOWSKI, F. V. The evolution and technology of frozen yogurt. **Dairy Ice Cream Field.**, v.160, p.84-84F, 1977.

LANARA. LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA ANIMAL. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes.** I: Métodos microbiológicos. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981a.

_____. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes.** II: Métodos físico-químicos. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981b.

LEANDRO, E. S.; PAULA, R. A; CARVALHO, A. F.; BRANDÃO, S. C.; MORAES, C. A. Sobrevivência de *Lactobacillus delbrueckii* UVF H2b20 em sorvete. **Instituto Cândido Tostes**, v. 64, n. 1, p. 300-303, 2006.

LEITE, J. M. C. TRUGO, L. C; COSTA, L. S. M; QUINTEIRO, L. M. C; BARTH, O. M; DUTRA, V. M. L. Determination of oligosaccharides in Brazilian honeys of different botanical origin. **Food Chemistry**, v. 70, n. 1, 2000.

LILA, M. A. Plant pigments and human health. In: DAVIS, S. **Plant pigments and their manipulation.** Oxford: CRC Press/Blackwell Publ., 2004. p. 248-274.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, D. E. S. Avaliação do teor de antocianinas em polpa de acerola congelada proveniente de frutos de 12 diferentes aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 101-103, jan./abr. 2003.

LONGO, G. **Influencia da adição de lactase na produção de iogurtes**. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2006.

LOPÉZ, S. E. E. **Encapsulados de luteína-enocianina y su aplicación en alimentos**. 2004. 68 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Facultad de Ciencias Químicas y Farmacêuticas, Santiago, Chile, 2004.

MACEDO, L., LUCHESE, R., GUERRA, A., BARBOSA, C. Efeito prebiótico do mel sobre o crescimento e viabilidade de *Bifidobacterium spp.* e *Lactobacillus spp.* em leite. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. v. 8, n. 4, 2008.

MAN, C. M. D.; JONES, A. A. **Shelf life evaluation of foods**. Brno: Aspen Publication, 1996.

MIGUEL, D. P. **Desenvolvimento de sorvete de “iogurte” simbiótico à base de extrato aquoso de soja e de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) fermentado com *Lactobacillus acidophilus* CRL 1014**. Dissertação (Doutorado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2009.

MOSQUIM, M. C. A. **Fabricando sorvetes com qualidade**. São Paulo: Fonte Comunicações, 1999.

MUNARETTO, R. Alquimia dos alimentos. **Revista Agromais**, v. 10, n. 1, p. 20-22, 2008.

NABESHIMA, E. H., OLIVEIRA, E. S., HASHIMOTO, J. M.; JACKIX, M. N. H. Propriedades físicas do sorvete de baunilha elaborado com substitutos de gordura e sacarose. **Boletim CEPPA**, v. 19, n. 2, p. 109-119, 2001.

NESTLE. **Artigo profissional da saúde**. 2007. Disponível em: <<https://www.nestle.com.br/nestlenutrisaude/>> Acesso em: 10 de Março de 2012.

OLIVEIRA, K. H. **Comportamento reológico de diferentes tipos de sorvetes**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2005.

OLIVEIRA, A. P. S.; JACQUES, G. F.; NERY, V. V. C.; ABRANTES, S. Consumo de corantes artificiais em balas e chicletes por crianças de seis a nove anos. **Revista Analítica**, v. 8, p. 79- 85, 2009.

OLIVEIRA, R. O.; OLIVEIRA, T. P.; SEREIA, M. J.; SANTOS, A. R.; AZEVEDO, B. S. A. Efeito da adição de diferentes concentrações de açúcar e mel em parâmetros físico-químicos e sensoriais de *frozen yogurt* com baixo teor de gordura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 3, Campo Mourão, 2012.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2 p. 385-390, 2005.

PEREDA, J. A. O.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnologia de alimentos**, Porto Alegre : Artmed, v. 2, 2005.

PEREIRA, G. G.; RAFAEL, L. M.; GAJO, A. A.; RAMOS, T. M.; PINTO, S. M.; ABREU, L. R.; RESENDE, J. V. Influência do pH nas características físico-químicas e sensoriais de *frozen yogurt* de morango. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 675-686, 2012.

PINEDA, J. E. D.; CALDERÓN, L. S. Planta piloto para obtener colorante de la semilla del achiote (*Bixa orellana*). **Revista Universidad EAFIT**, v.39, p.8-22, 2003.

RODRIGUES, M. V. N.; RODRIGUES, R. A. F.; SERRA, G. E.; ANDRIETTA, S. R.; FRANCO, T. T. Produção de xarope de açúcar invertido obtido por hidrólise heterogênea, através de planejamento experimental. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 103-109, 2000.

RODRIGUES, A. P.; FONTANA, C. V. PADILHA, E. SILVESTREIN, M. AUGUSTO, M. M. M. Elaboração de sorvete sabor chocolate com teor de gordura reduzido utilizando soro de leite em pó. **Vetor**, v. 16, n. 2, p. 55-62, 2006.

ROHDE, D. C.; SILVEIRA, S. O. ; VARGAS, V. R. A. O uso do corante urucum (*Bixa*

orellana L.) na técnica de coloração histológica. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 38, p.119-121, 2006.

ROSA, E. D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L. A. P. **Secagem por atomização na indústria alimentícia: Fundamentos e Aplicações**. 12p. 2009.

RUGER, P. R.; BAER, R. J.; KASPERSON, K. M. Effect of double homogenization and whey protein concentrate on the texture of ice cream. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1684-1692, 2002.

SAAD, S. M. I. Probiotics and prebiotics: the state of the art. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 239-256, 2006.

SHAH, N. P. Probiotic bacteria: selective enumeration and survival in dairy foods. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 4, p. 894-907, 2000.

SILVA, G. F. **Extração de Pigmentos de Urucum com CO₂ Supercrítico**. FEA/UNICAMP, Campinas, SP, 1999.

SOFJAN, R. P; HARTEL; R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, v. 14, n. 3, p. 255-262, 2004.

SOUZA, J. C. B.; COSTA, M. R.; RENSIS, C. M. V. B.; SIVIERI, K. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 1, p. 155-165, 2010.

TAMIME, A. Y.; ROBINSON, R. K. **Tamime and Robinson's yoghurt: Science and technology**. 3.ed. Cambridge: CRC, 2007.

TRAMONTINA, T.; RICHARDS, N. S. P. S.; SILVA, M. E. Desenvolvimento e Caracterização Físico-química, Microbiológica e Sensorial de Iogurte Adicionado de Cereais Integrais. In: **XXVIII Congresso nacional de laticínios**. Juiz de Fora, Minas Gerais: Anais, p. 225-229, 2001.

TRAVI ALIMENTOS. **A história do frozen yogurt**. Disponível em: < <http://www.travialimentos.com.br/historia.htm> > Acesso em: 05 de maio de 2013.

UFRGS. Corantes naturais x Corantes Artificiais. **Seminários**. 2004. Disponível em: <www.ufrgs.br/alimentus/med/2004-01/seminarios/corantes.doc>. Acesso em: 17 de Agosto de 2013.

VARGHESE, K. S.; MISHRA, H. N. Modelling of acidification kinetics and textural properties in dahi (Indian yogurt) made from buffalo milk using response surface methodology. **International Journal of Dairy Technology Huntingdon**, v. 61, n. 3, p. 284-289, 2008.

VASCONCELLOS, M. F. B. Produtos *Lights e Diets*. **Revista Flavors Magazine**, n. 1, p. 48-49, 2012.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGUETA, P. C. Pigmentos naturais bioativos. **Alimentos e Nutrição**, v.20, p. 157-166, 2009.

ZENEBON, O.; PASCUET, S. P; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

CAPITULO II

CARACTERIZAÇÃO DE CORANTES NATURAIS DE BETALAÍNA E BIXINA MICROENCAPSULADOS COM MALTODEXTRINA E APLICADOS EM *FROZEN* YOGURT

1 INTRODUÇÃO

A cor é um dos atributos que influencia de forma decisiva a preferência do consumidor quanto a determinado tipo de alimento. Geralmente, afeta o julgamento, sendo utilizada como forte indicador de qualidade. Portanto, o desenvolvimento de produtos de aparência atrativa é importante para a indústria de alimentos. No entanto a manutenção da cor original no produto processado ou armazenado é, muitas vezes, difícil pelas possibilidades de reações que os vários tipos de pigmentos naturais apresentam. Conseqüentemente, tornou-se prática necessária, a adição de corantes artificiais, devido a vários fatores como maior estabilidade, maior disponibilidade, maior gama de tonalidade e obtenção mais econômica (ARAÚJO, 2004)

Nos últimos anos tem-se acompanhado uma verdadeira revolução nos hábitos da população, tendo como foco a busca por conduta saudáveis inclusive, na alimentação. Nesse contexto, os corantes artificiais aparecem como item de discussão por decorrência dos riscos toxicológicos. São cada vez mais comuns os casos de alergias e intoxicação causadas por essas substâncias, além de serem aditivos sem valor nutritivo, apenas com o único objetivo de conferir cor, ou seja, tornar o produto mais atrativo. Diante desses fatos, a busca por isolar, estudar e utilizar os corantes naturais como alternativas já vem sendo realizada (MENDES, 2012).

Toledo et al. (2004), comentam que o urucum é um corante natural extraído do pericarpo seco das sementes de *Bixa orellana* L e apresenta coloração amarelo-alaranjada com principal componente corante sendo o diapocarotenóide lipossolúvel 9'-*cis*-bixina. Seus corantes são encontrados recobrimdo a superfície externa das sementes de urucum e são constituídos na sua maioria (cerca de 80%) de 9'-*cis*-bixina, que é um éster monometílico do ácido carboxílico da 9'-*cis*-norbixina;

A betalaína é um pigmento encontrado abundantemente na beterraba, são compostos N-heterocíclicos solúveis em água e definida quimicamente como derivada do ácido betalâmico localizada nos vacúolos das plantas. Incluem duas classes de compostos: betacianinas, de cor vermelho-violeta; e betaxantinas, de cor amarelada (CHETANA; NAYAK; RAGHAVARO, 2007; VOLP, RENHE, STRINGUETA, 2009).

Muitos estudiosos procuram alternativas para amenizar as modificações sofridas pelos corantes naturais ao longo do tempo e a técnica de microencapsulação desses pigmentos é uma opção para melhora de sua estabilidade, favorecendo o seu uso como ingrediente alimentício. Esta técnica pode ajudar a resolver alguns dos problemas funcionais associados com os corantes naturais, pois oferece solubilidade melhorada, produtos estáveis à oxidação e tecnologia capaz de solucionar problemas relacionados à armazenagem (LANDIM, 2008; CONSTANT, 2002).

Como produto “*clean label*” surge o *frozen yogurt*, o sorvete de iogurte submetido à fermentação láctica sob ação de bactérias probióticas, como uma excelente opção para aplicação dos corantes naturais e avaliação das propriedades tecnológicas a eles atribuídas (BRASIL, 2005).

Devido ao exponencial crescimento mundial da preferência dos consumidores pelos alimentos que contêm ingredientes naturais, este trabalho teve como objetivo microencapsular e caracterizar pigmentos de betalactina e bixina a partir de beterraba e sementes de urucum, respectivamente, utilizando como veículo encapsulante a maltodextrina, obter condições ideais de estabilidade para aplicar em *frozen yogurt*, bem como avaliar a aceitabilidade do produto final.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO

O estudo foi realizado nos Laboratórios de Processamento e de Análise de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus* Campo Mourão.

2.2 MATERIAIS

Para extração dos corantes utilizou-se beterraba vermelha de mesa (*Beta vulgaris* L., variedade Asgrow Wonder), o urucum (*Bixa orellana*, Bixaceae), maltodextrina (*Atthetica*) e corante artificial Vermelho Bordeaux (Duas Rodas) e corante artificial Amarelo Crepúsculo (Mix Ltda).

2.3 EXTRAÇÃO DOS CORANTES

2.3.1 Corante de Beterraba

O preparo do extrato de beterraba seguiu a metodologia descrita por Drunkler et al. (2006). A extração do pigmento foi realizada com solução de etanol a 70% (v/v). Para o preparo da mistura, utilizou-se uma proporção de 1:2 (p/v), relação peso de beterraba por volume de solvente. A mistura foi homogeneizada em liquidificador industrial aço inox (Vithory), por aproximadamente um minuto na velocidade de 17000 rpm, a temperatura ambiente, em seguida, o extrato

permaneceu sob maceração em incubadora Shaker (Hrydrosam), em recipiente fechado, pelo período de 24 horas ao abrigo da luz e sob refrigeração ($5 \pm 1^\circ\text{C}$).

Após a maceração, o material foi filtrado à vácuo e adicionado ao extrato 0,5% de solução de sorbato de potássio a 5% (p/v) com o objetivo de prevenir desenvolvimento de fungos. O extrato obtido foi armazenado em frasco âmbar, sob refrigeração ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) até a realização da secagem em *spray dryer*.

2.3.2 Corante de Urucum

A extração do corante de urucum foi realizada conforme método proposto por Carvalho (2008). As sementes foram pesadas e enviadas ao sistema de extração em banho termostático, sob aquecimento constante de 40°C com solução aquosa 1:2 (p/v), agitação a 540 rpm, e hélice do tipo naval, o qual garantiu o atrito entre as sementes, o que propiciou a liberação do pigmento. Após a extração, as sementes foram separadas do extrato com o auxílio de uma peneira e retornadas ao sistema para garantir completa esgotação. O processo foi repetido até a extração da maior parte dos pigmentos presentes ($> 90\%$). Os extratos foram combinados e os pigmentos foram separados por filtração a vácuo. O armazenamento do corante foi realizado em sistema refrigerado e ao abrigo da luz.

2.4 OBTENÇÃO DAS MICROCAPSULAS

A homogeneização do extrato com a matriz encapsulante foi realizada com auxílio de um agitador mecânico Fisatom mod. 7130, seguindo metodologia descrita por Valduga (2008). A secagem dos extratos de betalaína e bixina seguiram a proporção 1:4 (p/p) de extrato e encapsulante.

A secagem por atomização foi realizada em equipamento de bancada, um mini *spray dryer* – BÜCHI, modelo B-191 (Labortechnik, Suíça), com bico injetor de orifício de 1 mm de diâmetro, vazão média do ar de secagem a $3.8 \text{ m}^3/\text{h}$ e vazão

média de alimentação a 0,6L/h, a temperatura do ar de entrada foi de (150±10°C) e a temperatura do ar de saída (90±5°C) com pressão manométrica positiva e pressão de atomização de 0,08 a 0,14 bar. O produto, recolhido na forma de pó, foi armazenado em embalagem de vidro.

2.5 APLICAÇÃO DE MICROCÁPSULAS DE CORANTE NATURAL DE BETALAÍNA E BIXINA EM *FROZEN YOGURT*

2.5.1 Elaboração das formulações

Para a elaboração dos *frozen yogurt* foram utilizados: leite desnatado UHT (Líder), 5,0 % de glicose, 5,0 % de leite em pó (Alibra), 1,0 % de soro em pó (Alibra), 1,0 % de amido modificado (Gemacon), 1,0 % de espessante (mix de goma-guar), 1,0 % de liga neutra (Selecta), 1,3 % de emulsificante Emustab (Selecta), 2,0 % de cultura mista “ABC 1” composta por cepas de *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium ssp* e *Lactobacillus casei* (SACCO) em relação ao produto final (m/m), 18,0% de açúcar e 2,0% de mel.

Para a aplicação dos corantes na calda foram preparadas quatro formulações com sabores de morango e mamão *papaya* e a adição de 2,8% de polpa natural da fruta (Tabela 1).

O preparo das formulações seguiu metodologia proposta por Oliveira et al. (2012).

Tabela 1 – Quantidades (%) de corantes artificiais e naturais microencapsulados para elaboração dos *frozen yogurt* estudados.

Formulações	(%)
Corante artificial Vermelho Bordeaux	0,01*
Corante natural de Betalaína	0,10*
Corante artificial Amarelo Crepúculo	0,01*
Corante natural de Bixina	0,02*

*Valor estabelecido pela Consulta Pública nº 31, de 20 de abril de 2004 (BRASIL, 2004).

2.5.2 *Overrun*

A porcentagem de *overrun* foi calculada conforme Mosquim (1999).

2.5.3 Avaliação microbiológica

Para garantir a segurança microbiológica do produto elaborado serão realizadas análises de coliformes totais (NMP/mL) e termotolerantes (NMP/mL), segundo metodologia proposta por Lanara (1981).

2.5.4 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial foi realizada após a fabricação dos *frozen*, no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos com 50 provadores não treinados, entre alunos e funcionários da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A aceitabilidade dos provadores foi realizada pela aplicação da Escala Hedônica de 9 pontos, tendo como extremos “1” (Desgostei muitíssimo) e “9” (Gostei muitíssimo) (ABNT, 1998). Os provadores foram orientados a avaliarem as amostras em relação à aroma, sabor, textura, cor e impressão global de suas características. Juntamente a esse teste, foram estabelecidas notas quanto à intenção de compra para cada produto, com escala estruturada em 5 pontos, variando de “1” (Certamente não compraria) até “5” (Certamente compraria) (ABNT, 1998).

Os provadores receberam individualmente 20 g de cada amostra na temperatura usual de consumo, aproximadamente -10 °C em copos plásticos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos, acompanhados de uma colher descartável, um copo com água potável e as fichas de respostas, de acordo com Dutcoski (2007).

2.6 TESTE DE ESTABILIDADE COLORIMÉTRICA DAS MICROCÁPSULAS DE CORANTE E DOS *FROZEN YOGURT*

2.6.1 Solução-tampão de McIlvaine

Tendo em vista que os corantes encapsulados foram aplicados em *frozen yogurt* criou-se um meio com condições físicas e químicas identificadas as de quando inseridas no *frozen*.

Este meio foi realizado conforme metodologia de Stringheta (1991), com modificações, identificado como solução-tampão de McIlvaine o qual foi preparado utilizando-se fosfato dissódico- Na_2HPO_4 0,2M e ácido cítrico- $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ 0,1M. O fosfato dissódico 0,2M foi preparado dissolvendo-se 28,4g em água destilada e diluindo-se até 1L e o ácido cítrico 0,1M, dissolvendo-se 19,2g em água destilada e diluindo-se até 1L. Por meio de pHmetro equilibrou-se a solução-tampão até o pH de 4,0. Foi adicionado 500 mg/L de sorbato de potássio, com intuito de evitar o desenvolvimento de fungos.

Seguindo metodologia por Constant (1999), foi adicionado 1g de cada amostra de microcápsulas de corante de betalaína e bixina, individualmente, para 1L de solução-tampão de McIlvaine. Após, a solução foi distribuída em frascos de vidro com capacidade de 15 mL cada, em triplicata, hermeticamente fechados, isolados com alumínio, de modo a não permitir a entrada de ar e acondicionado ao abrigo da luz em temperatura controlada de $-8\text{ }^\circ\text{C} \pm 1$ durante 28 dias de armazenamento.

2.6.2 Avaliação colorimétrica

As medidas colorimétricas foram obtidas por meio de colorímetro (CHROMA METER modelo CR 400, Konika Minolta Inseng, Japão).

As amostras foram colocadas em placas de Petri, em quantidade suficiente para cobrir a base da placa, sendo avaliadas as coordenadas L, a^* e b^* em triplicata, (Figura 1), onde “L” representa a luminosidade numa escala de 0 a 100, indicando

pouco brilho e muito brilho, respectivamente, “a*” representa a variação das tonalidades das cores verde e vermelho, onde valores negativos correspondem à intensidade da cor verde e os positivos à intensidade da cor vermelha e “b*” representa a variação das tonalidades das cores azul e amarelo, onde valores negativos correspondem à intensidade da cor azul os valores positivos à intensidade da cor amarela, do sistema CIELab (ALVES et al., 2008).

De acordo com Pontes (2004) juntas, as coordenadas a e b podem gerar parâmetros relacionados à tonalidade (h) (Equação 4) e saturação ou croma (c) (Equação 1).

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

$$h^0 = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \quad (2)$$

Em que:

c é o índice de saturação da cor. Corresponde ao comprimento da projeção da localização da cor no plano (a, b), ou seja, o comprimento do vetor.

h é o ângulo de tonalidade da cor. Utilizado para estimar a posição de uma amostra no sólido de cor.

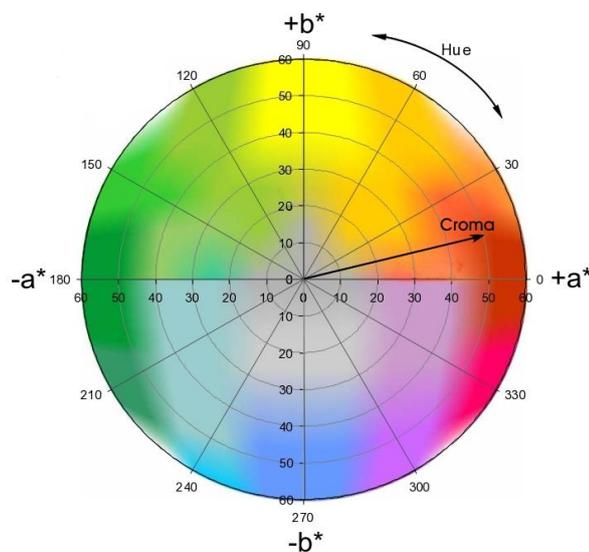


Figura 1- Coordenadas de cores do sistema CIELab

Fonte: Konika Minolta (1998).

Os valores das coordenadas L^* , a^* e b^* da avaliação inicial e os valores obtidos na avaliação final são inseridos em uma fórmula matemática que apresenta como resultado o ΔE , que representa a alteração total da cor sofrida pela solução durante o experimento.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (3)$$

2.7 CARACTERIZAÇÃO DAS MICROCÁPSULAS

2.7.1 Solubilidade

A solubilidade das amostras foi determinada segundo a metodologia modificada descrita por Cano-Chauca et al., (2005). Para as análises foi pesado 0,25g das microcápsulas de corantes em béquer de 50 mL e adicionados 25 mL de água destilada, obtendo-se uma solução, a qual foi centrifugada a 3000 rpm por 5 min. Vinte mililitros do sobrenadante foi transferido em placa de Petri seca, vazia e com massa computada anteriormente. A secagem ocorreu em estufa de circulação de ar a 105° C por 5h. A solubilidade foi calculada pela diferença de massa e os resultados foram expressos em percentual.

2.7.2 Densidade aparente

A densidade das microcápsulas de corante foi determinada de acordo com Cai e Corke (2000), por meio da pesagem de 10g da amostra em um cilindro graduado de 100 mL e uma vibração constante realizada durante três minutos. O volume ocupado foi utilizado para calcular a densidade em g/mL.

2.7.3 Atividade de água

De acordo com Rocha et al. (2009), mediu-se a atividade de água das microcápsulas utilizando o aparelho Aqualab, após estabilização das amostras durante 1h, a 25°C.

2.7.4 Higroscopicidade

A higroscopicidade das amostras em pó foi determinada seguindo metodologia descrita por Cai e Corke (2000). Aproximadamente 2g das microcápsulas de corante foram colocadas a 25°C em um recipiente hermeticamente fechado com uma solução saturada de Na₂SO₄ (81% UR). Após uma semana, as amostras foram pesadas e o resultado final expresso em g de umidade adsorvida por 100g de sólidos secos.

2.7.5 Umidade

O teor de umidade das microcápsulas foi determinado segundo a metodologia descrita no Instituto Adolfo Lutz (2008), que tem como princípio a perda de peso sofrida pelo produto em relação à remoção de água em determinadas condições.

2.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos nos testes serão submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 5,0% de probabilidade de erro. Os resultados foram analisados por meio do programa *Statística (Statsoft)* versão 10.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 APLICAÇÕES DE MICROCÁPSULAS DE CORANTE NATURAL DE BETALAÍNA E BIXINA EM *FROZEN YOGURT*

3.1.1 *Overrun*, avaliação microbiológica e avaliação sensorial

Na Tabela 2 são apresentados os resultados referentes à análise de *overrun* das formulações elaboradas com corantes naturais e artificiais.

Tabela 2 – Valores médios percentuais dos teores de *overrun* (%) de *frozen yogurt* das formulações estudadas.

Atributo	Corante de Betalaína	Vermelho Bordeaux	Corante de Bixina	Amarelo Crepúsculo
<i>Overrun</i>	44,7 ^a ± 0,19	41,5 ^a ± 0,20	49,4 ^a ± 0,33	47,5 ^a ± 0,21

*Médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si ao nível de 5 % de significância.

Os percentuais de *overrun* variaram de 41,5 a 49,4 % não apresentando diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos. Os valores médios determinados atendem ao padrão estabelecido pela legislação vigente de no mínimo 20,0 % (BRASIL, 2005).

Os resultados das análises microbiológicas obrigatórias para a avaliação das condições higiênico-sanitárias dos *frozen yogurt* demonstraram que todas as formulações atenderam aos padrões estabelecidos, não representando riscos ao consumidor e tornando segura a análise sensorial (BRASIL, 2001).

Os dados referentes ao teste sensorial para os diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Notas de aceitação sensorial e intenção de compra de *frozen yogurt* elaborados com diferentes concentrações de mel.

Atributo	Corante de Betalaína	Vermelho Bordeaux	Corante de Bixina	Amarelo Crepúsculo
Aroma	7,7 ^a ± 0,93	7,5 ^a ± 1,23	6,3 ^a ± 1,44	6,4 ^a ± 1,23
Sabor	8,4 ^a ± 0,70	8,1 ^a ± 1,01	7,4 ^a ± 1,30	7,5 ^a ± 1,02
Textura	8,2 ^a ± 0,87	8,0 ^a ± 1,06	8,2 ^a ± 0,82	8,4 ^a ± 0,69
Cor	8,2 ^a ± 0,87	8,1 ^a ± 0,9	8,1 ^a ± 0,82	8,0 ^a ± 0,88
Impressão Global	8,2 ^a ± 0,62	8,1 ^a ± 0,93	8,1 ^a ± 0,71	8,0 ^a ± 0,88
Intenção de Compra	4,6 ^a ± 0,50	4,4 ^a ± 0,73	4,3 ^a ± 0,74	4,0 ^a ± 0,80

Médias na mesma linha seguida por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5 % de significância. *Escala hedônica estruturada mista de nove pontos. **Escala hedônica estruturada mista de cinco pontos (ABNT, 1998).

Os resultados das amostras analisadas não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$) entre os atributos avaliados, sendo possível afirmar que as médias obtidas para *frozen yogurt* elaborado com corante natural de betalaína e bixina encapsulado com maltodextrina foram aceitos pelos provadores de acordo com Dutcoski (2007) o qual estabelece uma média de 7 para o produto ser considerado aceito.

Lemes et al. (2013) ao avaliar sensorialmente iogurte elaborado com corante natural de betalaína encapsulado com maltodextrina obteve resultados que diferiram entre si ($p \leq 0,05$) e não foram bem aceitos pelos provadores no quesito “cor”, diferente ao observado no presente trabalho.

3.2 TESTE DE ESTABILIDADE COLORIMÉTRICA DAS MICROCAPSULAS DE CORANTE E DOS *FROZEN YOGURT*

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises colorimétricas de microcapsulas de betalaína e bixina mantidas em condições de armazenamento próximas às utilizadas para o armazenamento de *frozen yogurt*.

Tabela 4 – Resultados médios de L*, a*, b*, c* e h* de corante de betalaína e corante de bixina encapsulados com maltodextrina em solução tampão de McIlvaine de pH 4,0 e em *Frozen Yogurt* obtidos durante 28 dias de armazenamento, acondicionado ao abrigo da luz em temperatura controlada de - 8 °C ± 1.

	Dias	Corante de Betalaína					Corante de Bixina				
		L*	a*	b*	c*	H*	L*	a*	b*	c*	H*
Solução tampão McIlvaine	0	75,71 ^a	9,84 ^a	-8,17 ^a	13,15 ^a	42,98 ^a	73,99 ^a	9,20 ^a	36,60 ^a	37,74 ^a	75,89 ^a
	7	74,71 ^a	9,07 ^b	-8,17 ^a	12,21 ^b	42,01 ^b	73,68 ^a	9,14 ^a	35,80 ^b	36,94 ^b	75,67 ^a
	14	72,40 ^b	9,07 ^b	-7,85 ^b	12,00 ^b	40,88 ^c	72,79 ^b	9,04 ^a	34,85 ^c	36,00 ^c	75,46 ^a
	21	71,86 ^c	9,01 ^b	-7,38 ^b	11,65 ^c	39,32 ^d	72,11 ^c	9,01 ^a	34,24 ^d	35,41 ^d	75,27 ^a
	28	71,73 ^d	9,00 ^b	-7,30 ^b	11,59 ^c	39,05 ^d	72,07 ^c	8,96 ^a	34,07 ^d	35,23 ^d	75,27 ^a
Frozen Yogurt	0	83,88 ^a	12,44 ^a	4,15 ^a	13,12 ^a	18,45 ^a	89,75 ^a	8,60 ^a	23,60 ^a	25,12 ^a	70,02 ^a
	7	83,87 ^a	12,40 ^a	4,10 ^a	13,06 ^a	18,32 ^a	89,72 ^a	8,56 ^a	23,55 ^a	25,06 ^a	70,06 ^a
	14	83,76 ^a	12,36 ^a	4,07 ^a	13,01 ^a	18,22 ^a	89,72 ^a	8,53 ^a	23,48 ^a	24,98 ^a	70,06 ^a
	21	83,14 ^a	12,30 ^a	4,02 ^a	12,94 ^a	18,10 ^a	89,70 ^a	8,51 ^a	23,43 ^a	24,93 ^a	70,08 ^a
	28	83,07 ^a	12,25 ^a	3,96 ^a	12,88 ^a	17,92 ^a	89,61 ^a	8,46 ^a	23,30 ^a	24,79 ^a	70,08 ^a

*Médias na mesma coluna seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância.

Com bases nos dados obtidos foi possível verificar que as coordenadas colorimétricas apresentaram degradação ($p \leq 0,05$) ao longo do período de armazenamento quando estocadas em solução tampão e não degradaram ($p > 0,05$) quando aplicados em *frozen yogurt* para os encapsulados com maltodextrina. Apesar da diferença estatística ambos os pigmentos mostraram eficiente poder estabilizante de cor tanto em solução tampão de McIlvaine quanto no *frozen yogurt*.

Estudando suspensões de corante de bixina encapsulada com goma arábica Mendes (2012) observou valores de L* de 35,84 a 37,85, a* de 6,76 a 7,66, b* 3,63 a 4,20, Chroma de 7,68 a 8,70 e ângulo Hue de 27,52 a 28,99. Os resultados diferiram dos valores encontrados neste trabalho, o que deve estar relacionado ao tipo de veículo utilizado como material de parede.

Para solução tampão as suspensões de corante de betalaína analisadas apresentaram L* entre 75,71 e 71,73, e bixina entre 73,99 e 72,07 para uma escala com valores próximos a 100, apresentando bastante brilho. O mesmo ocorre para a estabilidade em *frozen yogurt* com aplicação dos dois corantes.

O parâmetro (c*) representa o grau de pureza da cor, as suspensões apresentaram valores entre 13,15 e 11,59 para o corante de betalaína e entre 36,60

e 34,07 para o corante de bixina. Estes resultados indicam baixa saturação na cor alaranjada nas suspensões de betalaína e média saturação na cor alaranjada para bixina. Estes resultados apontam para uma ineficiente homogeneização das suspensões de betalaína prevalecendo cores opacas do encapsulante. Conforme Tabela 4, o mesmo acontece para *frozen yogurt* adicionado de corantes de betalaína e bixina.

A tonalidade (h^*) para as soluções tampões de corantes que se inicia em 0° indicativo de $+a^*$ (vermelho), 90° indicativo de $+b^*$ (amarelo), 180° indicativo de $-a^*$ (verde) e 270° indicativo de $-b^*$ (azul) apresentou valores que variaram de $42,98^\circ$ e $39,05^\circ$ para suspensão de betalaína e, $75,89^\circ$ e $75,27^\circ$ para suspensão de bixina, indicando mudança na tonalidade da cor vermelha e amarela, cujos valores mantiveram-se próximas do ângulo 0° e 90° . O mesmo aconteceu para as amostras de *frozen yogurt* com corante de bixina. Resultados semelhantes foram observados por de Souza (2006) onde o ângulo Hue foi de 28° e, portanto, próximo de 0° indicando predominância da cor vermelha. As amostras de *frozen yogurt* com corante de betalaína (Tabela 4), apresentaram tonalidade de coloração vermelha.

Silva, Constant e Stringheta (2013) avaliando iogurte elaborado com corante de açaí em pó, observaram valores de a^* igual a 13,06, superior aos resultados observados neste trabalho, atribuindo este aumento a degradação do pigmento a cor vermelha pela queda de pH de 4,70 ao longo do armazenamento foi reduzido para 4,01. Estes resultados são idênticos ao presente trabalho quando utilizado corante de betalaína, devido ao pH 4,0 do *frozen*.

Constant et al. (2002) afirma que a antocianina é afetada pelo pH em meio mais ácidos devido a formaiônica a qual confere a cor vermelha, sendo possível explicar essa aparente incoerência para a coordenada a^* . Tais argumentos são confirmados pelos resultados para a coordenada b^* de 2,90, que também teve ligeiro aumento, ou seja, a amostra tornou-se menos azul que é característica da estrutura antocianina que prevalece em meios alcalinos. A tonalidade do produto não foi alterada e a saturação obteve ligeira queda, possivelmente devido à fração do pigmento que sofreu degradação. Tais constatações também foram avaliadas no estudo de estabilidade de *frozen iogurt* com corante de betalaína em torno de 4,00 para b^* , apassivando a cor azul.

Lemes et al. (2013) observaram resultados semelhantes ao estudar a estabilidade de corante de betalaína encapsulado com maltodextrina e aplicado em

iogurte observou redução significativa ($p \leq 0,05$) dos valores de L^* e a^* , em todas as amostras mantidas na ausência de luz à temperatura 10°C , com perda sensível da coloração vermelha com tendência à mudança para coloração verde.

A avaliação da variação de cor é expressa utilizando-se a escala de valores do ΔE , cujos valores para o corante de betalaína e bixina, foram correspondentes a 4,47 e 3,19, respectivamente. De acordo com Souza (2006) é considerada visível a diferença de cor sob determinadas condições, uma vez que o limite entre o aceitável clinicamente situou-se em 3,3 unidades (Figura 2).

Para a avaliação da cor no *frozen yogurt* por meio do ΔE obteve-se valores correspondentes a 0,85 para o corante de betalaína e 0,35 para o corante de bixina. De acordo com a Figura 2 foi considerada imperceptível a diferença de cor sob determinadas condições, uma vez que o limite entre o aceitável clinicamente situou-se abaixo de uma unidade de acordo com a escala utilizada na interpretação dos valores do ΔE . Silva, Constant e Stringheta (2013) encontraram ΔE igual a 0,38 para queijo *petit suisse*, 1,76 para iogurte elaborado com corante de açaí não apresentando degradação significativa do corante empregado, semelhante aos dados encontrados neste estudo.

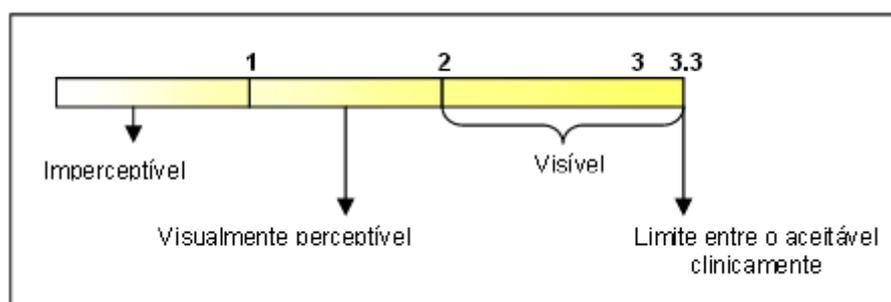


Figura 2 - Escala utilizada na interpretação dos valores do ΔE .
Fonte: Souza (2006)

Coisson et al. (2005), encontraram resultados satisfatórios quando enriqueceram iogurte com suco clarificado a 10% (m/m) de açaí e tais resultados foram similares ao produto comercial avaliado que havia sido enriquecido com suco de mirtilo.

Constant (2003), ao estudar a estabilidade bebida isotônica em pó armazenada em temperatura ambiente e ao abrigo da luz, constatou que o mesmo não sofreu alteração ao longo do período de estudo.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MICROCÁPSULAS

A Tabela 5 apresenta os resultados médios da caracterização das microcápsulas de corante de betalaína e bixina encapsulados com maltodextrina.

Tabela 5 – Resultados médios da caracterização das microcápsulas de corante de betalaína e bixina encapsulados com maltodextrina.

Análises	Corante de Betalaína	Corante de Bixina
Solubilidade	65,24 ^a ±1,03	96,87 ^b ±1,10
Densidade aparente	0,49 ^a ±0,20	0,37 ^a ±0,17
Atividade de água	0,29 ^a ±0,03	0,26 ^a ±0,04
Higroscopicidade	18,23 ^a ±0,27	9,02 ^b ±0,23
Umidade	3,76 ^a ±0,11	1,83 ^b ±0,60

*Médias na mesma linha seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de 5 % de significância.

A análise detectou diferenças significativas ($p > 0,05$) para os valores de solubilidade das microcápsulas de betalaína e bixina (Tabela 5). Estudos realizados por Souza (2006) com corante de urucum microencapsulado com goma arábica e goma de cajueiro abordaram resultados variando de 74,01% a 78,33%, inferiores aos encontrados neste trabalho. Tais valores são atribuídos ao tipo de material de parede utilizado que por possuir estrutura ramificada leva ao seu enovelamento e, geralmente, uma maior solubilidade. Altos valores desse parâmetro são interessantes em produtos microencapsulados quando destinados em aplicações em meio aquoso (TOSONI; RODRIGUES, 2013).

Pesquisa desenvolvida por Landim (2008), microencapsulando pigmentos naturais observou a solubilidade do atomizado utilizando a goma arábica, maltodextrina e goma do cajueiro como agente encapsulante em torno de 68%,

semelhante ao encontrado neste estudo ao avaliar a estabilidade do corante de betalaína. Moreira (2007) estudando extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola com maltodextrina e goma de cajueiro, observou valores entre 90,97 e 96,92%. Estes foram superiores aos encontrados neste estudo com corante de betalaína e semelhantes ao de bixina, o que pode ser atribuído ao tipo de núcleo empregado.

Cano-Chauca et al. (2005), ao avaliar suco de manga seco por atomização, utilizando maltodextrina e goma arábica como materiais de parede encontrou uma solubilidade de 90%. Segundo Rosa et al. (2003), a solubilidade dos produtos atomizados depende, entre outros fatores, da temperatura do ar de secagem, quanto maior a temperatura, maior o tamanho das partículas, o que promove uma maior solubilidade do pó.

Os valores de densidade aparente obtidos foram de 0,49 e 0,37g/mL para as amostras de corante de betalaína e bixina. Não foi observada diferença ($p > 0,05$) entre os resultados das microcápsulas avaliadas. De acordo com Tosoni e Rodrigues (2013), o aumento da umidade proporciona o aumento da densidade, uma vez que a umidade funciona como facilitador da junção das partículas de sólido e quando estas se juntam, o ar presente entre elas é eliminado, aumentando a quantidade de massa por unidade de área, e assim, a densidade do pó. Estes mesmos autores estudaram a densidade em própolis microencapsulada com vários materiais de parede e observou valores que variaram de 0,18 a 0,33g/mL utilizando a maltodextrina.

Souza et al. (2009) estudaram a influência das condições de secagem por atomização nas propriedades físicas do tomate e encontraram valores de 0,51 a 0,74 g/mL. Segundo este autor, quando a temperatura do ar de secagem é alta, a taxa de evaporação é rápida e o produto seco fica mais poroso ou com estrutura fragmentada, produzindo queda na densidade da partícula.

Os valores de atividade de água das amostras de corante de betalaína e bixina foram de 0,29 e 0,26, não sendo observada diferença ($p > 0,05$) e encontrando-se em acordo com os valores recomendados pela literatura que é entre 0,28 a 0,54 em materiais vegetais microencapsulados pela técnica de pulverização (TOSONI; RODRIGUES, 2013).

Porrarud e Pranee (2010) encontraram valores semelhantes entre 0,28 e 0,30 em microcápsulas de clorofila com parede de maltodextrina/goma arábica/Capsul.

Valores de atividade de água de 0,20 a 0,28 também foram encontrados por Augusta (2011) ao microencapsular com maltodextrina 10 DE, pela técnica de pulverização, o corante extraído da casca de jumbo. Kha et al. (2010) obtiveram valores de 0,38 a 0,54 para o pó do suco da fruta Gac (*Momordica cochinchinensis*) produzidos com diferentes concentrações de maltodextrina 12 DE.

A atividade de água está relacionada a outros fatores como a temperatura, a exposição à luz e ao oxigênio, à estabilidade e ao tempo de armazenamento de alimentos. Em geral, valores acima de 0,6 favorecem diversas reações indesejáveis como oxidação hidrolítica, reação de Maillard, ação de enzimas, desenvolvimento de fungos e leveduras e, conseqüentemente, menor vida útil dos produtos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A higroscopicidade das amostras de corante de betalaína e bixina foi de 18,23 e 9,02g de água absorvida por 100g do pó, respectivamente, com diferença ($p \leq 0,05$) entre os resultados. Tosoni e Rodrigues (2013) ao estudar própolis microencápsula com vários materiais de parede afirmam que a menor higroscopicidade das microcapsulas avaliadas está relacionada à menor hidrofobicidade que uma cadeia hidrofóbica possui ou ao tamanho maior das macromoléculas dos amiláceos. Com base nestes indícios, é possível que a maltodextrina por apresenta baixo valor de dextrose equivalente comporta-se mais próximo de amidos do que produtos altamente hidrolisados que naturalmente são mais higroscópicos. Em trabalho sobre a microencapsulação de própolis utilizando goma arábica e Capsul, Silva et al. (2013) obtiveram valores de 27,4 a 29,3 e 13,8 a 15,8, respectivamente, ficando estes valores próximos aos obtidos neste estudo.

O teor de umidade das microcápsulas de betalaína e bixina foram de 3,76 e 1,83%, respectivamente, com diferença ($p \leq 0,05$) entre os resultados. Considerando que foram empregados as mesmas condições de secagem para ambos os ensaios e a estocagem das amostras foi realizada em embalagem de vidro âmbar e isolado em alumínio, a umidade das amostras microencapsuladas de pigmentos foi influenciada apenas pela característica hidrofílica ou hidrofóbica do material de parede.

Landim (2008) ao estudar a caracterização pigmentos encapsulados com vários materiais de parede encontrou valores de umidade entre 0,28 a 1,79% e observou que as formulações com pigmento bixina apresentaram maior umidade que aquelas com pigmentos antocianinas, indicando que este possui maior

capacidade de retenção de água que as antocianinas. O mesmo ocorre no presente trabalho com o pigmento betalaína em relação ao de bixina.

Cai e Corke (2000) encontraram valores de umidade entre 1,95 e 6,98% ao empregar temperaturas do ar de secagem 150 e 210°C para encapsular betacianina com maltodextrinas. Loksuwan (2007) encontrou valores de umidade entre 2,00 e 6,00% ao encapsular β -caroteno com amido de mandioca. Ersus e Yurdagel (2007) obtiveram valores de umidade entre 2,74 e 3,42% ao encapsular antocianinas em matrizes de maltodextrinas, empregando temperaturas de secagem de 160 a 200°C. Tosoni e Rodrigues (2013) encontraram valores mais elevados de umidade ao encapsular própolis com vários materiais de parede variando de 3,54 até no máximo 7,51%, sendo este valor máximo um resultado utilizando como veículo a maltodextrina comum.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de microencapsulação por atomização em *spray drier* pode ser empregada em corantes naturais, gerando pós que são mais facilmente manipulados e de maior aplicabilidade que os corantes na forma de extrato.

As microcápsulas de betalaína e bixina adicionadas em *frozen yogurt* não descaracterizaram o produto e foram sensorialmente aceitas pelos provadores.

As microcápsulas adicionadas em *frozen yogurt* apresentaram menores alterações nos parâmetros L^* , a^* , b^* , c^* , h^* que as ressolubilizadas em solução tampão de McIlvaine.

A análise colorimétrica mostrou ser uma excelente ferramenta no acompanhamento da estabilidade de corantes, podendo ser utilizada para avaliação do grau de degradação dos mesmos.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14141**: Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1998.

ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenóides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 830-839, 2008.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e pratica**. 3 ed., Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

AUGUSTA, I. M. **Extração e secagem da casca de jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl et Perry) para obtenção de corante**. 2011. 137 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós- Graduação de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2011.

AZEREDO, H. M. C. Encapsulação: Aplicação a tecnologia de alimentos, **Revista Alim. Nutr., Araraquara**, v.16, 2005.

BARBOSA, M. I. M. J.; BORSARELLI, C. D.; MERCADANTE, A. Z. Light stability of spraydried bixin encapsulated with different edible polysaccharide preparations. **Food Research International**, v. 38, p. 989–994, 2005.

BARBOSA, M. I. M. J. **Microcápsulas de bixina: obtenção, aplicação e estudos de fotodegradação em sistemas-modelo**. 2009.155 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF. 2001.

_____. Consultoria pública nº 31, de 20 de abril de 2004. Projeto de resolução nº 11/98 do subgrupo de trabalho nº 3: Regulamentos técnicos e avaliação de conformidade comissão de alimentos: “Regulamento Técnico Mercosul sobre atribuição de aditivos e seus limites máximos para a categoria de alimentos 3: Gelados Comestíveis”. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF. 2004.

_____. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de gelados comestíveis e, preparados para gelados comestíveis, pós para o preparo e bases para gelados comestíveis. Resolução RDC n. 266 de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF. 2005.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

CARVALHO, P. R. N. Pré-processamento de sementes de urucum com elevado teor de lipídeos. **Relatório de projeto**. FAPESP, 2008, 71p.

CHETANA, S. NAYAK, C. A.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Aqueous two phase extraction for purification and concentration of betalains. **Journal of Food Engineering**, v. 81, p. 679-687, 2007.

COISSON, J. D.; TRAVAGLIA, F.; PIANA, G.; CAPASSO, M.; ARLORIO, M. Euterpe oleracea juice as a functional pigment for yogurt. **Food Research International**, v. 38, p. 893–897, 2005.

CONSTANT, P. B. L. **Microencapsulamento de bixina: agentes encapsulantes, avaliação da qualidade e aplicações**. 1999.136p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1999.

_____. **Extração, Caracterização e Aplicação de Antocianinas de Açaí (*Euterpe oleracea*, M.)**. 186p, 2003. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2003.

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C. Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 36, p. 12-18, jan./jun. 2002.

DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Artmed. 2010.

DRUNKLER, D. A.; FETT, R.; BORDIGNON, M. T. **Avaliação da estabilidade de betalaínas em extrato de beterraba (*Beta vulgaris* L.) com a-, b- e g-**

ciclodextrinas. Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da UFSC. Curitiba, v. 24, n. 1, jan./jun. 2006.

DUTCOSKI, S. D. **Análise sensorial de alimentos.** Curitiba: Champagnat, 2007.

ERSUS, S.; YURDAGEL, U. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota*, L.) by spray drier. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 3, p. 805-812, jun. 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 21-22.

JAFARI, S.M.; ASSADPOOR, E.; HE, Y., BHANDARI, B. Encapsulation efficiency of food flavors and oils during spray drying. **Drying Technology**, v. 26, p. 816-835, 2008.

KANJILAL, P.B. SINGH, R. S. Agronomic Evaluation of Annatto (*Bixa orellana* L.) **Journal of Herbs, Spice & Medical Plants**, v. 3, n. 3, 1996.

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, v. 98, n. 3, p. 385-392, 2010.

KONICA MINOLTA. **Precise color communication. Color control from perception to instrumentation.** Daisennishimachi, Sakai. Osaka, Japan. p. 59, 1998.

LANARA. LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA ANIMAL. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes.** I: Métodos microbiológicos. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981.

LANDIM, E. M. C. **Obtenção, caracterização e avaliação da estabilidade de pigmentos naturais microencapsulados.** 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

LEMES, G. F. **Estabilidade da cor e teor vitamina C do iogurte elaborado com corantes de betalaína microencapsulados em spray dryer.** 2013. 51f. Trabalho

de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal de Paraná, Campo Mourão, 2013.

LOKSUWAN, J. Characteristics of microencapsulated [beta]-carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. **Food Hydrocolloids**, v.21, n.5-6, p.928-935. 2007.

MENDES, L. G. **Microencapsulação do corante natural de urucum: uma análise da eficiência da goma do cajueiro como material de parede**. 2012. 132f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

MOREIRA, G. E. G. **Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola**. 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MOSQUIM, M. C. A. **Fabricando sorvetes com qualidade**. São Paulo: Fonte Comunicações, 1999.

OLIVEIRA, R. O.; OLIVEIRA, T. P.; SEREIA, M. J.; SANTOS, A. R.; AZEVEDO, B. S. A. Efeito da adição de diferentes concentrações de açúcar e mel em parâmetros físico-químicos e sensoriais de *frozen yogurt* com baixo teor de gordura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 3, Campo Mourão, 2012.

PONTES, L. V. **Avaliação sensorial e instrumental da cor de misturas em pó para refresco, bebida isotônica e gelatina utilizando corantes naturais**. 2004. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2004.

PORRARUD, S.; PRANEE, A. Microencapsulation of Zn-chlorophyll pigment from Pandan leaf by spray drying and its characteristic. **International Food Research Journal**, v. 17, p. 1031-1042, 2010.

ROCHA, G. A.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F. Microencapsulation of lycopene by spray drying: Characterization, stability and application of microcapsules. **Food and bioproducts processing**, v. 9, p. 37–42, 2012.

ROCHA, G. A.; TRINDADE, M. A.; NETTO, F. M.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Microcapsules of a Casein Hydrolysate: Production, Characterization, and Application in Protein Bars. **Food Science and Technology International**. v. 15, n. 4, p. 407-413, 2009.

ROSA E. D., TSUKADA M., FREITAS L. A. P., **Secagem por atomização na indústria alimentícia: Fundamentos e aplicações**, 2003.

SILVA, A. G.; CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C. **Aplicação do corante de açai (*Euterpe oleracea*, M) em sistemas alimentícios**. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2013.

SILVA, F. C.; FONSECA, C. R.; ALENCAR, S. M.; THOMAZINI, M.; BALIEIRO, J. C. C.; PITTIA, P. FAVARO-TRINDADE, C. S. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried propolis, a natural food additive, using gum Arabic and OSA starch-based carrier systems. **Food and bioproducts processing**. v. 9, n. 1, p. 28–36, 2013.

SOUZA, J. C. **Análise da estabilidade de cor e microdureza de uma resina composta extraclara fotoativada com diferentes fontes de luz**. 2006. 123 f. Tese (Mestrado em Odontologia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2006.

SOUZA, A. S.; BORGES, S. V.; MAGALHÃES, N. F.; RICARDO, H. V.; CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R. Influence of spray drying conditions on the physical properties of dried pulp tomato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 291-294, 2009.

SHU, B.; YU, W.; ZHAO, Y.; LIU, X. Study on microencapsulation of lycopene by spraydrying. **Journal of Food Engineering**, v. 76, p. 664-669, 2006.

STRINGHETA, P. C. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas da fluorescência de capim gordura (*Melinis minutiflora*, Pal de Beauv)**. São Paulo, 1991. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1991.

TOLEDO, O. T., NAGEM, T. J., ROCHA, C. M., MARCIANO, C. L., MAGALHÃES, N. M., STRINGHETA, P. C., QUEIROGA, L. E., KLING, M. H.; SILVA, V. H. Propiedades biológicas de los tintes naturales. **Ars Pharmaceutica**, v. 45, n. 1, p. 5-20, 2004.

TOSONI, S. F., RODRIGUES, C. V. **Características físico-químicas e antioxidantes de própolis microencapsulada com diferentes tipos de materiais**

encapsulantes. 2013. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal de Paraná, Campo Mourão, 2013

VALDUGA, E. Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva “Isabel” (*Vitis labrusca*), **Ciência e Agrotécologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1568-1574, 2008.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGUETA, P. C. Pigmentos Naturais Bioativos. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 1, p. 157-166, 2009.