UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica

Área de Tecnologia de Alimentos

**Otimização das propriedades reológicas e sensoriais de iogurtes
probióticos enriquecidos com proteínas lácteas**

Ana Paula Marafon

Dissertação para obtenção do grau de

MESTRE

Orientadora:

Profa. Dra. Maricê Nogueira de Oliveira

São Paulo

2010

Ana Paula Marafon

**Otimização das propriedades reológicas e sensoriais de iogurtes
probióticos enriquecidos com proteínas lácteas**

Comissão Julgadora

da

Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Prof^ª. Dr^ª. Maricê Nogueira de Oliveira

Orientadora / Presidente

1º. examinador

2º. examinador

São Paulo, _____ de 2010.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar o caminho nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

Aos meus pais, Antonio Carlos e Luzia, por todo apoio, incentivo, confiança e luta para que eu chegasse até aqui. E, principalmente, pelo ombro amigo e pelas sábias palavras nas horas mais difíceis dessa caminhada.

Aos meus irmãos, Carlos Eduardo e Raphael, por todo companheirismo, amizade e carinho nos momentos mais difíceis.

À Globalfood, na pessoa do Sr. Klaus Hasserodt, por me dar essa oportunidade, e, especialmente, ao Dr. Murilo Haddad Pires, por toda amizade, apoio, compreensão e pela confiança depositada em mim.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Maricê Nogueira de Oliveira, pela compreensão, colaboração e, principalmente, por acreditar no meu trabalho.

A todos os colegas do grupo de pesquisa TecLaFA (Tecnologia de Lácteos Funcionais e Análogos): Ana Carolina, Ana Lúcia, Ana Paula do Espírito Santo, Cristina e Daniela, e a estagiária Adriana Sumi, por todo auxílio em análises e companheirismo.

Aos colegas de trabalho, Peter Barta e Rogério Pereira, por toda dedicação na realização dos testes.

Às amigas, Angela, Betina, Giovana, Karem e Rosana, que fizeram parte desses momentos sempre me ajudando e incentivando.

À minha amiga Rosana por me aguentar nos finais de semana falando das inúmeras dificuldades.

À toda equipe da Globalfood pela compreensão e incentivo.

À Prof^a. Dr^a. Maria Regina Alcantara, por toda orientação nas análises reológicas.

Aos funcionários do FBT, Alexandre, Ivani, Nilton, Fátima, Juarez, Elza e Miriam, por toda atenção e auxílio.

À Leila Bonadio, pela correção das referências, e ao Jorge de Lima, pela revisão do texto.

A todos aqueles que não foram citados, mas que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

Ana Paula Marafon

**Otimização das propriedades reológicas e sensoriais de iogurtes
probióticos enriquecidos com proteínas lácteas**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos

RESUMO

Este estudo teve como objetivo otimizar as propriedades reológicas dos iogurtes probióticos suplementados com leite em pó desnatado (SMP), concentrado proteico de soro (WPC) e caseinato de sódio (Na-Cn), usando desenho experimental tipo *simplex centroide*, para modelagem de misturas. O estudo das interações entre os ingredientes (proteína concentrada de soro, caseinato de sódio e leite em pó) incluiu sete experimentos sendo três com os ingredientes puros, dois correspondentes a misturas binárias e um para a uma mistura ternária. Em paralelo aos sete experimentos delineados, foi realizado ensaio controle com leite não suplementado. Os leites foram fermentados a 42 °C até pH 4,5 empregando-se as culturas *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Bifidus lactis*. A cinética de acidificação foi determinada bem como as análises físico-químicas, contagem de bactérias viáveis e características reológicas dos iogurtes. Modelos foram ajustados para os resultados (respostas cinética, contagem de bactérias viáveis e parâmetros reológicos) através de três métodos de regressão (linear, quadrático e cúbico especial) e aplicados às misturas. Os resultados deste estudo mostraram que a fortificação da base de leite com proteína concentrada de soro, caseinato de sódio e leite em pó desnatado, para o mesmo nível de teor de proteína, afetou o perfil de acidificação, a contagem de bactérias viáveis e reologia de iogurtes probióticos. Além disso, foi possível estimar o perfil de acidificação e a contagem de bactérias no leite suplementado com proteínas do leite em pó, concentrado proteico de soro e caseinato de sódio por metodologia de superfície de resposta, bem como calcular aproximadamente as propriedades viscoelásticas dos iogurtes probióticos. Pode-se ressaltar que a otimização das propriedades reológicas dos iogurtes probióticos suplementados com

proteínas do leite depende da fonte de proteína utilizada. Por fim, a substituição parcial de 55% de leite em pó desnatado por concentrado proteico de soro e caseinato de sódio simultaneamente poderá reforçar as propriedades reológicas dos iogurtes probióticos, considerando a cinética de acidificação e a contagem de bactérias viáveis. Os resultados foram validados ao longo da vida de prateleira dos produtos, confirmando os valores estimados pelos modelos para a cinética de acidificação, a contagem de bactérias viáveis e as propriedades viscoelásticas, além da avaliação sensorial e da análise de microestrutura.

Palavras-chave: iogurte, probiótico, bifidobactéria, acidificação, reologia

ABSTRACT

Optimization of the rheological properties of probiotic yoghurts supplemented with milk proteins

This study aimed to optimize the rheological properties of probiotic yoghurts supplemented with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate throughout an experimental design type centroid simplex for mixture modeling. It included seven trials: three with the pure ingredients, three corresponding to the binary mixtures and one to the ternary one. A control experiment was accomplished with non supplemented milk. Milk was fermented at 42°C until pH 4.5 by *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, and *Bifidus animalis* subsp. *lactis*. The kinetics of acidification was followed as well as physicochemical analyses, enumeration of viable bacteria and rheological characterization of the yoghurts. Models were adjusted to the results (kinetic responses, counts of viable bacteria and rheological parameters) through three regression models (linear, quadratic and cubic special) applied to mixtures. The results showed that the addition of milk proteins affected acidification profile and counts, and enhanced rheological properties of probiotic yoghurt. The estimated results were validated during shelf-life and were confirmed by for the kinetics of acidification, bacterial counts of viable and viscoelastic properties in addition to sensory evaluation and analysis of microstructure.

Keywords: yoghurt, probiotic, bifidobacteria, acidification, rheology

SUMÁRIO

	página
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
NOTAÇÃO E NOMENCLATURA	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1. Produtos lácteos e funcionais	4
2.2. Iogurte	5
2.2.1. Bactérias lácticas e probióticas	6
2.2.2. Composição da base láctea	10
2.2.3. Processamento	12
2.2.3.1. Homogeneização do leite	15
2.2.3.2. Tratamento térmico do leite	16
2.3. Reologia	17
3. OBJETIVOS	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Procedimento experimental	22
4.1.1. Ingredientes e tratamento das misturas	23
4.1.2. Culturas lácticas e preparo do inóculo	24
4.1.3. Obtenção do leite fermentado e parâmetros de controle de qualidade	25
4.2. Determinação dos parâmetros cinéticos	25
4.3. Determinação dos parâmetros físico-químicos	26
4.4. Determinação dos parâmetros microbiológicos	27
4.5. Determinação das propriedades viscoelásticas	27
4.6. Análise sensorial	28
4.7. Determinação da microestrutura	29
4.8. Análise estatística e tratamento de dados de otimização	29

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1. Determinação da composição da matriz láctea	31
5.2. Efeito da suplementação do leite com leite em pó desnatado, proteína concentrada de soro e caseinato de sódio	34
5.2.1. Efeito da suplementação do leite nos parâmetros cinéticos	34
5.2.2. Efeito da suplementação do leite nos parâmetros físico-químicos	34
5.2.3. Efeito da suplementação do leite nas contagens de microrganismos	37
5.2.4. Efeito da suplementação do leite nas propriedades viscoelásticas do iogurte	39
5.3. Otimização da suplementação do leite através da metodologia de superfície de resposta	43
5.3.1. Ensaios de validação do modelo da cinética de acidificação e composição físico-química do leite suplementado com leite em pó desnatado, proteína concentrada de soro e caseinato de sódio no ponto ótimo e do controle	51
5.4. Estudo de vida-de-prateleira do iogurte controle e suplementado no ponto ótimo	57
5.4.1. Resultados da composição físico-química do iogurte preparado com leite suplementado no ponto ótimo e do controle	57
5.4.2. Resultados das contagens de bactérias viáveis do iogurte preparado com leite suplementado no ponto ótimo e do controle	59
5.4.3. Resultados das propriedades viscoelásticas do iogurte preparado com leite suplementado no ponto ótimo e do controle	61
5.4.4. Resultados das propriedades sensoriais do iogurte preparado com leite suplementado no ponto ótimo e do controle	66
5.4.5. Resultado de estudo exploratório por microscopia eletrônica de varredura do iogurte preparado com leite suplementado no ponto ótimo e do controle durante a vida-de-prateleira	67
6. CONCLUSÕES	70
7. REFERÊNCIAS	72
8. ANEXOS	82