



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 JP - XVI Jornada de Pesquisa

CRESCIMENTO DE BACTÉRIAS NO LEITE CRU E OS MODELOS MATEMÁTICOS DA DINÂMICA POPULACIONAL¹

Simone Walbrink Frühling²; Juliane Sbaraine Pereira Costa²; Daniel Curvello de Mendonça Müller³

¹Trabalho resultante do projeto de Dissertação no Mestrado em Modelagem Matemática da UNIUI.

²Mestranda do Programa de Pós-graduação em Modelagem Matemática da UNIUI. E-mail: simowf@bol.com.br

³Orientador e professor do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática UNIUI. Email: cmdaniel@terra.com.br

Resumo

A modelagem matemática ajuda na percepção, desenvolvimento e solução de problemas de várias áreas do conhecimento. As ciências biológicas utilizam modelos matemáticos como ferramenta que auxiliam a interpretar e, com isso, compreender e resolver alguns de seus problemas. Um dos grandes potenciais do agronegócio da região do noroeste do estado do Rio Grande do Sul é a atividade leiteira, que gera renda a diversos produtores rurais. Entretanto, o setor vem sofrendo intensas transformações com o aumento no controle de qualidade do leite, fazendo com que o produtor tenha que se adaptar às normas vigentes. Este trabalho tem como objetivo investigar o crescimento de bactérias no leite cru, comparando os resultados laboratoriais com os modelos matemáticos para dinâmica populacional.

Palavras-chave: Leite; Bactérias; Crescimento; Modelo.

Introdução

O leite é um alimento altamente consumido, porque possui amplo valor nutritivo e é considerado essencial na alimentação humana. O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou normas técnicas para melhorar a qualidade da produção de leite no Brasil, rastreando toda a cadeia produtiva, o que desencadeou um período de intensas transformações no setor leiteiro. Ainda assim, os produtores encontram dificuldades em se adequarem à contagem bacteriana total exigida pela legislação, fato que sustenta a importância de estudos envolvendo o conhecimento da dinâmica bacteriana no leite, desde a coleta até o seu envio para a indústria.

As bactérias são consideradas umas das maiores fontes causadoras de doenças em seres vivos, pois podem ocasionar várias doenças e até levar a morte. Invisíveis a olho nu esses microrganismos podem ser encontrados em tudo, principalmente nos alimentos, sendo esses, um excelente meio de cultura para o seu crescimento bacteriano. O leite, por ter alto valor nutritivo, é muito apropriado para o desenvolvimento de bactérias sendo necessários rigorosos



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: 2011 JP - XVI Jornada de Pesquisa

cuidados higiênicos para obtenção, armazenamento e industrialização desse produto e seus derivados. Só assim, é possível oferecer um produto alimentar seguro.

O leite com baixa Contagem Bacteriana Total (CBT) indica que foi obtido de animal saudável, em ambiente com boas condições de higiene e bem conservado. O leite com alta CBT é considerado contaminado, impróprio para o consumo humano.

Segundo Cassoli (2005), para comparar a qualidade, as indústrias devem enviar amostras do leite para análise em laboratórios especializados. Nos processos de análise, o laboratório utiliza o equipamento *Bactocount* da *Bentley Instruments* para contagem de bactérias do leite cru, o qual faz a contagem pelo método de citometria de fluxo.

Conforme Pelczar, Chan e Krieg (1997), a maioria dos procariotos unicelulares se reproduzem assexuadamente por fissão binária transversa onde as células se dividem em duas células idênticas. Entretanto, antes da divisão os conteúdos celulares se duplicam e o nucleóide, ou seja, o citoplasma que contém o material genético da célula é replicado.

Segundo Zill (2001), Thomas Robert Malthus publicou em 1798 um modelo matemático cuja solução explica, com boa aproximação, os processos de desenvolvimento populacional. Em sua tese afirma que o crescimento populacional ocorre segundo uma progressão geométrica, enquanto os recursos da sociedade para sustentar esse crescimento, tinham um crescimento em progressão aritmética.

Ainda conforme Zill (2001), o modelo Malthusiano falha, pois prevê crescimentos de populações de pessoas cada vez maiores. Para resolver esse impasse o matemático belga P.F. Verhulst, introduziu um novo modelo de crescimento logístico, o modelo de Verhulst também conhecido como equação logística. Esse modelo supõe que a população que vive em um determinado meio, atinge um limite máximo sustentável, considerando uma variação de população sujeita a um fator de proporcionalidade inibidor, que atinge um limite superior que é a saturação do meio.

Metodologia

Será realizado um estudo de campo através de visitas às propriedades leiteiras para serem observados os processos de coleta e armazenamento do leite, com o intuito de verificar a realidade dos produtores.

Posteriormente será eleita uma propriedade leiteira padrão para colher as amostras. Para realizar a coleta de dados, serão selecionados animais saudáveis. Após ordenhado, o leite irá para um reservatório, onde serão coletadas as amostras em diferentes períodos.

Serão colhidas diversas amostras, a primeira no momento da ordenha, a segunda no final da ordenha, e as demais a cada 30 minutos completando 24 horas, sendo realizada três repetições para cada tempo de amostra. As amostras serão conservadas em azidiol e a temperatura abaixo de 4°C, com o uso de caixas térmicas e gelo. As amostras serão encaminhadas ao laboratório onde será analisada a contagem bacteriana.

A partir dos resultados das amostras será realizada:

- i. A tabulação dos resultados;
- ii. Montagem de gráficos;



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: 2011 JP - XVI Jornada de Pesquisa

iii. Comparação dos resultados com o modelo matemático.

A pesquisa investigará se no crescimento bacteriano do leite cru a temperatura ambiente tem relação com os modelos matemáticos de dinâmica populacional.

Resultados e Discussão

A experimentação está em fase de planejamento, portanto, não há resultados. Assim, serão apresentadas as previsões.

Estudando bactérias e os modelos matemáticos que se relacionam com microrganismos verifica-se que, quando as bactérias estão em um meio de cultura apropriado, sob condições ótimas para o crescimento, há um grande aumento de sua população em espaço de tempo reduzido, ou seja, quando há nutrientes e poucas substâncias tóxicas, o crescimento é exponencial, aumentando em progressão geométrica, pois cada bactéria sofre divisão binária.

No caso do leite também temos um crescimento exponencial, pois como é um ótimo meio de cultura, ele possui perfeitas condições para o crescimento bacteriano com grande número de nutrientes disponíveis.

É possível manter um meio de cultura contínuo ou sistema aberto, onde o meio de nutrientes é renovado. Quando não há influência da saturação do meio, percebe-se que ocorrerá um crescimento exponencial ilimitado. No caso do leite, se acredita que quando se tem a renovação de nutrientes o crescimento da população obedece ao modelo de Malthus que é crescimento exponencial ilimitado, conforme a equação 1.

A lei de Malthus pressupõe que o total da população em um instante t , depende dos nascimentos e mortes. O que também ocorre no leite, é que parte da população morre e outra parte cresce e se reproduz.

O modelo de Malthus é o modelo mais simples para o crescimento populacional, e expressa o crescimento de uma população numa unidade de tempo. Sendo as condições ideais, a colônia tem ótimas condições de crescimento.

(1)

Pelo valor dos nascimentos e mortes de bactérias pode-se definir se a população cresce, decresce ou fica constante. Sabendo que no leite a população inicial de bactérias nunca será igual a zero sempre teremos um número inicial de bactérias.

O crescimento exponencial de uma cultura em sistema fechado, sem renovação de nutrientes, é um crescimento balanceado, pois depois de atingir a população máxima os microrganismos começam a morrer. Portanto temos que levar em conta a saturação do meio proposto por Verhulst.

O leite mantido em temperatura ambiente, próximo a temperatura da ordenha, tem ótima temperatura de crescimento onde as bactérias crescem mais rapidamente. Sendo que uma temperatura mais elevada aumenta a velocidade de crescimento das bactérias, ou seja, aumenta a atividade metabólica dos organismos que consomem mais nutrientes e excretam mais metabólicos tóxicos para o meio, ocasionando a saturação do meio.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: 2011 JP - XVI Jornada de Pesquisa

Do ponto de vista matemático, o crescimento bacteriano no leite com saturação pode ser determinado pela equação 2, conhecida como equação logística de Verhulst para o crescimento populacional.

(2)

O crescimento microbiano é dividido em fases, em meio de cultura não renovado, ou seja, sistema fechado. A Fase lag é o período onde há aumento de tamanho das bactérias que se renovam sintetizando material novo. A Fase log é a fase de crescimento exponencial, na qual ocorre a divisão binária. Nessa fase a velocidade de crescimento é constante, e ela possui grande e mais importância, pois a quantidade de nutriente é elevada. Na Fase estacionária diminui-se a velocidade de crescimento e o número de indivíduos que nascem é igual ao número de indivíduos que morrem, pois há o acúmulo de metabólitos tóxicos, o esgotamento de nutrientes e oxigênio.

Após a saturação do meio, percebe-se que acontecem mais mortes que nascimentos, ocorrendo a fase de declínio, ou seja, a falta de nutrientes para todas as bactérias, a qual ocasiona a morte das mais fracas conforme vão se esgotando todos os nutrientes. Todas as fases de crescimento bacteriano são mostradas na figura 1.

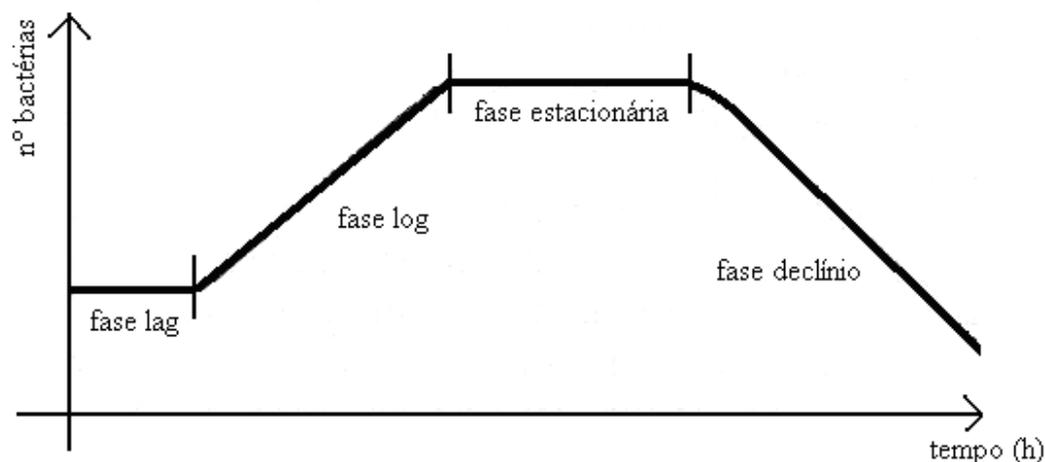


Figura 1: Crescimento bacteriano por fases

A duração de cada fase depende da bactéria e do meio. A taxa de morte aumenta com a presença de ácidos e diminui com a presença de gordura.

Conclusões

O leite é um ótimo meio de crescimento de bactérias porque possui um grande número de nutrientes, por isso é preciso evitar ao máximo a sua contaminação. Os fatores principais que afetam a qualidade microbiológica consistem na saúde do animal, higiene, limpeza do



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: 2011 JP - XVI Jornada de Pesquisa

ambiente e equipamentos de ordenha e do armazenamento, pois estes influenciam diretamente na qualidade.

Acredita-se que o crescimento de bactérias no experimento a ser realizado, onde não haverá renovação de nutrientes siga o modelo de Verhult, onde depois de atingir a população máxima, as bactérias comecem a morrer, pois haverá a saturação do meio.

Agradecimentos

Os autores agradecem à UNIUI pela oportunidade de apresentar o projeto.

Referências

- ANTON, Howard. **Cálculo**/ Howard Anton, Irl Bivens, Stephen Davis; tradução Claus Ivo Doering. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- BASSANEZI, R. C.; FERREIRA JR, W. C. **Equações diferenciais com aplicações**. São Paulo: Harbra, 1988.
- BOYCE, William E.. **Equações diferenciais elementares e problemas de valores de contorno**. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- CASSOLI, Laerte Dagher. **Validação da metodologia de citometria de fluxo para avaliação da contagem bacteriana do leite cru**. Piracicaba, 2005. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- COOPERATIVA CENTRAL GAÚCHA DE LEITE. **Manual de higiene e resfriamento do leite**. Porto Alegre: Cooperativa Central Gaúcha de Leite, 1982.
- MINISTÉRIO AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, **Instrução Normativa Nº 51** de 18/09/2002. Gabinete do ministro.
- PELCZAR, Michael Joseph; CHAN, E. C. S; KRIEG, Noel R. **Microbiologia: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 1981. 2 v.
- ZILL, D. G. e CULLEN, M. R. **Equações Diferenciais**: São Paulo: Makron Books, 2001.
- ZOCCAL, Rosangela et.al. **Leite: uma cadeia produtiva em transformação**. Juiz de Fora: Embrapa, 2004.