

## OBTENÇÃO DE LACTOSE DO SORO DE QUEIJO TIPO MUSSARELA\*

ANA CRISTINA DINIZ MACIEL\*\*

NINA WASZCZYNSKYJ \*\*\*

Este trabalho teve como objetivo a obtenção de lactose bruta, partindo-se do soro obtido na fabricação do queijo mussarela. Buscou-se também agregar valor ao soro, minimizando sua disposição como despejo industrial. As etapas de processamento foram desnatado por centrifugação, pasteurização, concentração, cristalização, separação e secagem em estufa dos cristais de lactose. Após estes procedimentos obteve-se lactose bruta com 92,6% de pureza. Os resultados demonstraram a viabilidade técnica do processo, obtendo-se produto com maior valor agregado a partir do soro, que é o principal subproduto gerado na indústria laticinista.

### 1 INTRODUÇÃO

#### 1.1 A LACTOSE

Entende-se por lactose o hidrato de carbono que se obtém normalmente do soro do leite (7). É o componente majoritário presente na matéria seca do leite. Seu conteúdo atinge em média 50 g por litro de leite. Outros açúcares como a glicose e a galactose também estão presentes, mas em proporções mínimas (1, 20). O leite integral contém cerca de 5% de lactose, o leite em pó desnatado 52% e o soro de leite em pó de 70 a 76% (20, 12), sendo portanto, quantitativamente o mais importante dos sólidos não graxos.

A lactose é um dissacarídeo redutor, formado pela união de molécula de  $\alpha$  ou  $\beta$ - glicose e outra de  $\beta$ -galactose (4). Sua fórmula estrutural implica na existência dos isômeros  $\alpha$  e  $\beta$  (20). Este conceito de isomeria é importante, já que estas duas formas apresentam características muito diferentes de

\* Parte de dissertação, Mestrado em Tecnologia Química, Área de Concentração em Alimentos, Universidade Federal do Paraná (UFPR).

\*\* Engenheira Química, graduada pela Universidade Estadual de Maringá.

\*\*\* Professora Titular, Departamento de Tecnologia Química, UFPR.

solubilidade, cristalização e de rotação. Além disso, a lactose  $\alpha$  pode ocorrer na forma anidra ou mono-hidratada (1).

No leite normal, a lactose encontra-se em solução sob ambas as formas  $\alpha$  e  $\beta$ , numa proporção que se altera com a temperatura. Quando inferiores a 93,5 °C, a forma  $\beta$  é mais solúvel que a  $\alpha$ , sendo que o equilíbrio a 0 °C ocorre segundo as proporções de 1  $\alpha$  : 1,65  $\beta$  e a 25 °C de 1  $\alpha$  : 1,58  $\beta$  (1).

A lactose não apresenta o mesmo poder adoçante que a sacarose, glicose ou a frutose. Em maiores concentrações é relativamente mais doce. Assim, por exemplo, soluções de sacarose de 1, 5, 10 e 20% correspondem ao mesmo poder edulcorante que soluções de lactose a 3,5%, 15%, 30% e 33%, respectivamente (22).

### 1.1.1 Solubilidade

A solubilidade da lactose aumenta com a temperatura e é da ordem de 22% a 25 °C; 44% a 50 °C e de 99% a 75 °C. É importante conhecer a diferença entre a solubilidade inicial e final da lactose. A inicial representa a quantidade máxima de lactose  $\alpha$  que pode ser dissolvida em 100 g de água, antes que ocorra a conversão em lactose  $\beta$ . A solubilidade final corresponde ao ponto de equilíbrio entre as lactoses  $\alpha$  e  $\beta$  numa solução saturada (1). Esta conversão, de parte da lactose  $\alpha$  em lactose  $\beta$ , explica as características particulares da sua solubilidade. Quando se adiciona excesso da lactose  $\alpha$  monohidratada em água, observa-se que parte da lactose dissolve-se rapidamente. Esta quantidade corresponde à solubilidade inicial (7,3 g em 100 g de água a 15 °C) (20). Se esta mesma solução for agitada durante 24 horas, nova quantidade de lactose se dissolve. Pode-se então determinar a solubilidade final de 17 g/100 g de água a 15 °C (20). Após 24 horas, a 25 °C, a solubilidade final passa a ser de 22 g de mistura das formas  $\alpha$  e  $\beta$  em 100 g de água (13). Desta forma, o resfriamento progressivo de solução saturada de lactose conduz à sua cristalização. Entretanto, este fenômeno não é imediato. As soluções de lactose primeiramente permanecem em estado de supersaturação antes da cristalização. A formação dos cristais acontece num processo inverso ao da solubilização. A lactose  $\alpha$  cristaliza primeiro na forma de monohidrato. Mas, para que o equilíbrio entre as duas formas de lactose se mantenham em solução ocorre imediatamente conversão lenta da forma  $\beta$  em  $\alpha$ , a qual cristaliza à medida que aparece. Ao final do processo toda a lactose dissolvida encontra-se cristalizada sob a forma de  $\alpha$ -mono-hidrato (20).



É interessante ressaltar que a cristalização, em temperaturas excessivamente baixas, retarda a formação dos cristais, uma vez que a separação da lactose  $\alpha$  da solução provoca a conversão da forma  $\beta$  em  $\alpha$ , mantendo a solução, por muito tempo, em estado de supersaturação baixa (22).

### 1.1.2 Cristalização

A cristalização pode ser definida como meio de se purificar substâncias químicas a partir da formação de partículas sólidas numa mistura líquida (17). Este processo de cristalização consiste essencialmente em duas etapas, sendo a primeira a formação de pequenas partículas em núcleos, e a segunda o crescimento destes núcleos. Se o número de núcleos pode ser controlado, conseqüentemente pode-se regular o tamanho dos cristais formados, o que constitui um dos aspectos mais importantes da cristalização (9).

Na indústria láctea evapora-se o soro até obter solução com 55-60% de sólidos, que corresponde à razão de 1:15 do volume inicial. Desta forma, a lactose encontra-se em solução supersaturada e passível de cristalização (13).

A velocidade máxima de cristalização é alcançada mediante concentração máxima de lactose e refrigeração lenta primeiramente a 30 °C. Após 3 horas reduz-se a temperatura até 20 °C, e após mais 4 horas até 10-12 °C. A solução deve ser cuidadosamente revolvida a cada 2 ou 3 horas. Após cerca de 24 horas terá se formado uma pasta cristalina. Pode-se acelerar a cristalização adicionando-se cristais de lactose bem formados ao concentrado, uma vez que as arestas e as superfícies destes cristais favorecem o aparecimento e o crescimento de novos cristais (13). Pode-se adicionar entre 0,5 e 1% de lactose em pó (19).

A cristalização pode ser acompanhada por refratometria, já que o valor do extrato seco lido no refratômetro depende das substâncias dissolvidas no concentrado. Quanto mais avançada a cristalização, mais baixo o extrato seco medido. Soro concentrado a cerca de 55% de extrato seco apresenta em média 45% de água, 41,8% de lactose e 13,2% de matéria seca distinta da lactose. Admitindo-se que a cristalização diminui a lactose dissolvida até seu ponto de supersaturação, permanece em solução  $[16,9 \times 45/100] = 7,6$  g de lactose. Também permanecem em solução 13,2 g de matéria seca distinta da lactose, tendo-se 20,8 g de substâncias dissolvidas em cada 45 g de água. A leitura no refratômetro será então de  $[20,8/(20,8 + 45)] = 31,6\%$ , indicando o término da cristalização. Neste caso, a quantidade de lactose cristalizada será  $41,8 - 7,6 = 34,2$ , ou seja, 82% da lactose total. Quanto menor o teor de sólidos obtido na



evaporação, menor será o grau de cristalização, e maior quantidade de lactose permanecerá em solução (19).

Uma vez cristalizada, a lactose pode ser separada por centrifugação ou em tanques de decantação (14, 13). A secagem do material pode ser feita espalhando-o sobre uma superfície e secando-o em estufa com circulação de ar, em temperaturas entre 70-80 °C durante 5 a 7 horas (13).

## 1.2 INTERESSE TECNOLÓGICO DA LACTOSE

Dada a importância quantitativa da lactose no soro, em torno de 70% do extrato seco, muitos estudos no sentido da utilização desta lactose para a obtenção de produtos com maior valor agregado estão sendo desenvolvidos. A lactose é utilizada em larga escala como veículo em edulcorantes (lactose alimentícia) e produtos farmacêuticos (8, 14). A lactose de qualidade farmacêutica é aquela cuja qualidade está de acordo com as exigências das farmacopéias nacionais e internacionais. Quando os padrões adotados para a fabricação da lactose farmacêutica se referem à Farmacopéia dos Estados Unidos da América, obtém-se a chamada Lactose USP (5). A lactose pode ser hidrolisada para a obtenção de glicose e galactose, que são mais doces e solúveis, minimizando o problema de intolerância à lactose que muitos indivíduos apresentam. Também são empregadas modificações químicas da lactose a fim de originar produtos tais como lactulose, lactato de amônia e lactitol,<sup>1</sup> que é um agente de corpo e leve adoçante para alimentos dietéticos. A lactose é também frequentemente utilizada como meio fermentativo para a cultura de diversos microrganismos de interesse tecnológico (5, 11, 23).

O presente trabalho teve por objetivo a obtenção de lactose bruta, partindo-se do soro obtido na fabricação de queijo mussarela. Buscou-se também agregar valor ao soro, minimizando sua disposição como desperício industrial.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

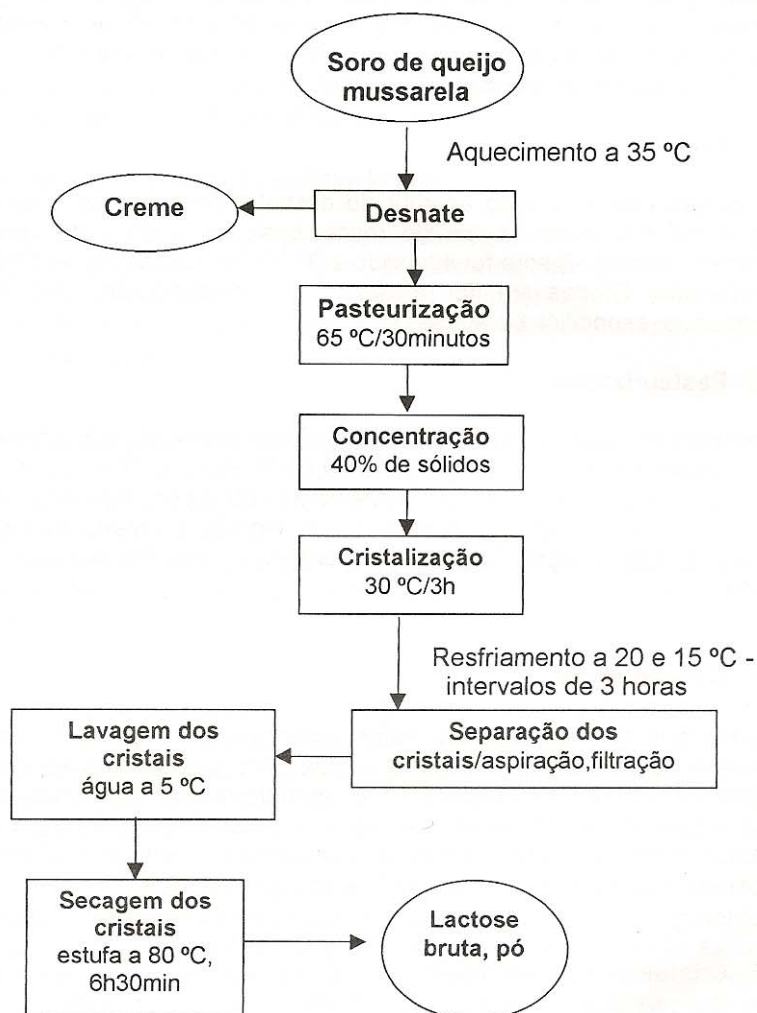
### 2.1 MATERIAL

Soro fresco de queijo tipo mussarela, obtido no corte da massa, com pH 6,5, cedido pela Cooperativa de Laticínios Curitiba Ltda - CLAC.

### 2.2 MÉTODOS

Tomando como base estudos realizados de reaproveitamento do soro para fins alimentícios (13, 14, 15, 16, 21) elaborou-se um fluxograma de operações unitárias (Figura 1).

**FIGURA 1 - FLUXOGRAMA DE OBTENÇÃO DE LACTOSE BRUTA EM PÓ**



### 2.2.1 Análise físico-química do soro

Foram determinadas a composição química, densidade e acidez do soro utilizado no processo. A análise da composição, a qual determinou o teor de sólidos totais, gordura, lactose e proteínas, foi realizada por



equipamento Bentley 2000, específico para leite e produtos lácteos em estado líquido, que quantifica as substâncias por meio de leitura de seu espectro, utilizando a faixa de infravermelho (2).

A densidade, determinada por meio de lactodensímetro e lida a temperatura ambiente, teve seu valor corrigido para 15 °C de acordo com a tabela de correção para densidade (18). A acidez foi determinada por meio de titulação com solução Dornic (6).

#### **2.2.2 Desnate**

Realizou-se uma operação anterior ao desnate, passando-se o soro por peneira de 100 mesh, a fim de retirar qualquer resíduo de queijo e sujidades maiores. O soro foi aquecido a 35 °C para aumentar a eficiência do desnate. O desnate foi realizado em desnatadeira de discos, descontínua, específica para leite (3, 10).

#### **2.2.3 Pasteurização**

O processo de pasteurização aplicado foi o sistema lento, submetendo-se o soro, após o desnate, a temperatura de 65 °C durante 30 minutos. Após a pasteurização seguiu-se o resfriamento do soro até temperatura ambiente, com ajuda de banho de gelo. Em seguida o material foi mantido resfriado a 8 °C, durante 12 horas, aguardando o próximo tratamento (3, 10, 13).

#### **2.2.4 Concentração**

A quantidade de soro utilizada neste experimento foi de 10 L. Após o desnate e pasteurização o material seguiu para a concentração, com as seguintes condições de evaporação: evaporador a vácuo de único efeito, descontínuo, com circulação de água e aquecimento indireto, com capacidade de até 5 L de material em cada etapa, vácuo de 660 mmHg, temperatura do vapor entre 42 e 50 °C e do líquido a 48 °C.

#### **2.2.5 Cristalização da lactose**

Após a evaporação o soro concentrado foi resfriado lentamente até 30 °C e mantido nesta temperatura por 3 horas. Em seguida o material foi resfriado gradativamente para 20 e 15 °C, sendo mantido em banho termostático por aproximadamente 3 horas em cada temperatura. O material foi revolvido cuidadosamente a cada 2 horas. Com o material a 20 °C adicionaram-se cristais lactose USP numa proporção de 0,4 %, a fim de favorecer e acelerar a nucleação (13, 20). O desenvolvimento da cristalização foi acompanhado por refratometria, que indicou o término do processo (19).

### 2.2.6 Separação e secagem da lactose

Após cerca de 24 horas observou-se a formação de massa cristalina. Uma vez terminado o processo de cristalização, a lactose cristalizada foi separada da água-mãe, utilizando-se funil de Büchner e bomba a vácuo (19, 13).

Uma vez separada, a lactose foi submetida à secagem, em estufa com circulação de ar a 80 °C por 6 horas e 30 minutos (13).

### 2.2.7 Análise química da lactose bruta

Foram realizadas determinações de umidade por dessecação em estufa a 85 °C até peso constante, cinzas por perda na incineração em mufla a 550 °C, proteínas pelo método Kjeldahl, nitrogênio total e lactose pelo método de Lane-Eynon para leite em pó e soro de leite em pó, segundo a legislação brasileira (6).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SORO

O soro de queijo tipo mussarela que serviu de matéria-prima ao processo em questão apresentou as características físico-químicas mostradas na Tabela 1.

### 3.2 CRISTALIZAÇÃO DA LACTOSE

Após a evaporação constatou-se que o soro foi concentrado até 40% (p/p), o que equivale a redução de dez vezes o volume inicial. Após a concentração o soro foi resfriado a fim de se proceder à cristalização da lactose.

O desenvolvimento da cristalização foi acompanhado por refratometria com leitura a cada 2 horas (19). O processo foi finalizado quando as leituras mantiveram-se constantes após 24 horas, apesar disto, acompanhou-se o processo de cristalização durante 72 horas. Resfriou-se lentamente o soro concentrado de 48 °C a 15 °C, registrando-se pela refratometria o valor inicial de 38,8% e final de 30,6%. Teoricamente, o soro com a composição descrita anteriormente, e concentrado a 40% de sólidos, deveria indicar 28,7% como leitura final (19). Seria o indicativo de que 61% de toda a lactose estaria cristalizada. No entanto, o valor encontrado na prática indicou que 48% da lactose foi efetivamente cristalizada. Este resultado foi inferior a valores comumente encontrados na literatura, o que pode ser atribuído a possíveis perdas de material aderido nas paredes do



evaporador, a concentração insuficiente do material e adição de pouca quantidade de cristais de lactose indutores da cristalização. Os dados obtidos estão representados na Tabela 2 e o gráfico correspondente na Figura 2.

**TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SORO DO CORTE DE QUEIJO MUSSARELA**

Característica Físico-Química	Valor	Composição Em base seca (%p/p)
Acidez	13 °D	
pH	6,5	
Densidade a 15 °C	1,027	
Extrato seco	7,07% (p/p)	100,00
Gordura	0,71% (p/p)	10,04
Proteínas	1,03% (p/p)	14,57
Lactose	4,55% (p/p)	64,35
Sais	0,78% (p/p)	11,03

**TABELA 2 - DESENVOLVIMENTO DA CRISTALIZAÇÃO, ACOMPANHADA POR REFRACTOMETRIA**

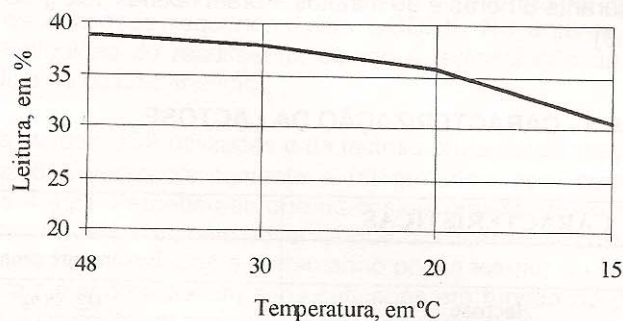
TEMPERATURA (°C)	LEITURA (%)
48	38,8
30	37,9
20	35,6
15	30,6

A Figura 2 permite visualizar o processo de cristalização, que se mostrou lento a princípio, tornando-se mais rápido a partir de 30 °C. Percebe-se que a taxa de cristalização é máxima entre 20 e 15 °C, pontos entre os quais a inclinação da curva foi mais acentuada. Correlacionando-se os pontos de temperatura com os respectivos valores de refratometria (Tabela 2), chega-se a uma curva de cristalização com fator de correlação 0,9732, cuja função que a descreve está apresentada na equação 1. A incógnita y representa a leitura no refratômetro e a incógnita x a temperatura.

$$\text{Equação 1} \quad y = 18,8216 + 5,3786 \ln(x)$$



**FIGURA 2 - DESENVOLVIMENTO DA CRISTALIZAÇÃO EM RELAÇÃO A TEMPERATURA**



A Figura 3 apresenta o andamento da cristalização em relação ao tempo, e caracteriza as condições específicas do processo de cristalização realizado neste trabalho. Pode-se observar que a taxa de cristalização foi mais acentuada durante as 7 primeiras horas, diminuindo gradativamente até a cristalização cessar por completo após 25 horas. Deve-se levar em conta que a velocidade de cristalização depende de fatores como velocidade de resfriamento, quantidade de cristais adicionados para acelerar a nucleação, concentração inicial da solução e viscosidade do soro concentrado no evaporador (14, 13).

**FIGURA 3 - ANDAMENTO DA CRISTALIZAÇÃO EM RELAÇÃO AO TEMPO**



### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DA LACTOSE OBTIDA

Os cristais retidos no filtro do funil de Büchner foram lavados com 200 mL de água a 50 °C, em seguida secados em estufa com circulação de ar a 80 °C, durante 6 horas e 30 minutos. Foram obtidos 192 g de lactose bruta (Tabela 3).

**TABELA 3 - CARACTERIZAÇÃO DA LACTOSE**

CARACTERÍSTICAS	%
cor	Levemente amarela
lactose	92,58%
umidade	0,40%
cinzas	1,84%
proteínas	0,87%

A Tabela 4 indica as características técnicas da lactose USP, utilizada para acelerar a nucleação da lactose alimentícia e da lactose CODEX.

**TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS DOS TIPOS DE LACTOSE**

<b>Tipo de lactose</b>	<b>Lactose USP<sup>a</sup></b>	<b>Lactose alimentícia<sup>b</sup></b>	<b>Lactose CODEX<sup>d</sup></b>
<b>Característica</b>			
Cor	branca	Levemente amarela <sup>c</sup>	Branca <sup>c</sup>
Lactose, mínimo (base seca)	98,5%	99%	99,0%
Proteína, máximo	-	0,3%	Traços
Cinzas sulfatadas, máximo	-	0,3%	0,3%
Água, máximo	4,5 a 5,5%	-	-
Perda por dessecação (16 horas a 120 °C), máximo	0,44%	0,3%	6,0%
Metais pesados (Pb)	< 5,0 ppm	-	-

<sup>a</sup> Lactose comercial utilizada no processo - laudo fornecido junto com o material adquirido.

<sup>b</sup> Fonte: LUQUET, 1991.

<sup>c</sup> Fonte: BOOIJ, 1985.

<sup>d</sup> Fonte: CODEX ALIMENTARIUS, 1981.



Observando-se os dados das Tabelas 3 e 4 constata-se que, a lactose bruta obtida apresentou alto teor de lactose (92,58%) e 0,87% de proteína como impureza. Se os cristais fossem lavados com maior quantidade de água a 5 °C, a presença de proteínas seria minimizada e o produto apresentaria a composição de lactose alimentícia ou até mesmo alcançaria os padrões de qualidade requeridos pelo CODEX. No entanto, haveria certamente diminuição do rendimento, devido à redissolução da lactose, exigindo análise de custo-benefício.

Os cristais da lactose USP utilizados e da lactose bruta obtida no processo foram visualizados microscopicamente e fotografados, com aumento de 400x (Figuras 4 e 5). Percebeu-se que os cristais mostraram-se similares quanto à forma. Pode-se também observar que o processo de cristalização propiciou cristais bem formados e de tamanho pouco inferior ao da lactose USP. Os cristais menores podem ser justificados em função do processo de nucleação e crescimento dos cristais não ter ocorrido de maneira ideal. Partiu-se de material com concentração relativamente baixa, 40%, ao qual adicionou-se 0,34% de cristais de lactose bem formados. Possivelmente, a adição de maior quantidade de cristais, entre 0,5 e 1%, favoreceria à formação de cristais maiores (19). Notou-se também que a lactose obtida apresentou coloração amarelada, em contraste à cor branca da lactose USP, uma vez que o produto não foi refinado.

**FIGURA 4 - LACTOSE USP21**



A obtenção de 192 g de lactose bruta, contendo 92,58% de lactose, com 0,4% de umidade e 0,87% de proteínas, a partir do soro com a composição descrita na Tabela 1, indicou que foram recuperados, sob a forma de

lactose cristalizada, 35% da lactose total presente no soro. Pode-se considerar que o rendimento foi relativamente baixo, provavelmente causado por perda de material no decorrer das purificações, e também por perdas nas fases anteriores.

**FIGURA 5 - LACTOSE BRUTA OBTIDA**



#### **4 CONCLUSÃO**

É possível aproveitar o soro de queijo mussarela para obtenção de lactose bruta, com 92,6% de pureza, valor bastante próximo ao exigido pelas normas do CODEX ALIMENTARIUS.

Tecnicamente o processo de separação da lactose do soro pode perfeitamente ser utilizado pelas indústrias para a obtenção de produtos derivados com valor agregado, minimizando sua carga poluidora.

#### **Abstract**

Rough lactose was obtained from whey of mozzarella cheese. The processing steps were: whey skimming with the use of milk centrifuge, pasteurization, concentration, lactose crystallization, separation and drying of the lactose crystals in stove. The obtained lactose presented 92.6% of purity, showing out the technical viability of the process.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AMIOT, J. **Ciencia y tecnología de la leche: principios y aplicaciones**. Zaragoza : Acribia, 1991. 547 p.
- 2 ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DOS CRIADORES DE BOVINOS DA RAÇA HOLANDESA. Laboratório Centralizado de Análise de Rebanhos. **Procedimentos de análise**. Curitiba, 1998.
- 3 BEHMER, M.L. Arruda. **Tecnologia do leite**. 15.ed. São Paulo : Nobel, 1984. 320 p.
- 4 BOBBIO, Florinda O., BOBBIO, Paulo A. **Introdução à química de alimentos**. 2 ed. São Paulo : Varela, 1992. 231 p.
- 5 BOOIJ, C.J. Use of lactose in the pharmaceutical and chemical industry. **Journal of the Society of Dairy Technology**, v. 38, n. 4, p. 105-115, Oct. 1985.
- 6 BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: métodos físicos e químicos**. Brasília : MARA, 1981.
- 7 CODEX ALIMENTARIUS. **Norma del Codex para la Lactosa**. CODEX STAN 11-1981. Roma, Itália : FAO, 1998. (Compact disc).
- 8 COTON, S.G. Whey resources and utilization. **Journal of the Society of Dairy Technology**, v. 38, n. 4, p. 97-100, Oct. 1985.
- 9 COULSON, J. M., RICHARDSON, J.F. **Tecnologia química: operações unitárias**. 2.ed. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1968. v. 2.
- 10 FOX, Patrick. Processamento e industrialização do soro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE LATICÍNIOS, 1., Belo Horizonte, 1996. **Anais...** Belo Horizonte, 1996.
- 11 GUIDINI, M., PAPILLON, D., RAPHALEN, D., BARIOU, B. Contribution à valorisation du lactosérum. III. Synthèse de benzoates de lactose et de lactitol. **Le Lait**, v. 63, n. 633-634, p. 463-472, nov./dec. 1983.
- 12 HUFFMAN, Lee M. Processing whey protein for use as a food ingredient. **Food Technology**, Feb., p. 49-52, 1996.

- 13 LUQUET, François M. **Leche y productos lácteos: vaca - oveja - cabra.** La leche: de la mama a la lechería. 2.ed. Zaragoza : Acribia, 1991. v. 1.
- 14 LUQUET, François M. **Leche y productos lácteos: vaca - oveja - cabra.** Los productos lácteos: transformación y tecnologías. 2.ed. Zaragoza : Acribia, 1993. v. 2.
- 15 MACIEL, Ana C.D. **Obtenção de concentrado protéico do soro de queijo tipo mussarela com teor reduzido de lactose para fins alimentícios.** Curitiba, 1998. 93 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química, Área de Concentração Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná.
- 16 PAWLOWSKY, U. **Curso básico de controle de poluição industrial: poluição hídrica industrial.** Curitiba : Universidade Federal do Paraná, 1993. [50] p. (Apostila).
- 17 PERRY, Robert H., GREEN, Don W., MALONEY, James O. **Perry's chemical engineers' handbook.** 6.ed. Singapore : McGraw-Hill, 1984.
- 18 SILVA, P.H.F., PEREIRA, D.B.C., OLIVEIRA, L.L., COSTA Jr., L.C.G. **Físico-química do leite e derivados: métodos analíticos.** Juiz de Fora : Oficina de Impressão Gráfica e Editora, 1997. 190 p.
- 19 SOTTIEZ, P. Subproductos derivados de la elaboración de los quesos. In: LUQUET, François M. **Leche y productos lácteos: vaca - oveja - cabra.** Los productos lácteos: transformación y tecnologías. 2.ed. Zaragoza : Acribia, 1993. v. 2, p. 287-319.
- 20 VEISSEYRE, R. **Lactología técnica: composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche.** 2.ed. Zaragoza : Acribia, 1988. 629 p.
- 21 VOGELAAR, Rita de Cássia Bicego. **Recuperação de proteínas do soro do queijo tipo mussarela por coagulação e floculação com quitosana.** Curitiba, 1996. 95 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química, Área de Concentração Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná.
- 22 WALSTRA, Pieter, JENNESS, Robert. **Química y física lactológica.** Zaragoza : Acribia, 1987. [405] p.
- 23 ZADOW, J. C. Lactose: properties and uses. **Journal of Dairy Science**, v. 67, n. 11, p. 2654-2679, 1984.