

SORO DE LEITE: COMPOSIÇÃO, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO¹

IVONE YURIKA MIZUBUTI²

MIZUBUTI, I.Y. Soro de leite: composição, processamento e utilização na alimentação. *Semina: Ci. Agr.*, Londrina, v.15, n.1, p.80-94, março 1994.

RESUMO: Esta revisão de literatura tem como objetivo mostrar a composição, os processamentos e as possibilidades de utilização do soro de leite na alimentação animal e humana. O soro de leite apresenta excelentes características químicas, funcionais e nutricionais, com inúmeras possibilidades de utilização na alimentação humana e animal.

PALAVRAS-CHAVE: Soro de leite; Alimentação animal; Alimentação humana; Composição do soro e Processamento do soro

1 -- INTRODUÇÃO

O soro é a porção aquosa que se separa do coágulo durante a fabricação convencional do queijo ou manufatura da caseína. Consiste de cerca de 85 a 90% do volume de leite usado para a transformação em queijo e retém cerca de 55% dos nutrientes do leite. O soro contém proteínas solúveis, lactose, minerais e vitaminas, além de quantidades variáveis de ácido láctico e nitrogênio não solúvel (KOSIKOWSKI, 1979; WEBB et al., 1980).

A produção anual de soro no mundo é estimada em 74 milhões de toneladas, 95% das quais originadas da fabricação de queijo; o restante é proveniente da manufatura de caseína e leite coagulado (PELLEGRINO & PETENATE, 1988; WORKING GROUP..., 1974).

A produção de queijos no Brasil, em 1987, foi de 240.798 toneladas sem incluir o requeijão (FURTADO, 1990). Uma estimativa a partir dessa produção de queijos, levando em consideração que o soro representa 90% do volume de leite gasto para produzir o queijo, fornece uma quantidade equivalente a 2.168.802 toneladas de soro fresco.

O constante aumento na produção de queijos, tem gerado um crescente volume de soro, que pela sua natureza perecível cria problemas práticos e econômicos principalmente quanto à poluição ambiental de rios, esgotos e oceanos (PELLEGRINO & PETENATE, 1988; WORKING GROUP..., 1974).

O soro apresenta a característica de ser altamente poluente (50.000 litros de soro, se lançados como efluentes, equivalem a um esgoto de uma cidade de 25.000 habitantes). A demanda bioquímica de oxigênio (D.B.O.) de um litro de soro se situa entre 30 e 45g/litro e exige o oxigênio presente em 4.500 litros de água para despolfú-lo (ANTUNES & GOMEZ, 1990).

Levando-se em consideração o alto custo do descarte do efluente e o valor nutricional do soro, é interessante a utilização do soro ou de seus componentes, sob várias formas, dentro ou fora da indústria de alimentos.

Pode-se ter idéia da quantidade de componentes possíveis de serem utilizados a partir dos dados de disponibilidade mundial de sólidos do soro, que é de 7.174.000 toneladas, sendo que deste total 5.309.000 toneladas são lactose. A produção mundial de sacarose é de 90.000.000 de toneladas/ano, o que significa que a lactose disponível no soro de leite, corresponde a 5% da produção mundial de sacarose (ANTUNES & GOMEZ, 1990). De acordo com JELEN (1983), a quantidade de lactose produzida por ano, a partir do soro, é de 0,17 milhões de toneladas. Essa quantidade é insignificante e não compete com a produção de sacarose, mas por outro lado tem possibilidades de inúmeras aplicações na indústria de alimentos, além do melhor aproveitamento do soro delactosado, principalmente pelas pessoas que apresentam intolerância à lactose, cuja porcentagem no mundo é significativa. Conforme ROBINSON (1986), de 20 a 25% da população japonesa apresentam intolerância à lactose e dentre as crianças, 50% apresentam baixa atividade da lactase. Da mesma forma, outros componentes, como as proteínas, podem ser eficientemente empregados.

Esse trabalho tem por objetivo, mostrar a composição, os processamentos e as possibilidades de utilização do soro de leite na alimentação animal e humana, visto que este apresenta excelentes características químicas funcionais e nutricionais.

2 -- COMPOSIÇÃO E TIPOS DE SORO

De acordo com ROBINSON (1986) o soro pode ser classificado, conforme o seu grau de acidez em soro doce, soro com acidez média e soro ácido, segundo os valores de

1 - A autora agradece a valiosa colaboração dos professores Dr. Rui Sérgio dos Santos Ferreira da Silva e Dra. Elza Louko Ida, e também à aluna de graduação Daniela Prette.

2 - Departamento de Zootecnia/CCA - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil, Caixa Postal 6001, CEP 86051-970.

acidez titulável de 0,10 a 0,20%, 0,20 a 0,40% e mais que 0,40%, respectivamente, e valores de pH de 5,8 a 6,6; 5,0 a 5,8 e menor que 5,0, respectivamente.

Em geral, soros produzidos de queijos coagulados por renina desenvolvem baixos níveis de acidez (soro doce), enquanto a produção de queijos frescos, tais como "ricotta" ou "cottage cheese", produzem soro com acidez média ou soro ácido. O soro proveniente da produção de caseína por adição de ácidos é classificado como soro altamente ácido. Entretanto, a maioria dos pesquisadores (ALI & EVANS, 1967; ANDERSON et al, 1975; BAKEL et al, 1975; BRESLAU et al, 1975; CARR & PEARSON, 1971; CRICKENBERGER, 1981; MAVROPOULOU & KOSIKOWSKI, 1973) classificam os soros, apenas como soro doce e soro ácido.

A composição do soro é variável e pode ser afetada pela variedade de queijo produzido e/ou método empregado para manufaturar a caseína. Pode ser afetada ainda pelo tratamento térmico do leite, manipulação e outros fatores (CHEEKE et al, 1973; SCHINGOETHE et al., 1980).

O soro possui boa composição, como mostra a tabela 01 e possibilita o seu processamento com a obtenção de diferentes soros modificados, tais como soro condensado, soro delactosado, soro desmineralizado e soro desproteïnizado, permitindo a obtenção de produtos de soro, principalmente o concentrado protéico e o isolado protéico.

As proteínas do soro representam 20% do total de proteínas do leite (WOODS & BURROUGHS, 1962) sendo que a fração protéica contém cerca de 50% de beta-lactoglobulinas, 25% de alfa-lactalbuminas e 25% de outras proteínas incluindo imunoglobulinas, mas essa composição depende do leite e dos processos envolvidos na produção do soro (CHEEKE et al., 1973). As beta-lactoglobulinas e alfa-lactalbuminas possuem elevados valor biológico e PER ("Protein efficiency ratio"), além de excelentes propriedades nutricionais e funcionais (FORSUM & HAMBRAEUS, 1977; WOODS & BURROUGHS, 1962; WORKING GROUP..., 1974).

A tabela 2 mostra a composição em aminoácidos da proteína do soro seco.

TABELA 2 – COMPOSIÇÃO EM AMINOÁCIDOS DA PROTEÍNA DO SORO SECO

AMINOÁCIDO	Soro seco tipo doce		Soro seco tipo ácido	
	g/100g proteína	g/100g soro doce	g/100g proteína	g/100g soro seco
Lisina	8,80	1,10	10,30	1,24
Histidina	2,00	0,25	2,30	0,28
Arginina	2,60	0,33	2,80	0,33
Triptofano	2,40	0,30	2,40	0,29
Ácido aspártico	10,20	1,28	10,20	1,23
Treonina	6,80	0,85	4,90	0,59
Serina	5,30	0,66	4,70	0,56
Ác. Glutâmico	18,00	2,23	18,40	2,22
Glicina	1,90	0,24	1,70	0,20
Alanina	4,60	0,58	4,10	0,50
Cistina	2,30	0,28	2,20	0,26
Valina	5,90	0,73	5,20	0,63
Metionina	1,80	0,22	1,80	0,21
Isoleucina	5,90	0,74	5,40	0,66
Leucina	10,30	1,28	10,50	1,26
Tirosina	2,70	0,34	3,10	0,37
Fenilalanina	3,50	0,43	3,70	0,44

Fonte: GLASS, L.; HENDRICK, T.I.J. Dairy Science, v. 60, n. 2, p: 185-189, 1977.

3 – PROCESSAMENTOS DO SORO

3.1 - Separação da Água Presente no Soro.

A água presente no soro pode ser separada dos demais componentes por vários métodos como: Osmose reversa, evaporação, cristalização e atomização.

a. Osmose Reversa (OR)

Nos últimos anos tem sido utilizada para concentrar vários líquidos como sucos de frutas, sucos vegetais, leite, etc. O líquido a ser concentrado é aplicado sob pressão superatmosférica contra uma membrana. A água (do líquido) passa através da membrana e o resíduo de concentrado líquido flui do lado da membrana. O permeado (água) e o concentrado são separadamente recolhidos do sistema (GILLIES, 1974).

TABELA 1: COMPOSIÇÃO DO SORO E PRODUTOS DE SORO EM DIFERENTES FORMAS DE APRESENTAÇÃO, NA BASE DA MATÉRIA NATURAL

Soro e Produtos de Soro	Sólidos Totais	Umidade (%)	Proteína Total (%)	Lactose (%)	Gordura (%)	Cinzas (%)	Ca (%)	P (%)	Referências
Soro líquido ^a	6,40–6,90	93,10–93,60	0,84–0,90	4,90–5,10	0,30	0,50–0,70	0,05–0,06	0,04–0,05	(Saterlee, 1981; Schingoethe, 1976; Spurgeon, 1976; Working Group..., 1974)
doce	6,35–6,50	93,70	0,80–0,84	4,85–4,90	0,30–0,04	0,50–0,60	–	–	(Delaney, 1981; Kosikowski, 1979)
ácido	5,20–6,80	93,20–93,50	0,61–0,80	4,30–4,90	0,04–0,05	0,50–0,80	0,10	0,08	(Delaney, 1981; Kosikowski, 1979)
Soro seco (pó) ^a	93,00–95,50	4,50–7,00	8,80–13,40	62,60–75,30	0,30–3,70	7,30–11,10	0,65–0,90	0,59–0,70	(Adams, 1974; Mavropoulou & Kosikowski, 1973; Satterlee, 1981; Schingoethe, 1976; Spurgeon, 1976; Working Group..., 1974)
doce	95,50–97,00	3,00–4,50	12,00–15,00	69,40–75,00	0,80–1,00	7,30–8,30	0,88	1,10	(Glass & Hedrick, 1977, 1977a; Kosikowski, 1979)
ácido	96,00–97,70	2,30–4,00	7,20–13,30	63,20–67,40	0,48–1,50	10,60–11,80	2,40	1,59	(Glass & Hedrick, 1977; Kosikowski, 1979)
Soro condensado ^a	60,00–63,60	36,40–40,00	7,70–8,70	47,70	0,32	6,40	0,38–0,58	0,42–0,58	(Adams, 1974)
doce	64,00	33,50	7,50–	34,90	0,60	8,20	–	–	(Kosikowski, 1979)
Soro desmineralizado	–	–	–	–	–	–	–	–	–
doce: 10% desmin.	–	4,50	12,80	74,00	1,10	7,50	–	–	(Mohler et al., 1981)
25% desmin.	–	4,50	13,00	74,90	0,90	5,50	–	–	(Mohler et al., 1981)
50% desmin.	–	4,50	13,50	77,00	0,80	4,00	–	–	(Mohler et al., 1981)
Soro condens. parcial. delactosado ^b : seco	–	9,00–11,80	15,70–26,20	37,00–59,50	–	14,30–22,00	1,30–1,55	0,99–2,00	(Schingoethe, 1976)
úmido	–	70,25	2,35	21,40	–	–	–	–	(Satterlee, 1981)
Soro desproteïnizado (UF) doce	–	0,94	0,38	79,60	<0,01	8,30	–	–	(Hargrove et al., 1976)
ácido	–	1,61	0,68	70,09	<0,01	10,97	–	–	(Hargrove et al., 1976)
Isolado protéico de soro doce ^b	96,00	4,00	96,00	–	1,00	3,00	–	–	(Kirkpatrick & Fenwick, 1987)
Concentrado protéico de soro (CPS) ^b	–	4,00–6,50	37,00–76,50	7,30–12,00	5,00–11,80	2,66–4,00	–	–	(Kirkpatrick & Fenwick, 1987; Paret et al., 1990)
CPS (UF e Spray drying) ^b 35% proteína	–	4,60	36,20	46,50	2,10	7,80	–	–	(Delaney, 1981)
50% proteína	–	4,30	52,10	30,90	3,70	6,40	–	–	(Delaney, 1981)
60% proteína	–	4,20	63,0	21,10	5,60	3,90	–	–	(Delaney, 1981)
80% proteína	–	4,00	81,0	3,50	7,20	3,10	–	–	(Delaney, 1981)

a. Não especificado, se soro doce ou ácido

b. Composição na base da matéria seca.

UF. Ultrafiltração

Na indústria leiteira, a osmose reversa é usada mais como uma técnica de concentração (GLOVER et al., 1978; JOHNSTON, 1977; SHORT & HUGHES, 1978) e suas principais vantagens sobre a evaporação são o baixo consumo de energia (DeBOER et al., 1977; PAULSON et al., 1984) e a não desnaturação proteica induzida pelo calor (PAULSON et al., 1984).

As membranas utilizadas para filtração por Osmose reversa, podem ser de vários materiais: acetato de celulose (HIDDINK et al., 1980; ROBINSON, 1986; TOLEDO, 1984; ZADOW, 1983), óxido de zircônio e polisulfonas (ROBINSON, 1986), poliamida, nitrato de celulose, óxido polifenileno sulfonado e polibenzimidazolona (HIDDINK et al., 1980); sendo que a membrana de acetato de celulose é a mais desenvolvida e mais disponível comercialmente (TOLEDO, 1984). O sistema OR deixa o soro com um teor de extrato seco total (E.S.T.) ao redor de 20%. Considerando que o teor de E.S.T. é da ordem de 5,0%, esse processo, possibilita que se concentre o soro quatro vezes, ou seja, permite trabalhar com um fator de concentração de ordem 4 (ANTUNES & GOMEZ, 1990; WOMACK & VAUGHAN, 1972).

Por outro lado, deve-se observar um importante fator na OR, que é o fluxo do permeado. Vários trabalhos foram realizados observando diferentes velocidades de fluxo do permeado (DONNELLY et al., 1974; FENTON et al., 1972, LIM et al., 1971; PATEL et al., 1975; PERI & DUNKLEY, 1971; SHORT & DOUGHTY, 1976; SHORT & HUGHES, 1978; SKUDDER et al., 1977, SPANGLER & AMUNDSON, 1986) concluindo que esse fator governa em grande escala a economicidade do processo. Alguns fatores como as propriedades da membrana, a composição do alimento e as condições do processo, podem afetar a velocidade de fluxo do permeado (HIDDINK et al., 1980). A desvantagem do processo é a duração limitada da membrana e seu alto custo (ANTUNES & GOMEZ, 1990).

b. Evaporação

A evaporação é geralmente usada após o processamento por osmose reversa, para concentrar o soro a cerca de 50% de sólidos (KENNEDY, 1985).

Dos processos de evaporação empregados em indústrias de laticínios, o mais importante é o de recompressão mecânica de vapores (MVR), que consiste na utilização de um evaporador multi-estágio (ROBINSON, 1986), onde um ou vários termostatos permitem recomprimir termocimicamente os vapores, e um condensador absorve os vapores que não são utilizáveis. Quando se substitue o condensador por uma turbina, esta libera o vapor excedente, que pode ser reutilizado nos processos de pasteurização (ANTUNES & GOMEZ, 1990).

c. Cristalização

O soro concentrado no processo de evaporação e não totalmente seco, contém grandes quantidades de lactose, que se apresentam sob a forma alfa e beta lactose. Um dos problemas da completa secagem do soro é causado pela al-

ta higroscopicidade da alfa-lactose. Na cristalização, a forma alfa, mais insolúvel, precipita primeiro, enquanto algumas formas beta são convertidas para a forma alfa-lactose; e finalmente, ocorre a formação de cristais alfa-hidrato. As alfa-lactoses existem como monohidrato enquanto as beta-lactoses sólidas não contêm água de cristalização. Na realidade, as formas alfa-lactose anidra (amorfa) é que são altamente higroscópicas e podem absorver umidade do ar formando os hidratos, e essa ação é responsável pelo aparecimento de aspecto grumoso, granulado e pesado, observados nos produtos a base de soro (KENNEDY, 1985; ROBINSON, 1986). Assim, corre-se ainda o risco de se ter um pó com características "colantes ou aderentes" (ANTUNES & GOMEZ, 1990).

Um procedimento para controlar esse problema é converter a alfa lactose anidra (amorfa) para monohidrato de alfa lactose cristalina antes da secagem. Isto pode ser feito aquecendo o concentrado por tempo suficiente para ocorrer a cristalização do alfa-hidrato, ou usando outras técnicas (ROBINSON, 1986).

O processo de cristalização é facilitado quando se adiciona de 0,5 a 1,0% de soro em pó ao soro que se está trabalhando. Todo o processo de cristalização deve ser controlado para evitar as cristalizações espontâneas que são indesejáveis por formarem cristais grossos e duros, podendo causar sérios problemas mecânicos nas bombas e nas turbinas de atomização (ANTUNES & GOMEZ, 1990).

Outra forma de se evitar a formação de agregados é a adição de silicato de cálcio na proporção aproximada de 0,5% (GILLIES, 1974).

d. Secagem por Atomização

Atomização é o princípio do processo de secagem por "spray".

Atualmente é o método mais utilizado, operando com um atomizador de bocal pressurizado ou um atomizador de disco rotativo, sendo simples, rápido e com produção de produtos não granulosos e não higroscópicos. Utiliza-se um produto líquido previamente condensado em evaporador a vácuo, contendo em média 50% de sólidos (GILLIES, 1974a). Esse líquido é convertido em uma mistura atomizada com aspecto de neblina, com o propósito de obter pequenas partículas uniformes, de 40 a 80 milimicra de diâmetro, e com grandes áreas superficiais. O produto atomizado entra em contato com o ar quente na câmara de secagem, e a umidade se evapora. O tempo de exposição ao ar é curto, sendo que a temperatura do ar é de 215°C na entrada e de 95°C na saída. Entretanto, devido à evaporação, a temperatura das gotículas atinge no máximo 95°C, quando se usa um secador de único estágio. Ao se usar um secador multiestágio, a temperatura é ainda menor. Em geral a temperatura do produto dentro da câmara de secagem é de 20 a 30°C abaixo da temperatura do ar de saída. O ar quente e a umidade do produto são removidos do secador por um sistema de pressão ou sucção (ROBINSON, 1986).

O produto seco ou concentrado sólido (pó) com um teor de umidade ao redor de 10 a 14%, ou 3% dependendo da temperatura de secagem, é separado do ar, resfriado e

acondicionado em embalagens especiais impermeáveis à umidade ambiente (GILLIES, 1974a; 1974).

O soro ácido contém ácido láctico que possui alta higroscopicidade e apresenta problemas no processo de secagem. Nesses casos pode-se utilizar um aditivo não higroscópico para impedir a aderência do produto nas paredes do equipamento ou acoplar ao equipamento um dispositivo de injeção de gás insolúvel sob pressão. A mistura gás-concentrado, passa então pelo secador (GILLIES, 1974a; 1974).

A eficiência de secagem por atomização é determinada por alguns fatores, tais como: umidade do produto que entra no atomizador, tamanho das partículas atomizadas, umidade do ar e temperatura da câmara de secagem, além do sistema de separação do produto final (pó) e do ar (GILLIES, 1974a; 1974; ROBINSON, 1986). Com esse método há a vantagem de se controlarem efetivamente as propriedades e as qualidades do produto final (ROBINSON, 1986).

3.2 – Recuperação das Proteínas do Soro

Alguns processos têm sido descritos para a recuperação das proteínas do soro, dentre eles temos:

a. Filtração em gel - Co-precipitação com polímeros solúveis ou fosfatos

Cada um desses processos é capaz de produzir uma fração protéica do soro não desnaturada, usando carboximetil celulose (CMC), complexação com ferro e precipitação com fosfatos, mas parece ser de difícil uso em grande escala comercial. O uso de CMC como precipitante, promove a obtenção de um produto com cerca de 60% de proteína; com cloreto de ferro, até 89%, e com polifosfato férrico, até 92% (HANSEN et al., 1971; HIDALGO et al., 1973; MATHUR & SHAHANI, 1979; ROBINSON, 1986; ZADOW, 1983).

STERNBERG et al. (1976) trabalharam com recuperação de proteínas do soro doce e soro de queijo "cottage" por precipitação reversível com ácido poliacrílico, em solução de soro ajustado para pH 3,8 a 4,2, obtendo um precipitado branco de proteína-poliacrilato, sendo a recuperação de 86,7 e 85,7%, respectivamente. Este processo produz um material com alta concentração de proteína, baixa em lipídio e lactose, e muito pouca precipitação de reagente residual, além de desnaturação mínima da proteína.

b. Adsorção em suporte insolúvel: Processo "spherosil e Bi-pró"

O Processo de adsorção em suporte insolúvel denominado de "spherosil", desenvolvido recentemente na França por Rhone-Poulenc Chemie Fine, baseia-se na passagem do soro através de uma coluna de "spherosil" contendo poros de microgrânulos de sílica, que absorve especificamente as proteínas. As proteínas são recuperadas pela lavagem da coluna com uma solução tendo pH bastante diferente daquele do soro. O processo oferece a vantagem de se produ-

zir um produto proteico puro com alta funcionalidade, baixo custo operacional e produto livre de material estranho. O produto tem propriedades funcionais superior a 80%, quando comparado com o concentrado proteico obtido por ultrafiltração (ROBINSON, 1986; ZADOW, 1983).

Existem basicamente, dois tipos de colunas: "Spherosil QMA" que tem capacidade de absorção de grande quantidade de beta lactoglobulina, alfa-lactoalbumina, soroalbuminas e algumas imunoglobulinas; e "spherosil XOB" que absorve principalmente imunoglobulinas (ROBINSON, 1986). No entanto, há citações de trabalhos na literatura realizados com outros tipos de coluna como o "spherosil S".

O trocador de íon "spherosil-S" ácido e "spherosil-QMA" básico foram propostos para recuperação de proteínas catiônicas de soro ácido e proteínas aniônicas de soro doce, respectivamente (ANON, 1979, citado por BARKER & MORR (1986).

NICHOLS & MORR (1985), investigaram o uso de trocador de cation "spherosil-S" para recuperação de proteínas do soro ácido e obtiveram um concentrado proteico de soro com alta concentração de minerais e de proteína desnaturada, com baixa solubilidade e funcionalidade. Relatam que a limitação desse processo com coluna "spherosil S" é a geração de um grande volume de água de lavagem e frequentes defeitos da coluna trocadora de íons.

BARKER & MORR (1986), utilizaram o processo de troca de íon "spherosil-QMA", para preparar concentrado proteico de soro, obtendo uma recuperação de 64% de proteína do soro e 63% de concentrado proteico. O concentrado proteico obtido possuía 20,8% de lactose, glicose e galactose, e com solubilidade de 32 - 42%, em pH 3 a 7, com pouca desnaturação proteica.

O processo de cromatografia por troca iônica, denominado de "Bi-pró", descrito por ROBINSON (1986), foi desenvolvido para Bio-isolados (produto com mais de 90% de proteína, obtido a partir de soro de leite), usando um processo de troca de íons baseado na carboximetil celulose (CMC) para manufaturar 97% das proteínas em pó do soro (Bi-pro dairy albumin). O produto obtido é virtualmente uma proteína pura, livre de gordura e lactose, e com baixo teor de cinzas. Possui digestibilidade de 99%, valor biológico de 94%, utilização líquida da proteína de 93% e PER de 3,2.

c. Ultrafiltração (UF)

Permite a concentração utilizando membranas semipermeáveis, separando moléculas de peso molecular superior a 5.000, sob uma pressão de 1 a 7 atm. Durante o processo são retidos os sólidos em suspensão, os colóides e os materiais com peso molecular superior a 5.000. A água e os solutos de baixo peso molecular passam através da membrana (ANTUNES & GOMEZ, 1990).

Quase todas as membranas de UF são anisotrópicas na morfologia, isto é, possuem uma densa camada de revestimento superficial, que define o grau de separação efetuada e sob ela uma camada de suporte esponjosa (PAULSON et al., 1984).

Alguns estudos foram realizados verificando o fluxo do permeado durante a UF do soro (BAKEL et al., 1975; BRESLAU et al., 1975; BRESLAU & KILCULLEN, 1977; DeWIT & DeBOER, 1975; HAYES et al., 1974; HICKEY & HILL, 1980; KUO & CHERYAN, 1983; LEE & MERSON, 1975; MULLER & HARPER, 1979; PATEL & MERSON, 1978; TONG et al., 1988; TONG et al., 1989; TURGEON & GAUTHIER, 1990) concluindo-se que as características físicas e químicas dos vários tipos de soro influenciam a sua performance durante a ultrafiltração (ANTUNES & GOMEZ, 1990; KUO & CHERYAN, 1983; NIELSEN, 1974). A eficiência do processo depende da quantidade de proteínas e do tamanho das moléculas e micelas de proteínas. Em consequência, a performance dos derivados dependem da extensão em que as proteínas foram desnaturadas (NIELSEN, 1974).

Alguns tratamentos do soro como: clarificação, centrifugação, aquecimento sob condições determinadas por tipos de soro e pH (pasteurização), desmineralização, controle de pH e concentração, melhoram a performance na ultrafiltração (ANTUNES & GOMEZ, 1990; KUO & CHERYAN, 1983).

As membranas em geral, são formadas de óxido de zircônio com um suporte de grafite, mas parece que a melhor membrana é de polisulfonas, que opera em temperatura máxima de 75°C e em pH variando de 2 a 12 (KOSIKOWSKI, 1979; MORR, 1976; ROBINSON, 1986). Nos sistemas de UF mais recentes, usados para o processamento do soro, utilizam-se membranas de polisulfonas hidrofóbicas e membranas com características de cargas superficiais diferentes. Essas membranas podem ter diferentes afinidades para proteínas do leite individualmente e produtos da proteólise da caseína (TONG et al., 1989).

No processo de UF pode-se obter um produto com mais de 90% de proteína (KENNEDY, 1985).

3.3 - Desmineralização do Soro

Um dos principais problemas que limita o uso de soro em alguns alimentos ou aplicações industriais é o seu conteúdo salino (CLARK, 1979). A remoção desses elementos pode ser feita por dois métodos disponíveis comercialmente: eletrodiálise (método eletro químico) e troca iônica (método químico) (ANTUNES & GOMEZ, 1990; GILLIES, 1974a, 1974; MORR, 1976; ROBINSON, 1986; ZADOW, 1983).

O método de troca iônica é não seletiva e remove os íons monovalentes e polivalentes, enquanto a eletrodiálise remove preferencialmente os íons monovalentes. Na troca iônica atinge-se 100% de desmineralização, enquanto na eletrodiálise consegue-se até 90% (ROBINSON, 1986; ZADOW, 1983).

Alguns autores, entretanto relatam que na eletrodiálise, consegue-se 50% (ANTUNES & GOMEZ, 1990) ou 60% de desmineralização (GILLIES, 1974a).

No método de eletrodiálise, as unidades de membrana trocadora de íons são feitas de células eletrolíticas (resinas) consistindo de pares de membranas trocadoras de cátions e ânion. Pelo uso de correntes elétricas, os cátions e os ânions

são forçados através dessa membrana seletiva, que reduz o conteúdo de sal da solução (GILLIES, 1974a).

No método de troca iônica, as resinas trocadoras são substâncias orgânicas insolúveis contendo grupamentos químicos polares, os quais se apresentam na forma de pequenas esferas de 0,5 mm de diâmetro. Esses grupamentos são de dois tipos: Para as resinas catiônicas, um grupamento sulfônico ($\text{SO}_3^- \text{H}^+$) usado para troca de cátions e para as resinas aniônicas, um grupamento de amônia quaternária ($\text{NH}_4^+ \text{OH}^-$) para troca de ânions. O princípio de troca iônica está baseado no deslocamento do equilíbrio e na ação das massas (ANTUNES & GOMEZ, 1990).

Tanto o método de eletrodiálise como a troca iônica produzem uma quantidade de efluentes, no mínimo igual ao volume de soro processado. Isto dificulta e restringe a aceitabilidade pelas indústrias (ROBINSON, 1986; ZADOW, 1983).

3.4 - Produção de Lactose

São utilizados principalmente 2 processos para a produção de lactose.

a. Método Convencional

GILLIES (1974a) relata que o soro sem solubilização química da proteína, é concentrado e resfriado para efetuar a cristalização da lactose, que é então separada por centrifugação e finalmente recebe ar seco para formar a lactose bruta. Esta lactose bruta é refinada, descolorada e filtrada, sendo que o produto final apresenta alto grau de pureza.

Mais recentemente, ROBINSON (1986) descreveu o método que envolve: remoção da proteína do soro, concentração do soro, refiltração, indução da cristalização e centrifugação para separar os cristais. Cerca de 50% da lactose são recuperados e o restante que é o soro delactosado pode ser seco e também utilizado.

A lactose produzida tem grande aceitabilidade para inúmeras aplicações (CHAMBERS & FERRETI, 1979; DELANEY, 1981; KENNEDY, 1985; KIRKPATRICK & FENWICK, 1987; NICKERSON, 1978; ZADOW, 1983).

b. Processo "M & R"

Nesse processo, descrito por GILLIES (1974a), a proteína é quimicamente solubilizada, permitindo uma concentração maior que o nível normal. O concentrado é resfriado para efetuar a cristalização da lactose, a qual é então, separada por centrifugação e ar seco para empacotamento. O processo envolve uma simples cristalização. O produto tem relativamente alta pureza e aceitabilidade para uso em alimentos infantis e produtos relacionados (NICKERSON, 1976; ZADOW, 1983).

Alguns autores relatam outros métodos de separação da lactose através da hidrólise com o auxílio de enzimas livres (não imobilizadas) como a beta-galactosidase ou enzimas imobilizadas (ANTUNES & GOMEZ, 1990; GIEC & KOSIKOWSKI, 1983; JACKSON & JELEN, 1989; JELEN,

1983; JOHNSTON, 1977, ROBINSON, 1986; SHETH et al., 1988; ZADOW, 1983).

4 – UTILIZAÇÃO DO SORO

O soro pode ser utilizado de diferentes formas: soro fresco, pasteurizado ou não; soro condensado, contendo de 35 a 60% de sólidos, soro condensado adocicado, contendo 38% de sólidos e 38% de açúcares; soro seco, sendo o mais popular, e finalmente, pode-se utilizar os componentes individuais do soro, como lactose e proteínas (GILLIES, 1974a).

As tabelas 3 e 4 mostram a utilização do soro nos países da Comunidade Econômica Européia (CEE) e Reino Unido (UK), e nos Estados Unidos da América do Norte (EUA), respectivamente.

TABELA 3 – UTILIZAÇÃO DE SORO NOS PAÍSES DA COMUNIDADE ECONÔMICA EUROPEIA (CEE) E REINO UNIDO (UK)

USOS	CEE (%)	UK (%)
Soro líquido	45	25
Soro em pó	30	51
Lactose e subprodutos (sem lactose)	15	13
Proteínas do soro	—	3
Outros	10	8

Fonte: ANTUNES, L.A.F.; GOMEZ, R.J.H.C. Soro, 1990.

TABELA 4 – UTILIZAÇÃO DE SORO NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA DO NORTE

	Alimentação humana (%)	Alimentação animal (%)	Total
Soro concentrado	7,1	3,8	10,8
Soro seco	31,5	34,1	65,6
Soro lactose reduzida e soro lactose mineral reduzido	3,2	—	3,2
Proteína de soro concentrado	4,0	3,6	6,6
Lactose	4,9	—	4,9
Produtos secos com soro	—	7,2	7,2
Sólidos de soro em misturas	—	0,8	0,8
Ração animal não definida	—	1,0	1,0

Fonte: ANTUNES, L.A.F.; GOMEZ, R.J.H.C. Soro, 1990.

As proteínas do soro possuem alto valor nutricional, com alto conteúdo de aminoácidos essenciais e PER de 3,2, sendo usadas vantajosamente em diferentes produtos (MODLER & JONES, 1987).

4.1 - Uso de Soro na Alimentação Animal

4.1.1 - Uso para Ruminantes:

Uma série intensiva de revisões sobre a utilização do soro foi publicada por MANN (1975; 1976; 1976a) incluindo o uso para bezerras, novilhos, vacas em lactação; como

aditivos para silagens e como componente em mistura com grãos. Da mesma forma, outros pesquisadores apresentaram vários estudos sobre o uso de soro na alimentação animal (ANDERSON et al., 1974; FORSUM, 1975, MODLER et al., 1980; NIELSEN, 1972; SCHINGOETHE & BEARDSLEY, 1975; SCHINGOETHE et al., 1976; SCHINGOETHE, 1976).

O soro pode ser utilizado nas formas líquida, condensada, seca ou produtos de soro seco (ADAMS, 1974; FORSUM, 1974; NIELSEN, 1972, SCHINGOETHE, 1976).

Os ruminantes (vacas em lactação, novilhos e novilhas) podem consumir até 30% da exigência de matéria seca, em soro líquido, sem afetar a produção de leite. O consumo de soro líquido, reduz o consumo de feno ou grãos (ANDERSON et al., 1974; SCHINGOETHE, 1976), sendo que para novilhas e novilhos proporcionam um ganho de peso satisfatório (ANDERSON et al., 1974; LYNCH, et al., 1975; SCHINGOETHE, 1976, WELCH & NILSON, 1973).

ADAMS (1974) relata que uma vaca adulta pode receber até 100 lb de soro líquido/dia ou pode-se restringir a ingestão para 1,5 lb de soro líquido/lb de matéria seca ingerida. Por outro lado, existem relatos de ingestão de líquidos da ordem de 64, litros de soro, mais 35,3 litros de água por animal por dia (ANDERSON et al., 1974).

Na realidade, a quantidade de soro requerida para substituir parte da proteína e da energia na ração depende da composição do próprio soro, que por sua vez, está na dependência do tipo de soro (doce ou ácido), métodos de manufatura, eficiência de separação, condições de armazenamento, etc. Outro fator que determina a quantidade de soro a ser usado é o seu custo. Nos EUA e Canadá, o soro é considerado de custo zero, sendo que o produtor deve se responsabilizar pelo transporte (MODLER et al., 1980).

O soro doce (queijo "cheddar") tem melhor palatabilidade do que o ácido (queijo "cottage") embora ambos tenham boa aceitabilidade (ANDERSON et al., 1974; ANDERSON et al., 1975; MODLER et al., 1980; PINCHASOV et al., 1982; SCHINGOETHE, 1976; WELCH & NILSON, 1973), mas de qualquer forma devem se tomar algumas precauções quando se usa o soro líquido, como armazenar em tanques ácido resistentes, cuidados contra corrosão dos tanques e deterioração do soro (ADAMS, 1974). O soro líquido é bem aceito pelos animais quando armazenado até 24 horas, sendo que após 36 horas, à temperatura ambiente, é rejeitado pelos animais (SCHINGOETHE, 1976).

CARR & PEARSON (1971), relatam que se pode adicionar 0,1% de formalina, ao soro fresco como preservativo, inibindo a conversão da lactose, sem efeitos contrários ao crescimento dos animais domésticos.

O soro líquido contém excelentes nutrientes energéticos e protéicos, sendo que para os ruminantes tem a vantagem de não precisar processá-lo (CLARK JUNIOR, 1979), podendo ser utilizado tanto para gado leiteiro (ANDERSON et al., 1974; SCHINGOETHE, 1976) como para o de corte (LYNCH et al., 1975).

O soro condensado (55 a 65% de sólidos) não tratado (WEST, 1984) ou fermentado e amoniado é bem aceito pelos ruminantes, principalmente em misturas com deriva-

dos de grãos (farelo de soja), melaço ou uréia (ALSTON et al., 1973; ARNOTT et al., 1958; HUBER et al., 1975; HUBER et al., 1976; JUENGST JUNIOR, 1979; LYNCH et al., 1975; NIELSEN, 1972; SCHINGOETHE, 1976).

O soro condensado não é palatável quando fornecido sozinho, mas muito bem aceito pelos animais quando misturado com igual quantidade de melaço (WELCH et al., 1974), ou com melaço + uréia, e misturado à ração total (HAZZARD et al., 1958; HENDERSON et al., 1974; HENDERSON et al., 1974a; HUBER et al., 1974; HUBER et al., 1975; McCULLOUGH et al., 1972). Não reduz a produção de leite, quando comparado com farelo de soja ou uréia como fonte de proteína (HAZZARD et al., 1958; HUBER et al., 1976) e nos casos de alimentação de bezerros e novilhos com soro condensado amoniado, estes apresentam ganho de peso e conversão alimentar, semelhantes aos alimentados com farelo de soja (CRICKENBERGER et al., 1981; HAZZARD et al., 1958; HENDERSON et al., 1974; HENDERSON et al., 1974a; McCULLOUGH et al., 1972).

O soro seco é usado nas misturas de rações concentradas à base de grãos para vacas leiteiras (CASPER & SCHINGOETHE, 1986; HUBER et al., 1967; SCHINGOETHE & ROOK, 1976; SCHINGOETHE & SKYBERG, 1981; 1981a; SCHINGOETHE et al., 1983) na proporção de 10 a 30% da mistura (ADAMS, 1974), sendo que 10% é o suficiente para prevenir a redução do teor de gordura do leite (SCHINGOETHE, 1976).

Os minerais e a lactose presentes no soro, são os componentes responsáveis pela manutenção da gordura do leite (ROSSER et al., 1971; SCHINGOETHE et al., 1973) e alguns estudos indicam que embora ocorra a manutenção ou aumento da gordura do leite, pode ocorrer um pequeno declínio na produção de leite (BOWMAN & HUBER, 1967; SCHINGOETHE, 1976).

Os usos de 2 a 7% de soro seco na mistura melhora as características peletizantes dos alimentos (ADAMS, 1974) devido ao teor de lactose (NIELSEN, 1972).

Para gado de corte a utilização de 1 a 4% de soro seco na ração aumenta a taxa de ganho de peso (de 2 para 13%) quando comparados à ração controle e melhora a eficiência alimentar (HENDRIX & KLOPFENSTEIN, 1972; SCHINGOETHE, 1976; WOODS & BURROUGHS, 1962). SCHINGOETHE et al. (1980) trabalharam com níveis de 15, 30, 45 e 60% de soro total seco, na ração de novilhos holandeses e relatam não ter encontrado nenhum efeito prejudicial em termos de ganho de peso, ingestão de ração e digestibilidade da ração até níveis de 45%; entretanto, recomendam que se utilize até 30% na ração, pois, além dessa quantidade, pode ocorrer o aparecimento de diarreia, pelo aumento da ingestão de sais presentes no soro.

Por outro lado, DePETERS et al. (1986), relatam que a inclusão de até 24,5% de soro doce seco, em uma dieta peletizada, para bezerros no início e final da desmama, não melhora o seu desempenho (ganho de peso).

O soro seco pode ser usado na alimentação de bezerros como parte dos "substitutos do leite", pelo seu alto teor de lactose (ADAMS, 1974; MORRILL et al., 1971; NIELSEN, 1972; NOLLER et al., 1956; SCHINGOETHE, 1976) e alto teor de lisina, aminoácidos sulfurados, tripto-

fano e treonina (FORSUM, 1975).

Os níveis mais comumente usados são de 15 a 30% de soro seco nos substitutos do leite, mas foram estudados níveis de 70 a 76% (ADAMS, 1974) ou mais (VOLCANI & BEN-ASHER, 1974; VOLCANI et al., 1974).

Os resultados da utilização do soro seco nos substitutos do leite, são controversos. WALLACE et al. (1951) relatam que 45 a 60% de soro seco nos substitutos do leite, acarretam diminuição do ganho de peso dos bezerros, comparados ao grupo controle. Da mesma forma, GORRIL & NICHOLSON (1972) observaram redução no ganho de peso com 52% de soro seco, nos substitutos. Por outro lado, outros pesquisadores (BURT & IRVINE, 1972; MULLER & HARPER, 1979; VOLCANI & BEN-ASHER, 1974; VOLCANI et al., 1974) obtiveram ganhos de peso satisfatórios utilizando altos níveis de soro nos substitutos do leite; BURT & IRVINE (1972) utilizando 50% de soro seco, MORRILL et al. (1971) com 59 e 68% e VOLCANI & BEN-ASHER (1974) e VOLCANI et al., (1974) com substitutos contendo 87,5 e 89% de soro seco.

Alguns pesquisadores estudaram a adição de soro em pó nas silagens (ADAMS, 1974; SCHINGOETHE & BEARDSLEY, 1975; SCHINGOETHE et al., 1976; SCHINGOETHE, 1976) e relatam uma melhora da qualidade de gramíneas e leguminosas na ensilagem, devido ao aumento das quantidades de carboidratos fermentáveis, indicado pelo baixo pH, alto conteúdo de ácido láctico e maior digestibilidade (SCHINGOETHE, 1976).

Pelo alto conteúdo em lactose, o soro seco, é usado para ajudar a preservação durante a ensilagem, além de suprir alguns nutrientes. Recomenda-se, em geral, a adição de 20 a 40 lb de soro seco por tonelada de material ensilado (ADAMS, 1974). A maioria dos estudos indicam bons resultados quando se utiliza de 1 a 5% de soro seco como aditivo de silagem (ALLEN et al., 1937; JOHNSON et al., 1941; SCHINGOETHE, 1976).

Verifica-se que ocorre uma variação na resposta do animal frente à alimentação com soro, indicando uma maior necessidade de estudos que identifiquem a melhor forma, quantidade e sistema de alimentação para se incorporar o soro nas dietas de ruminantes.

4.1.2 - Uso para Monogástricos (suínos e aves)

Para suínos pode se usar o soro sob a forma líquida ou em pó, e para aves, principalmente sob a forma em pó (ADAMS, 1974; FORSUM, 1975; MODLER et al., 1980; SCHINGOETHE, 1976).

Na forma de pó, é utilizado como uma parte da mistura de grãos de cereais e oleaginosas (MODLER et al., 1980; SCHINGOETHE, 1976), proporcionando melhoria na conversão alimentar, qualidade da carcaça e ganho de peso à desmama (MODLER et al., 1980), devido aos níveis de aminoácidos sulfurados, lisina, triptofano e treonina (FORSUM, 1975), além do alto conteúdo em lactose (ADAMS, 1974).

O soro seco (em pó e produtos de soro) foi utilizado durante muitos anos, em rações de frangos de corte, como fonte de "fatores de crescimento não identificados" (AL-

UBAIDI & BIRD, 1964; FULLER et al., 1952; MENGE et al., 1952; REED JUNIOR et al., 1951), que mais tarde constataram serem as vitaminas do complexo B (SCHINGOETHE, 1976). O soro seco nas rações promove uma melhoria no ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte (ALI-ANI et al., 1972; BALLOUN & KHAJERARN, 1974; DAMROM et al., 1971; TOUCHBURN et al., (1972), ratos (ALI-ANI et al., 1973; SATTERLEE, 1981; WOMACK & VAUGHAN, 1972); e suínos (CHEEKE et al., 1973; CHEEKE & STANGEL, 1973; DANIELSON et al., 1960; EKSTROM et al., 1975; ORR et al., 1972) aumentando a digestibilidade da proteína e da gordura (BALLOUN & KHAJERARN, 1974; ORR et al., 1972) além de aumentar a absorção e retenção de minerais (ALI & EVANS, 1967; ATKINSON et al., 1957).

Os melhores resultados de desempenho são obtidos com níveis de 3 a 4% de soro seco em rações de frangos de corte (BALLOUN & KHAJERARN, 1974; DAMRON et al., 1971) e de 15 a 20% em rações de suínos (BECKER et al., 1957; ORR et al., 1972). A partir desses níveis, ocorrem efeitos indesejáveis no desempenho dos animais, além de apresentarem sintomas de intolerância à lactose, traduzidos por inchaço abdominal e diarreia. Por outro lado, EKSTROM et al. (1975) relatam resultados experimentais que sugerem a tolerância de suínos em crescimento, até níveis de 30% de lactose na dieta, sem apresentar qualquer sintoma de intolerância, ou depressão no seu desempenho.

As desvantagens de uso de soro em pó estão relacionadas com o aumento do custo operacional do processamento, incluindo os equipamentos, seus custos e desgastes, além de uma deterioração rápida do soro em pó, quando inconvenientemente armazenado. Em suínos, é frequente o aparecimento de diarreia, dependendo da quantidade fornecida (MODLER et al., 1980), sendo a opção mais barata, o uso de soro líquido.

SCHINGOETHE (1976) relata que suínos pesando 45 kg obtiveram ótimos ganhos de peso, quando alimentados com soro líquido mais cevada, com um consumo médio de 8,4 kg de soro/dia e 3,5 kg de cevada/dia. Afirma que, para suínos pesando menos de 70 kg, quando o milho substitue a cevada, deve ser feita uma suplementação protéica. O ótimo ganho de peso é conseguido quando se fornece até 20% da exigência de matéria seca, em soro líquido. Quantidades superiores causam diarreia.

4.2 - Uso de Soro na Alimentação Humana

Uma série de estudos foram feitas para o desenvolvimento da utilização do soro como componentes de alimentos para humanos.

Na alimentação humana o soro pode ser utilizado na forma líquida, condensada ou em pó, sendo que a forma em pó é geralmente preferida por apresentar maior tempo de armazenamento, podendo ser modificado e/ou misturado com outros produtos servindo a propósitos específicos (MATHUR & SHAHANI, 1979; SPURGEON, 1976).

A presença de determinados constituintes confere ao soro, características funcionais excelentes para aplicações na indústria de alimentos, tais como: capacidade de absor-

ção de água (COCUP & SANDERSON, 1987; JENSEN et al., 1987; MODLER & JONES, 1987; WEST, 1984), capacidade de formação e estabilidade da espuma (KIM et al., 1989; KINSELLA & WHITEHEAD, 1989; LIAO & MANGINO, 1987; MODLER & JONES, 1987; PELTONEN-SHALABY & MANGINO, 1986; WEST, 1984), capacidade de formação e estabilidade da emulsão (BRITTEN & GIROUX, 1991; KIM et al., 1989; KINSELLA & WHITEHEAD, 1989; LIAO & MANGINO, 1987; McDERMOTT, 1987; MORR et al., 1973; VAN DEN HOVEN, 1987; YAMAUCHI et al., 1980), capacidade de geleificação (KINSELLA & WHITEHEAD, 1989; MAGINO et al., 1988; MULVIHILL & KINSELLA, 1987; VAN DEN HOVEN, 1987), viscosidade (COCUP & SANDERSON, 1987; JENSEN et al., 1987; McDERMOTT, 1987; MODLER & JONES, 1987; MORR et al., 1973; NICKERSON, 1978) e solubilidade (KIM et al., 1989; KINSELLA & WHITEHEAD, 1989; MAGINO et al., 1988; MODLER & JONES, 1987; NICKERSON, 1978). Nos últimos anos, isto tem impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico para a manufatura de novos produtos alimentares.

Vários pesquisadores relatam os processamentos e as várias possibilidades de utilização do soro na alimentação humana. Os principais são: produtos de padaria e confeitaria (COX, 1973, HOLMES, 1979; KOSIKOWSKI, 1979; RENZ-SHAVEN & RENNER, 1987; ROBINSON, 1978; SPURGEON, 1976; WEISBERG & GOLDSMITH, 1969), bebidas não alcoólicas (HOLSINGER et al., 1977; HOLMES, 1979; KOSIKOWSKI, 1979; MODLER et al., 1981) e alcoólicas (DELANEY, 1981; KAUSTINEN & BRADLEY JUNIOR, 1987; KOSIKOWSKI & WZOREK, 1977; KOSIKOWSKI, 1979), produtos infantis e geriátricos (HOLMES, 1979; JOST et al., 1987; McDERMOTT, 1987; SHAHANI et al., 1978), doce de leite (ROBINSON, 1978; SPURGEON & SEAS, 1974), iogurte (CRISTIANINI & ROIG, 1987; HEKMATI & BRADLEY JUNIOR, 1979; MARTINEZ & SPECKMAN, 1988; NIELSEN, 1976a; OPDHAL & BAER., 1991; SHAHANI et al., 1978), temperos (HOLMES, 1979; ROBINSON, 1978), sorvetes (ARNDT & WEHLING, 1989; HAMILTON, 1983; LOEWENSTEIN et al., 1975; MARTINEZ & SPECKMAN, 1988; PARSONS et al., 1985; THOMPSON et al., 1983; ZADOW, 1983), molhos de carne e salsichas (SHAHANI et al., 1978; THOMPSON et al., 1982; VAN DEN HOVEN, 1987; WINGERD, 1971; ZADOW, 1983), sobremesas geladas (HOLMES, 1979; MATHUR & SHAHANI, 1979; ROBINSON, 1978; THOMPSON, 1983) e outros.

O soro doce em pó (desmineralizado ou delactosado) é mais usado do que o soro ácido (HOLSINGER, 1978; KOSIKOWSKI, 1979; NIELSEN, 1976). Por outro lado, embora o soro ácido em pó tenha uso limitado, constitui-se em um importante coagulante ácido na fabricação de determinados tipos de queijos (HOLSINGER et al., 1975; KOSIKOWSKI, 1979). O queijo "ricota" pode ser obtido dessa maneira com produção significativamente maior do que com outros precipitantes e com processo simples de manufatura (KOSIKOWSKI, 1967; 1979). Da mesma forma, o soro ácido (líquido ou em pó) pode ser usado como coagulante

na fabricação de "queso blanco" (HIRSCHL & KOSIKOWSKI, 1975; KOSIKOWSKI, 1975).

O concentrado proteico de soro possui boa solubilidade e funcionalidade, contendo de 30 a 75% de proteína e é considerado como um produto lácteo padrão nas indústrias de alimentos, padarias e indústrias de bebidas, como um suplemento alimentar (COCUP & SANDERSON, 1987; HIDALGO & CAMPER, 1977; McDONOUGH et al., 1971; 1974; MODLER & EMMONS, 1977; STERNBERG et al., 1976).

HOLSINGER et al. (1975), apresentam extensa revisão sobre o uso de soro como base para a manufatura de uma variedade de bebidas alcoólicas e não alcoólicas e os processos pelos quais são produzidas. Porém, o soro frequentemente é apenas um componente do produto. Uma das bebidas tradicionais bastante aceitável encontra-se na Suíça e é denominada de "drink rivella", feito de soro desproteinizado e carbonatado (AN EXPANDING..., 1974; FORSUM, 1975; HOLSINGER et al., 1975; MATHUR & SHAHANI, 1979; ROBINSON, 1978; SHAHANI et al., 1978).

Na Polônia encontra-se uma bebida semelhante à Champanhe, preparada do soro, e recebe o nome de "Lactovit" com um consumo anual de 230.000 litros (MATHUR & SHAHANI, 1979; SHAHANI et al., 1978). No Brasil, foi desenvolvido e testado, em 1971, uma bebida carbonatada com sabor laranja chamada "TAI", contendo 1,5% de proteína do soro obtida por osmose reversa (MATHUR & SHAHANI, 1979).

O soro ácido em pó pode ser usado para suplementar sucos de frutas, como os de laranja e abacaxi, entretanto, não tem sido muito utilizado porque pode conferir gosto salgado ao produto (KOSIKOWSKI, 1968). Talvez o uso de soro ácido em pó, nas bebidas de frutas ácidas, seja compatível misturando-se à elas o soro ácido desmineralizado (KOSIKOWSKI, 1979).

Nos países escandinavos, o soro tem sido usado há muito tempo para fabricar o queijo de soro "cheese mesost" (FORSUM, 1975) e na Itália, para fabricar o "Italian Ricotta cheese", que é manufaturado pela coagulação a quente das proteínas do soro (FORSUM, 1975; MATHUR & SHAHANI, 1979).

NI, 1979; SHAHANI et al., 1978).

Nos últimos anos, as preparações industriais a partir do soro, tem aumentado, mas a contribuição das proteínas do soro na alimentação humana tem sido negligenciada. O aumento de produtos proteicos de soro ocorreu em países industrializados, mas nesses países a taxa de subnutrição proteica é baixa. Desenvolveu-se então interesse para os chamados "alimentos infantis humanizados", ou adaptações para fórmulas lácteas (FORSUM, 1975; KENNEDY, 1985; MATHUR & SHAHANI, 1979), aproximando a composição do leite de vaca, daquela apresentada pelo leite humano, através da utilização do soro processado. Alguns trabalhos foram realizados no sentido de melhorar a obtenção desses alimentos infantis humanizados (FORSUM, 1974; KUWATA et al., 1985).

5 — CONCLUSÃO

O soro de leite é utilizado na alimentação animal e humana, há milênios, sendo que o seu uso foi mais intensificado após a 2ª guerra mundial. Porém, estima-se que atualmente, nos países desenvolvidos, apenas 50% do total de soro produzido, é aproveitado, retornando à alimentação animal ou humana, bem como para a produção de medicamentos e outros produtos.

Especialmente, nos últimos anos, várias pesquisas foram realizadas, visando o desenvolvimento de novas tecnologias para tais finalidades, promovendo dessa forma, o reaproveitamento do soro e evitando a poluição dos rios e esgotos.

O grande problema parece estar no alto custo de determinados processos de manufatura do soro e a dificuldade de processamento em grande escala industrial.

Para vencer esses problemas, vários estudos devem ser realizados, tais como: a) desenvolvimento de novas tecnologias, para produção de produtos de soro, em grandes quantidades e a baixo custo; b) desenvolvimento de legislação fixando a padronização dos produtos de soro; c) desenvolvimento de legislação aplicável às indústrias queijeiras com determinadas medidas para evitar a poluição ambiental.

MIZUBUTI, I.Y. Cheese whey: composition, processing and utilization in feeding. *Semina: Ci. Agr., Londrina*, v.15, n.1, p.80-94, march 1994.

ABSTRACT: *This literature review has the purpose to show the cheese whey composition, processing methods and possibilities of utilization in animal and human feeding. The cheese whey shows excellent chemical, functional and nutritional characteristics, with several use possibilities in human and animal feeding.*

KEY-WORDS: *Cheese whey; Animal feeding; Human feeding; Whey composition and Whey processing.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R.S. Whey too Nutritious to be Wasted. *Dairy herd management*, v. 11, n. 9, p. 24-28, 1974.

ALI-ANI, M.R.; CLARK, H.E.; HOWE, J.M. Effect of adding varying levels of lysine or delactosed demineralized whey to wheat flour on growth and body composition of young rats. *J. Nutr.*, v. 103, p. 515-525, 1973.

ALI-ANI, M.R.; CLARK, H.E.; HOME, J.M. Evaluation of whey as a protein supplement for wheat flour. *Nutr. Rep. Int.*, v. 5, p. 111, 1972.

ALI, R.; EVANS, J.L. Effects of dietary composition on serum calcium and serum alkaline phosphatase activity in the growing rat. *J. Dairy Sci.*, v.50, n.11, p.1857, 1967.

Semina Ci. Agr., v. 15, n. 1, p. 80-94

- ALLEN, L.A.; WATSON, S.J.; FERGUSON W.S. The effect of the addition of various materials cultures of grass silage at the time of making on the subsequent bacterial and chemical changes. *J. Agr. Sci.*, v. 27, p. 294, 1937.
- ALSTON JUNIOR, E.M.; ANTHONY, W.B.; CUNNINGHAM Jr., J.P.; COTTIER, G.J. Production of Nitrogen-enriched whey for animal feed. *J. Anim. Sci.*, v. 36, p. 208, 1973. (abstr.)
- AL-UBAIDI, Y.Y.; BIRD, H.R. Assay for the unidentified growth factor in dried whey. *Poult. Sci.*, v. 43, p. 1484, 1964.
- ANDERSON, M.J.; LAMB, R.C.; MICKELSEN, C.H.; WISCOMBE, R.L. Feeding liquid whey to dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 57, n. 10, p. 1206-1210, 1974.
- ANDERSON, M.J.; LAMB, R.C.; MICKELSEN, C.H. Liquid whey as a feed supplement for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v. 58, n. 5, p. 748, 1975. (abstr.)
- ANTUNES, L.A.F.; GOMEZ, R.J.H.C. *Soro: Perspectiva de uso industrial*. Londrina: UEL, 1990. Apostila mimeografada da disciplina Ciência e Tecnologia do leite e derivados. 54p.
- ARNDT, E.A.; WEHLING, R.L. Development of hydrolyzed and hydrolyzed-isomerized syrups from cheese whey ultrafiltration permeate and their utilization in ice cream. *J. Food Sci.*, v. 54, n. 4, p. 880-884, 1989.
- ARNOTT, D.R.; PATTON, S.; KESLER, E.M. A method for manufacturing a high-nitrogen-low-lactose product from whey. *J. Dairy Sci.*, v. 41, n. 7, p. 931-941, 1958.
- ATKINSON, R.L.; KRATZER, F.H.; STEWART, G.F. Lactose in animal and human feeding: a review. *J. Dairy Sci.*, v. 40, n. 9, p. 1114-1132, 1957.
- BAKEL, J.T.; MORRIS, H.A.; RICHERT, S.H.; MORR, C.V. Cottage cheese whey ultrafiltrate produced by hollow fiber ultrafiltration. *J. Dairy Sci.*, v. 58, n. 12, p. 1794-1798, 1975.
- BALLOUN, S.L.; KHAJERARN, J.K. The effects of whey and yeast on digestibility of nutrients in feather meal. *Poult. Sci.*, v. 53, p. 1084, 1974.
- BARKER, C.M.; MORR, C.V. Composition and properties of Spherosil-QMA whey protein concentrate. *J. Food Sci.*, v. 51, n. 4, p. 919-923, 1986.
- BECKER, D.E.; TERRILL, S.W.; JENSEN, A.H.; HANSON, L.J. High levels of dried whey powder in the diet of swine. *J. Anim. Sci.*, v. 16, p. 404, 1957.
- BOWMAN, R.L.; HUBER, J.T. Effect of dietary lactose on milk composition and rumen volatile fatty acids. *J. Dairy Sci.*, v. 50, n. 4, p. 579-581, 1967.
- BRESLAU, B.R.; CROSS, R.A.; KILCULLEN, B.M. Hollow fiber of cottage cheese whey. *J. Dairy Sci.*, v. 58, n. 5, p. 782, 1975. (abstr.)
- BRESLAU, B.R.; KILCULLEN, B.M. Hollow fiber ultrafiltration of cottage cheese whey: Performance study. *J. Dairy Sci.*, v. 60, p. 1379-1386, 1977.
- BRITTEN, M.; GIROUX, H.J. Emulsifying properties of whey protein and casein composite blends. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 10, p. 3318-3325, 1991.
- BURT, A.W.A.; IRVINE, S.M. Effect of deliberate dietary mismanagement upon the incidence of diarrhea in home bred calves. *J. Animal prod.*, v. 14, p. 299, 1972.
- CARR, J.R.; PEARSON, G. The composition and the feeding value for pigs of lactic casein whey stored in sealed tanks. *New Zealand J. Dairy Sci. and Technol.*, v.6, p.46, 1971.
- CASPER, D.P.; SCHINGOETHE, D.J. Evaluation of urea and dried whey in diets of cows during early lactation. *J. Dairy Sci.*, v. 69, n. 5, p. 1346-1354, 1986.
- CHAMBERS, J.V.; FERRETTI, A. Industrial applications of whey/lactose. *J. Dairy Sci.*, v. 62, n. 1, p. 112-116, 1979.
- CHEEKE, P.R.; DAVISON, T.P.; MEYER, R.O.; STANGEL, D.E. Utilization of dried whey by growing-finishing swine. *Feedstuffs*, v. 45, n. 28, p. 25, 1973.
- CHEEKE, P.R.; STANGEL, D.E. Lactose and whey utilization by rats and swine. *J. Anim. Sci.*, v. 37, p. 1142, 1973.
- CLARK JUNIOR, W.S. Whey processing and utilization. *J. Dairy Sci.*, v. 62, n. 1, p. 96-98, 1979.
- COCUP, R.O.; SANDERSON, W.B. Functionality of dairy ingredients in bakery products. *Food Technology*, v. 41, n. 10, p. 86-90, 1987.
- COX, A.C. *Food processing industry*. [s.l:s.n], 1973.
- CRICKENBERGER, R.G.; HENDERSON, H.E.; REDDY, C.A. Fermented ammoniated condensed whey as a crude protein source for feedlot cattle. *J. Animal Sci.*, v. 52, n. 4, p. 677-687, 1981.
- CRISTIANINI, M.; ROIG, S.M. Uso de sólidos de soro de queijo na fabricação de iogurte. *Rev. Inst. Latic. Cândido Tostes*, v. 42, n. 250, p. 41-44, 1987.
- DAMRON, B.L.; EBERST, D.P.; HARMS, R.H. The influence of partially delactosed whey, fish meal, and supplemental biotin in broiler diets. *Poult. Sci.*, v. 50, p. 1786, 1971.
- DANIELSON, D.M.; PEO Jr., E.R.; HUDMAN, D.B. Ratios of dried skim milk and dried whey for pig starter rations. *J. Anim. Sci.*, v. 19, p. 1055, 1960.
- DeBOER, R.; DeWIT, J.N.; HIDDINK, J. Processing of whey by means of membranes and applications of whey protein concentrate. *J. Soc. Dairy Technol.*, v. 30, p. 112, 1977.
- DELANEY, R.A.M. Recent developments in the utilization of whey. *Cultured dairy products journal*. pags. 11-22, 1981.
- De PETERS, E.J.; FISHER, L.J.; STONE, J.L. Effect of adding dried whey to starter diet of early and late weaned calves. *J. Dairy Sci.*, v. 69, n. 1, p. 181-186, 1986.
- DeWIT, J.N.; DeBOER, R. Ultrafiltration of cheese whey and some functional properties of the resulting whey protein concentrate. *Neth. Milk Dairy J.*, v. 29, p. 198, 1975.
- DONNELLY, J.K.; O' SULLIVAN, A.C.; DELANEY, R.A.M. Reverse osmosis concentration applications. *J. Soc. Dairy Technol.*, v. 27, p. 128, 1974.
- EKSTROM, K.E.; BENEVENGA, N.J.; GRUMMER, R.H. Effects of various dietary levels of dried whey on the performance of growing pigs. *J. Nutr.*, v. 105, p. 846-850, 1975.

- JELEN, P. Reprocessing of whey and other dairy wastes for use as food ingredients. *Food Technology*, v. 37, n. 2, p. 81-84, 1983.
- JENSEN, G.K.; IPSEN, R.H.; ILSOE, C. Functionality and application of dairy ingredients in dairy products. *Food Technology*, v. 41, n. 10, p. 66-71, 1987.
- JOHNSON, B.C.; PETERSEN, W.H.; HEGSTED, D.M.; BOHSTEDT, G. A study of various methods of preserving legumes and other forages by ensiling. *J. Agric. Res.*, v. 62, p. 337, 1941.
- JOHNSTON, A.N. How European cheese plants save costs in whey processing through reverse osmosis system. *Dairy and Ice Cream Field*, v. 160, p. 1160, 1977.
- JOST, R.; MONTI, J.C.; PAHUD, J.J. Whey protein allergenicity and its reduction by technological means. *Food Technology*, v. 41, n. 10, p. 118-121, 1987.
- HUENGST JUNIOR, F.W. Use of total whey constituents-animal feed. *J. Dairy Sci.*, v. 62, n. 1, p. 106-111, 1979.
- KAUSTINEN, E.M.; BRADLEY JUNIOR, R.L. Acceptance of cream liqueurs made with whey protein concentrate. *J. Dairy Sci.*, v. 70, n. 12, p. 2493-2498, 1987.
- KENNEDY, J.P. Utilization of whey. *Culture Dairy Products Journal*, v. 20, n. 1, p. 13-15, 1985.
- KIM, S.H.; MORR, C.V.; SEO, A.; SURAK, J.G. Effect of whey pretreatment on composition and functional properties of whey protein concentrate. *J. Food Sci.*, v. 54, n. 1, p. 25-29, 1989.
- KINSELLA, J.E.; WHITEHEAD, D.M. Proteins in whey: chemical, physical, and functional properties. In: KINSELLA, John E. (ed.) *Advanced in food and nutrition research*. New York: Academic Press, 1989, v. 33. 458p.
- KIRKPATRICK, K.J.; FENWICK, R.M.; Manufacture and general properties of dairy ingredients. *Food Technology*, v. 41, n. 10, p. 58-65, 85, 1987.
- KOSIKOWSKI, F.J. Greater utilization of whey powder for human consumption and nutrition. *J. Dairy Sci.*, v. 50, n. 8, p. 1343-1345, 1967.
- KOSIKOWSKI, F.V. Nutritional beverages from acid whey powder. *J. Dairy Sci.*, v. 51, n. 8, p. 1299-1301, 1968.
- KOSIKOWSKI, F.V. A New type acid whey concentrate product derived from ultrafiltration. *J. Dairy Sci.*, v. 58, n. 5, p. 792, 1975. (abstr.).
- KOSIKOWSKI, F.V.; WZOREK, W. Whey wine from concentrates of reconstituted acid whey powder. *J. Dairy Sci.*, v. 60, n. 12, p. 1982-1986, 1977.
- KOSIKOWSKI, F.V. Whey utilization and whey products. *J. Dairy Sci.*, v. 62, n. 7, p. 1149-1160, 1979.
- KUO, K.; CHERYAN, M. Ultrafiltration of acid whey in a Spiral-wound unit: effect of operating parameters on membrane fouling. *J. Food Sci.*, v. 48, n. 4, p. 1113-1118, 1983.
- KUWATA, T.; PHAM, A.M.; MA, C.Y.; NAKAI, S. Elimination of Beta lactoglobulin from whey to simulate human milk protein. *J. Food Sci.*, v. 50, n. 3, p. 605-609, 1985.
- LEE, D.N.; MERSON, R.L. Examination of cottage cheese whey proteins by scanning electron microscopy: relationship to membrane fouling during ultrafiltration. *J. Dairy Sci.*, v. 58, n. 10, p. 1423-1432, 1975.
- LIAO, S.Y.; MANGINO, M.E. Characterization of the composition, physicochemical and functional properties of acid whey protein concentrates. *J. Food Sci.*, v. 52, n. 4, p. 1033-1037, 1987.
- LIM, T.H.; DUNKLEY, W.L.; MERSON, R.L. Role of protein in reverse osmosis of cottage cheese whey. *J. Dairy Sci.*, v. 54, n. 3, p. 306-311, 1971.
- LOEWENSTEIN, M.; REDDY, M.B.; WHITE, C.H.; SPECK, S.J.; LUNSFORD, T.A. Utilization of cottage cheese whey fractions and/or derivatives in ice cream. *J. Dairy Sci.*, v. 58, n. 5, p. 799, 1975. (abstr.).
- LYNCH, G.P.; McDONOUGH, F.E.; ROUGH, D.K.; SMITH, D.F.; GORDON, C.H. Growth and carcass evaluation of holstein steers fed liquid acid whey. *J. Dairy Sci.*, v. 58, n. 11, p. 1688-1694, 1975.
- MAGINO, M.E.; HUFFMAN, L.M.; REGESTER, G.O. Changes in the hydrophobicity and functionality of whey during the processing of whey protein concentrates. *J. Food Sci.*, v. 53, n. 6, p. 1684-1693, 1988.
- MANN, E.J. Whey utilization - Part 1. *Dairy Industries International*, v. 40, n. 12, p. 487-488, 1975.
- MANN, E.J. Whey utilization - Part 2. *Dairy Industries International*, v. 41, n. 1, p. 21-22, 1976.
- MANN, E.J. Whey utilization - Part 3. *Dairy Industries International*, v. 41, n. 2, p. 50-51, 1976a.
- MARTINEZ, S.B.; SPECKMAN, R.A. Beta-galactosidase treatment of frozen dairy product mixes containing whey. *J. Dairy Sci.*, v. 71, n. 4, p. 893-900, 1988.
- MATHUR, B.N.; SHAHANI, K.M. Use of total whey constituents for human food. *J. Dairy Sci.*, v. 62, n. 1, p. 99-105, 1979.
- MAVROPOULOU, I.P.; KOSIKOWSKI, F.V. Composition, solubility, and stability of whey powders. *J. Dairy Sci.*, v. 56, n. 9, p. 1128-1134, 1973.
- McCULLOUGH, M.E.; NEVILLE Jr., W.E.; MONSON, W.J. Ammoniated whey as an ingredient in complete livestock rations. *Feedstuffs*, v. 17, n. 50, p. 27, 1972.
- McDERMOTT, R.L. Functionality of dairy ingredients in infant formula and nutritional specialty products. *Food Technology*, v. 41, n. 10, p. 91-103, 1987.
- McDONOUGH, F.E.; MATTINGLY, W.A.; VESTAL, J.H. Protein concentrates from cheese whey by ultrafiltration. *J. Dairy Sci.*, v. 54, n. 10, p. 1406-1409, 1971.
- McDONOUGH, F.E.; HARGROVE, R.E.; MATTINGLY, W.A.; POSATI, L.P.; ALFORD, J.A. Composition and properties of whey protein concentrates from ultrafiltration. *J. Dairy Sci.*, v. 57, n. 12, p. 1438-1443, 1974.
- MENGE, H.; COMBS, G.F.; HSU, P.T.; SHORB, M.S. Unidentified growth factors required by chicks and poults. *Poult Sci.*, v. 31, p. 237, 1952.

- MODLER, H.W.; EMMONS, D.B. Properties of whey protein concentrate prepared by heating under acidic conditions. *J. Dairy Sci.*, v. 60, n. 2, p. 177-184, 1977.
- MODLER, H.W.; MULLER, P.G.; ELLIOT, J.T.; EMMONS, D.B. Economics and technical aspects of feeding whey to livestock. *J. Dairy Sci.*, v. 63, n. 5, p. 838-855, 1980.
- MODLER, H.W.; JONES, J.D. Selected processes to improve the functionality of dairy ingredients. *Food Technology*, v. 41, n. 10, p. 144-117, 1987.
- MOHLER, M.R.; HUGUNIN, A.G.; EBER, K. Whey-based nonfat milk replacers in light chocolate-flavored compound coatings. *Food Technology*, v. 35, n. 6, p. 79-81, 1981.
- MORR, C.V.; SWENSON, P.E.; RICHTER, R.L. Functional characteristics of whey protein concentrates. *J. Food Sci.*, v. 38, p. 324-330, 1973.
- MORR, C.V. Whey protein concentrates: an update. *Food technology*, v. 30, n. 3, p. 18, 19, 22 e 42, 1976.
- MORRIL, J.L.; MELTON, S.L.; DAYTON, A.D.; GUY, E.J.; PALLANSCH, M.J. Evaluation of milk replacers containing a soy protein concentrate and high whey. *J. Dairy Sci.*, v. 54, n. 7, p. 1060-1063, 1971.
- MULLER, L.L.; HARPER, W.J. Effect on membrane processing of pretreatment of whey. *J. Agric. Food Chem.*, v. 27, p. 662, 1979.
- MULVIHILL, D.M.; KINSELLA, J.E. Gelation characteristics of whey proteins and Beta lactoglobulin. *Food technology*, v. 41, n. 9, p. 102-111, 1987.
- NICKERSON, T.A. Use of milk derivative, lactose, in other foods. *J. Dairy Sci.*, v. 59, n. 3, p. 581-587, 1976.
- NICKERSON, T.A. Why use lactose and its derivatives in food? *Food technology*, v. 32, n. 1, p. 40-46, 1978.
- NICHOLS, J.A.; MORR, C.V. Spherosil-s ion exchange process for preparing whey protein concentrate. *J. Food Sci.*, v. 50, p. 610, 1985.
- NIELSEN, V.H. New uses for whey. *Amer. Dairy Rev.*, v. 34, n. 8, p. 42-45, 1972.
- NIELSEN, V.H. What, exactly, is whey? *Amer. Dairy Rev.*, v. 36, n. 9, p. 68-71, 1974.
- NIELSEN, V.H. Whey utilization. *Amer. Dairy Rev.*, v. 38, p. 56, 1976.
- NIELSEN, V.H. Use of whey solids in cultured milk products. *Culture dairy products journal*, p.12-13, 1976a.
- NOLLER, C.H.; HUFFMAN, C.F.; WARD, G.M. & DUNCAN, C.W. Dried whey and lactose as supplements to a vegetable milk replacer. *J. Dairy Sci.*, v. 39, n. 7, p. 992-997, 1956.
- OPDAHL, L.J.; BAER, R.J. Composition and consumer acceptance of frozen yogurts utilizing whey protein concentrates. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 12, p. 4151-4163, 1991.
- ORR, D.E.; TUMASANG, P.; HITCHCOCK, J.P.; ULLREY, D.E.; MILLER, E.R. Level of dried whey in early weaning rations. *J. Anim. Sci.*, v. 35, p. 1109, 1972. (abstr).
- PARSONS, J.G.; DYBING, S.T.; CODER, D.S.; SPURGEON, K.R.; SEAS, S.W. Acceptability of Ice cream made with processed wheys and sodium caseinate. *J. Dairy Sci.*, v. 68, n. 11, p. 2880-2885, 1985.
- PATEL, A.; HARPER, W.J.; HUFF, J.F. Effect of process variables on whey concentration by reverse osmosis. *J. Dairy Sci.*, v. 58, n. 5, p. 799, 1975. (abstr.).
- PATEL, P.C.; MERSON, R.L. Ultrafiltration of cottage cheese whey: influence of whey constituents on membrane performance. *J. Food Sci. Technol.*, v. 15, n. 2, p. 56, 1978.
- PATEL, M.T.; KILARA, A.; HUFFMAN, L.M.; HEWITT, S.A.; HOULIHAN, A.V. Studies on whey protein concentrates. 1. Compositional and thermal properties. *J. Dairy Sci.*, v. 73, n. 6, p. 1439-1449, 1990.
- PAULSON, D.J.; WILSON, R.L.; SPATZ, D.D. Crossflow membrane technology and its applications. *Food Technology*, v. 38, n. 12, p. 77-87, 1984.
- PELLEGRINO, A.M.Q.; PETENATE, A.M. Precipitação de proteínas do soro de queijo com amido. *Ciênc. e tecnol. aliment.*, v. 8, n. 1, p. 97-114, 1988.
- PELTONEN-SHALABY, R.; MANGINO, M.E. Compositional factors that affect the emulsifying and foaming properties of whey protein concentrates. *J. Food Sci.*, v. 51, n. 1, p. 91-95, 1986.
- PERI, C.; DUNKLEY, W.L. Reverse osmosis of cottage cheese whey. 1. Influence of composition of the feed. *J. Food Sci.*, v. 36, p. 25, 1971.
- PINCHASOV, Y.; HASDAI, A.; GORDIN, S.; KATZNELSON, D.; VOLCANI, R. Performance of High-yielding dairy cows feed liquid whey. *J. Dairy Sci.*, v. 65, n. 1, p. 28-36, 1982.
- REED JUNIOR, J.R.; ATKINSON, R.L.; COUCH, J.R. Dried whey as a source of unidentified factors for the growing chicks. *J. Nutr.*, v. 43, p. 501, 1951.
- RENZ-SCHAVEN, A.; RENNEN, E. Fortification of nondairy foods with dairy ingredients. *Food Technology*, v. 41, n. 1, p. 122-127, 1987.
- ROBINSON, R.K. Some aspects of the utilization of whey. *Dairy Industries International*, p. 14-20, 1978.
- ROBINSON, R.K. *Modern Dairy Technology*. London, 1986, v. 1, 438p.
- ROSSER, R.A.; POLAN, C.E.; CHANDLER, P.T.; BIBB, T.L. Effects of whey components and methionine analog on bovine milk fat production. *J. Dairy Sci.*, v. 54, n. 12, p. 1807-1816, 1971.
- SATTERLEE, L.D. Proteins for use in foods. *Food Technology*, v. 35, n. 6, p. 53-70, 1981.
- SHAHANI, K.M.; MATHUR, B.N.; KILARA, A. Utilization of whey as a human food. *Culture dairy products Journal*, v. 13, n. 2, p. 7-12, 1978.
- SHETH, H.; JELEN, P.; SHAH, N. Lactose hydrolysis in ultrafiltration-treated cottage cheese whey with various whey protein concentrations. *J. Food. Sci.*, v. 53, n. 3, p. 746-748, 1988.

- SCHINGOETHE, D.J.; STAKE, P.E.; OWENS, M.J. Whey components in restricted-roughage rations, milk composition, and rumen volatile fatty acids. *J. Dairy Sci.*, v. 56, n. 7, p. 909-914, 1973.
- SCHINGOETHE, D.J.; BEARDSLEY, G.L. Feeding value of corn silage containing added urea and dried whey. *J. Dairy Sci.*, v. 58, n. 2, p. 196-201, 1975.
- SCHINGOETHE, D.J.; LUDENS, F.; TUCKER, W.L.; DASH, S.K. Evaluation of dried whey in concentrate mixtures for lactating Dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 59, n. 8, p. 1466-1470, 1976.
- SCHINGOETHE, D.J. Whey utilization in animal feeding: a summary and evaluation. *J. Dairy Sci.*, v. 59, n. 3, p. 556-570, 1976.
- SCHINGOETHE, D.J.; ROOK, J.A. Ration digestibility and mineral Balance in lactating cows fed rations containing dried whey. *J. Dairy Sci.*, v. 59, n. 5, p. 992-996, 1976.
- SCHINGOETHE, D.J.; SKYBERG, E.W.; BAILEY, R.M. Digestibility, mineral balance, and rumen fermentation by steers of rations containing large amounts of lactose or dried whey. *J. Dairy Sci.*, v. 63, n. 5, p. 762-774, 1980.
- SCHINGOETHE, D.J.; SKYBERG, E.W. Lactational response to dried whey in concentrate mixture fed to dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 64, n. 1, p. 135-139, 1981.
- SCHINGOETHE, D.J.; SKYBERG, E.W. Lactation and growth of Dairy cows and steers from large amounts of dried whey. *J. Dairy Sci.*, v. 64, n. 7, p. 1571-1578, 1981a.
- SCHINGOETHE, D.J.; STEWART, G.D.; LUDENS, F.C. Dried whey fat blend product as a feed for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 66, n. 12, p. 2215-2520, 1983.
- SHORT, J.L.; DOUGHTY, R.K. An evaluation of modules and membranes for the concentration of cheddar cheese whey by reverse osmosis. *New Zealand J. Dairy Technol.*, v. 11, p. 237, 1976.
- SHORT, J.L.; HUGHES, I.R. The concentration of separated milk by reverse osmosis. *New Zealand J. Dairy Sci. Technol.*, v. 13, p. 114, 1978.
- SKUDDER, P.J.; GLOVER, F.A.; GREEN, M.L. An examination of the factors affecting the reverse osmosis of milk with special reference to deposit formation. *J. Dairy Res.*, v. 44, p. 293, 1977.
- SPANGLER, P.L.; AMUNDSON, C.H. Concentration of milk and whey using composite, spiral wound, reverse osmosis membranes. *J. Dairy Sci.*, v. 69, n. 6, p. 1498-1509, 1986.
- SPURGEON, K.R. Uses of whey in confectionery, dairy, and other foods. *Cultured dairy products journal*, p. 8-13, 1976.
- STERNBERG, M.; CHIANG, J.P.; EBERTS, N.J. Cheese whey proteins isolated with polyacrylic acid. *J. Dairy Sci.*, v. 59, n. 6, p. 1043-1050, 1976.
- THOMPSON, L.U.; RENIERS, D.J.; BAKER, L.M. Succinylated whey protein concentrates in meat patties and wieners. *J. Dairy Sci.*, v. 65, n. 9, p. 1715-1721, 1982.
- THOMPSON, L.U.; RENIERS, D.J.; BAKER, L.M.; SIU, M. Succinylated whey protein concentrates in Ice cream and Instant puddings. *J. Dairy Sci.*, v. 66, n. 8, p. 1630-1637, 1983.
- TOLEDO, R.T. Improving fermentation productivity with reverse osmosis. *Food Technology*, v. 38, n. 12, p. 92-96, 1984.
- TONG, P.S.; BARBANO, D.M.; JORDAN, W.K. Permeate flux during ultrafiltration of whey: influence of milk coagulant used for cheese manufacture. *J. Dairy Sci.*, v. 71, n. 9, p. 2342-2348, 1988.
- TONG, P.S.; BARBANO, D.M.; JORDAN, W.K. Characterization of proteinaceous membrane foulants from whey ultrafiltration. *J. Dairy Sci.*, v. 72, n. 6, p. 1435-1442, 1989.
- TOUCHBURN, S.P.; CHAMBERLIN, V.D.; NABER, E.C. Unidentified factors in turkey nutrition affecting hatchability and progeny growth. *Poult. Sci.*, v. 51, p. 96, 1972.
- TURGEON, S.L.; GAUTHIER. Whey peptide fractions obtained with a two-step ultrafiltration process: production and characterization. *J. Food Sci.*, v. 55, n. 1, p. 106-110, 1990.
- VAN DEN HOVEN, M. Functionality of dairy ingredients in meat products. *Food Technology*, v. 41, n. 10, p. 72-77, 1987.
- VOLCANI, R.; BEN-ASHER, A. Growth response of pail-fed heifers to an all-whey milk replacer. *J. Dairy Sci.*, v. 57, n. 5, p. 567-575, 1974.
- VOLCANI, R.; GORDIN, S.; NITSAN, Z. High-in whey milk replacers for bull calves. *Feedstuffs*, v. 47, n. 13, p. 21, 1974.
- YAMAUCHI, K.; SHIMIZU, M.; KAMIYA, T. Emulsifying properties of whey protein. *J. Food Sci.*, v. 45, n. 5, p. 1237-1242, 1980.
- WALLACE, H.D.; LOOSLI, J.K.; TURK, K.L. Substitutes for fluid milk in feeding dairy calves. *J. Dairy Sci.*, v. 34, n. 3, p. 256-264, 1951.
- WEBB, B.H.; JOHNSON, A.H.; AL FORD, J.A. *Fundamentals of Dairy Chemistry*. 2. ed. Local: The avi publishing, 1980. 929p.
- WEISBERG, S.M.; GOLDSMITH, H.I. Solution to pollution control by utilization of "waste". Here's one... Whey for foods & feeds. *Food Technology*, v. 23, n. 2, p. 52-56, 1969.
- WELCH, J.G.; NILSON, K.M. Feeding liquid whey to dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 56, p. 681, 1973. (abstr.).
- WELCH, J.G.; NILSON, K.M.; SMITH, A.M. Acceptability of whey concentrate mixtures for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 57, p. 634, 1974. (Abstr.).
- WEST, S.I. What does the food industry require of dairy ingredients? *J. Soc. Dairy Technol.*, v. 37, n. 4, p. 117-119, 1984.
- WINGERD, W.H. Lactalbumin as a food ingredient. *J. Dairy Sci.*, v. 54, n. 8, p. 1234-1236, 1971.
- WOMACK, M.; VAUGHAN, D.A. Whey and whey products as cereal supplements. *J. Dairy Sci.*, v. 55, n. 8, p. 1081-1084, 1972.
- WOODS, W.; BURROUGHS, W. Effect of whey and lactose in beef cattle rations. *J. Dairy Sci.*, v. 45, n. 12, p. 1539-1541, 1962.

WORKING GROUP ON DAIRY INDUSTRY DEVELOPMENT OF
THE FAO/INDUSTRY COOPERATIVE PROGRAMME. *Whey*
- an important potential protein source. *Monthly Bulletin*
Agricultural Economics Statics, v. 23, n. 4, p. 12-19, 1974.

ZADOW, J.D. *Whey utilization*. *CSIRO Fd. Res.* Q. 43. p. 12-21,
1983.

Recebido para publicação em 19/3/1993
