



Hinc patriam sustinet

**Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa**

CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA E DE GORDURA DE DIFERENTES CONCENTRADOS PROTEICOS USADOS EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIFICADOS

Ana Sofia Antunes Cristas

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Alimentar – Qualidade e Segurança Alimentar

Orientador: Doutora Teresa de Jesus Silva Matos

Júri:

Presidente: Doutora Isabel Maria Nunes de Sousa, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: - Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Doutora Teresa de Jesus da Silva Matos, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Doutor Victor Manuel Delgado Alves, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

- Licenciada Amélia Oliveira, na qualidade de especialista.

Lisboa, 2012

Agradecimentos

À Nobre, por me ter recebido como estagiária e me fornecer os recursos necessários à realização deste trabalho.

À Eng.^a Amélia Oliveira, minha orientadora na Nobre, que me acompanhou durante todo o processo e esteve sempre presente nos momentos de decisão.

Ao Eng.^o Luís Raimundo que me ajudou com a sua experiência, e espírito crítico, indicando-me o caminho a seguir.

À professora Teresa Matos, minha orientadora, que despertou em mim o gosto pela tecnologia de carnes, pelo seu conhecimento, experiência, entusiasmo, disponibilidade e exigência.

Aos professores Luísa Louro, Isabel Sousa e Pedro Louro por partilharem comigo a sua experiência e darem a sua opinião sobre o trabalho.

Aos meus colegas da planta piloto, Marco Patrocínio e Verónica Gregório, que me mostraram os “cantos à casa”, me deram a assistência necessária e alguns bons conselhos de métodos de trabalho para além de suportarem estoicamente o ruído que fiz diariamente com a *cutter*.

A todas as pessoas fantásticas que conheci na Nobre e com quem tive o prazer de trabalhar. Sem dúvida o bom ambiente de trabalho que presenciei, a simpatia com que todos me receberam e a boa disposição de manhã à noite tornaram os meses de estágio muito agradáveis.

Aos meus pais, José Manuel Cristas e Almerinda Antunes, que desde sempre se esforçaram para me darem as condições necessárias para que eu pudesse estudar e atingir os meus objectivos. Eles que sempre me apoiaram, aconselharam e acarinharam. Um especial agradecimento à minha mãe, que é bem mais do que mãe e tantas e tantas vezes se esqueceu dela para que eu estivesse bem.

Ao meu namorado, Tiago Flores, por todo o amor, carinho, apoio e, sobretudo, compreensão demonstrados em todos os momentos. Por me mostrar o mundo de uma nova perspectiva e me dar todos os dias razões para trazer um sorriso no rosto.

Muito obrigada a todos!

Resumo

Este trabalho visou determinar a funcionalidade, ao nível da capacidade de retenção de água e de gordura (CRA e CRG), e a relação custo/benefício de sete proteínas usadas em produtos cárneos emulsificados, seguindo um método interno da indústria. Estes dados permitirão comparar proteínas de diferentes fornecedores alternativos.

Como indicador de CRA testaram-se várias formulações proteína:água. Considerou-se como óptimo a maior proporção em que ainda se observava um comportamento gel. Para determinar a CRG, testaram-se várias proporções proteína:gordura:água, utilizando a proporção proteína:água óptima e toucinho como gordura. A proporção óptima foi a maior cuja percentagem de libertação de gordura não ultrapassava 1%.

A proteína de soro de leite apresentou a melhor CRA e o caseinato de sódio a melhor CRG.

A proteína de colagénio não apresentou qualquer capacidade de retenção por ser uma proteína hidrolisada enzimaticamente.

Os concentrados de soja (funcional, não-funcional e dispersível) apresentaram a melhor relação custo/benefício dado o baixo preço.

A proteína de plasma e colagénio já era apontada como possível alternativa à proteína de soro de leite e, no decorrer do estudo, apresentou melhor relação custo/benefício que esta. No entanto, é necessário proceder a estudos de produto para validar a equivalência funcional e a rentabilidade da alteração.

Palavras-chave: Proteínas de soja, Proteínas lácteas, Proteínas derivadas da carne, Emulsão, Capacidade de retenção, Relação custo/benefício

Abstract

The aim of this study was to determine the functionality, regarding water and fat holding capacity (WHC and FHC), and the cost-effectiveness of seven proteins used in meat emulsions, following an internal industrial procedure. This data will allow the proteins from different alternative suppliers to be compared.

As an indicator of WHC several ratios protein:water were tested. The greater ratio in which a gel behavior was still observed was assumed as optimum. To determine FHC several experiments with different protein:fat:water ratios were conducted, using the optimum protein:water ratio and pork backfat. The optimum ratio was the one for which the fat loss was less than or equal to 1%.

Whey protein exhibit the highest WHC and sodium caseinate exhibit the highest FHC.

Pork collagen did not show any holding capacity since this was an enzymatically hydrolyzed protein.

Soy protein concentrates (functional, non-functional and dispersible) showed the best cost-effectiveness due to their low price.

Plasma and collagen protein was already pointed out as possible substitute for whey protein and, during this study, revealed a better cost-effectiveness. However, it is necessary to proceed with pilot scale product tests to validate this formula change functional equity and profitability.

Keywords: Soy protein, Dairy protein, Meat-derived protein, Emulsion, Holding capacity, Cost-effectiveness

Extended Abstract

The aim of this study was to determine the functionality, regarding water and fat holding capacity (WHC and FHC), and the cost-effectiveness of seven proteins used in meat emulsions, following an internal industrial procedure. This data will allow the proteins from different alternative suppliers to be compared.

In the absence of standard methods for these determinations, an internal industrial procedure was followed. This procedure intended to simulate the operations of the meat emulsions production, like emulsification on cutter and heat treatment.

Several protein gels were prepared with different ratios protein:water as an indicator of WHC. Water optimum was defined as the greater ratio for which a gel behavior was still observed, without breakage or run-off after peeling. Several emulsions formulated with pork back fat and different ratios protein:fat:water, containing the optimum protein:water ratio, were then prepared to determine FHC. Optimum fat ratio was defined as the one for which the fat loss was less than or equal to 1%.

Whey protein exhibit the highest WHC and sodium caseinate exhibit the highest FHC.

Pork collagen didn't show any holding capacity since this was an enzymatically hydrolyzed protein with poor gelling capacity.

Although the WHC and FHC of soy protein concentrates (functional, non-functional and dispersible) was not very high, they showed the best cost-effectiveness due to their low price that compensates a higher level of addition to achieve the same effect.

Before this study, pork collagen protein and plasma and collagen protein were already pointed out as whey protein substitutes. At the end, pork collagen was ruled out as it did not show the required functionality. Plasma and collagen protein achieved a slightly better cost-effectiveness than whey protein, so further research on this protein can go on with pilot scale product studies to validate the functional equity and profitability of this formula change and confirm if there are not significant differences on sensory analysis.

Data recovered on this study can also be helpful to other meat products that require water and fat holding capacity during processing and shelf-life.

Índice

1. Revisão bibliográfica	1
1.1. Emulsões	1
1.1.1. Emulsões cárneas.....	2
1.1.2. Estabilidade das emulsões cárneas	3
1.2. Capacidade de retenção de água e de gordura.....	5
1.3. Proteínas exteriores	6
1.3.1. Proteínas de origem vegetal.....	7
1.3.1.1. Proteínas de soja.....	7
1.3.2. Proteínas de origem animal.....	11
1.3.2.1. Proteínas lácteas	11
1.3.2.2. Proteínas derivadas da carne	14
1.4. Objectivos	17
2. Materiais e métodos	18
2.1. Materiais e equipamentos	18
2.1.1. Equipamentos	18
2.1.2. Matérias-primas utilizadas.....	23
2.2. Determinação da capacidade de retenção de água	24
2.3. Determinação da capacidade de retenção de gordura	27
3. Resultados e discussão.....	31
3.1. Capacidade de retenção de água.....	31
3.2. Capacidade de retenção de gordura	35
3.3. Relação custo/funcionalidade.....	38
4. Conclusões	40
Referências bibliográficas	42

Índice de Figuras

Fig. 1 - Principais factores que afectam a estabilidade das emulsões cárneas na fase de emulsificação (Adaptado de Álvarez <i>et al.</i> , 2007).....	4
Fig. 2 - Esquema do processamento de proteínas de soja para obtenção de concentrados funcionais e não funcionais (tradicionais) (Adaptado de Egbert e Payne, 2009).....	10
Fig. 3 - Processos utilizados na produção de produtos proteicos lácteos (Wisconsin Center for Dairy Research e Wisconsin Milk Marketing Board, s/data).....	12
Fig. 4 - Picadora idêntica à utilizada e pormenores dos seus constituintes: A - cuba de alimentação; B - anel fixador; C - sem-fim propulsor; D - cabeça de fecho; E - disco perfurado; F - anel de facas; G - anel de pré-corte (Adaptado de Talsa, 2012)	21
Fig. 5 - Picadora de taça giratória com facas múltiplas rotativas ou <i>cutter</i> idêntica à utilizada e pormenor de rotação das facas e da taça (Adaptado de Talsa, 2012).....	21
Fig. 6 - <i>Scanalyser</i> (http://www.food-supply.dk/machine/view/34625).....	22
Fig. 7 - Clipsadora manual simples semelhante à utilizada (http://www.polyclip.com.br/maquinas-de-grampear-embalar.html)	22
Fig. 8 - Penetrómetro semelhante ao utilizado (http://dicionariodelvino.com/index.php/penetrometro/).....	22
Fig. 9 - Esquema do procedimento padrão para os ensaios de capacidade de retenção de água.....	29
Fig. 10 - Esquema do procedimento padrão para os ensaios de capacidade de retenção de gordura.....	30
Fig. 11 - Capacidade de retenção de água das proteínas exteriores estudadas.....	32
Fig. 12 – Percentagem de gordura libertada nos ensaios de capacidade de retenção de gordura de proteínas exteriores de origem vegetal. A gordura utilizada foi o toucinho. A proporção de água foi a encontrada através dos ensaios de capacidade de retenção de água. Resultados apresentados como média \pm desvio-padrão (n=5; ¹ n=4).	36
Fig. 13 - Percentagem de gordura libertada nos ensaios de capacidade de retenção de gordura de proteínas exteriores de origem animal. A gordura utilizada foi o toucinho. A proporção de água foi a encontrada através dos ensaios de capacidade de retenção de água. Resultados apresentados como média \pm desvio-padrão (n=5; ¹ n=4).	37
Fig. 14 - Capacidade de retenção de gordura das proteínas exteriores estudadas, numa emulsão contendo a proporção óptima de água encontrada através dos ensaios de capacidade de retenção de água.	37

Fig. 15 – Valores de dureza (resistência à penetração, gf) nos ensaios de capacidade de retenção de gordura de proteínas exteriores para as diferentes proporções proteína:gordura:água testadas. A gordura utilizada foi o toucinho. Resultados apresentados como média \pm desvio-padrão (n=15; ¹ n=12).38

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Proteínas lácteas e suas aplicações em produtos cárneos (Xiong, 2009). Nota: CP – Concentrados Proteicos; IP – Isolados Proteicos 12

Tabela 2 – Proporções proteína:água testadas para cada proteína exterior e quantidades dos componentes para um total de 12 kg de massa.....25

Tabela 3 - Proporções proteína:gordura:água testadas para cada proteína exterior e quantidades dos componentes para um total de 12 kg de massa.28

Tabela 4 – Efeito da variação da proporção de água na avaliação gel, dureza e aspecto das amostras dos ensaios de capacidade de retenção de água de proteínas exteriores vegetais. Resultados de dureza (resistência à penetração, gf) apresentados como média \pm desvio-padrão.....33

Tabela 5 - Efeito da variação da proporção de água na avaliação gel, dureza e aspecto das amostras dos ensaios de capacidade de retenção de água de proteínas exteriores de origem animal. Resultados de dureza (resistência à penetração, gf) apresentados como média \pm desvio-padrão.34

Tabela 6 - Valores de referência para a capacidade de retenção de água de proteínas de soja (Freitas, 2002).34

Tabela 7 - Valores de referência para a capacidade de retenção de gordura de proteínas de soja (Freitas, 2002).37

Tabela 8 - Quadro resumo da capacidade de retenção de água e de gordura das várias proteínas exteriores em estudo e classificação das mesmas com base na relação custo/funcionalidade (preço em €/kg de emulsão).....39

1. Revisão bibliográfica

Actualmente os consumidores procuram alimentos agradáveis, nutritivos, convenientes e com preços acessíveis o que pressiona a indústria alimentar a reduzir os seus custos de produção sem descurar a qualidade dos produtos.

Na tentativa de reduzir os custos de formulação de produtos cárneos emulsificados podem ser adicionados ingredientes não cárneos, como por exemplo concentrados ou isolados proteicos (comumente designados por proteínas exteriores), para substituir a carne e as propriedades funcionais e nutricionais das suas proteínas (Egbert e Payne, 2009; McGuire, 2009).

Nestes produtos emulsificados, a capacidade do produto reter água e gordura durante o processamento e após embalagem determina os rendimentos de produção, as características sensoriais do produto e a sua aceitação pelos consumidores (Sebranek, 2011). Assim, torna-se crucial estabelecer um equilíbrio entre a qualidade e quantidade das proteínas envolvidas na emulsão, a sua funcionalidade, valor nutricional e preço (Flores *et al.*, 2007).

1.1. Emulsões

Uma emulsão é uma dispersão coloidal formada por dois líquidos imiscíveis, em que um constitui a fase contínua ou dispersante e o outro a fase descontínua ou dispersa, conforme a definição apresentada por Becher (1965):

“Uma emulsão é um sistema heterogéneo que consiste em pelo menos um líquido imiscível intimamente disperso noutra sob a forma de gotas, cujo diâmetro, em geral, excede 0,1 μ m. Tais sistemas possuem uma estabilidade mínima, a qual pode ser acentuada por aditivos tais como agentes de superfície activa, sólidos finamente divididos, etc.”

Existem dois tipos básicos de emulsões. Designa-se por “água em óleo” ou W/O (do inglês *Water in Oil*) uma emulsão em que as gotas de água estão dispersas na fase de gordura, ao passo que uma emulsão em que as gotas de gordura estão dispersas na fase aquosa se dá a designação “óleo em água” ou O/W (do inglês *Oil in Water*). As emulsões alimentares são normalmente deste último tipo, o que também levou a alargar a definição de emulsões para englobar as combinações de líquidos e sólidos (Gaman e Sherrington, 1978).

Devido à imiscibilidade entre as duas fases, as emulsões são sistemas instáveis. Para estabilizar este sistema é preciso a presença de emulsionantes, agentes de superfície activa com zonas hidrofílicas e outras hidrofóbicas, que se concentram à superfície das gotas da

fase dispersa. Estes agentes baixam a tensão interfacial entre as duas fases imiscíveis o que facilita a expansão da superfície durante a formação da emulsão. Formam também uma membrana interfacial, carregada electricamente, que promove a homogeneidade do sistema e impede, através das repulsões electroestáticas, que as gotas se aproximem demasiado o que poderia propiciar a separação de fases (Phillip *et al.*, 1994). No caso das emulsões alimentares os agentes emulsionantes são frequentemente proteínas ou fosfolípidos.

Ainda como referido por Phillip *et al.* (1994), para a formação de uma emulsão em que os emulsionantes são proteínas, existem quatro etapas fundamentais:

- Movimentação das proteínas até à interface, que ocorre por convecção forçada originada pelas condições de agitação intensa;
- Desenrolamento das cadeias proteicas, para permitir que os grupos apolares se liguem à fase de gordura e os grupos polares à fase aquosa, diminuindo a energia livre do sistema;
- Adsorção das proteínas na interface, formando uma camada;
- Desenrolamento e rearranjo da camada proteica na interface para formar um filme contínuo.

Uma emulsão é um sistema metaestável pelo que a migração das moléculas não cessa quando se atingindo a situação de equilíbrio. O modo e a velocidade a que continuam os transportes de massa influenciam a estabilidade das emulsões ao longo do tempo (McClements, 1999).

Enquanto uma emulsão tipo é constituída por água, óleo e emulsionante, as emulsões alimentares, como as emulsões cárneas, possuem uma composição mais complexa que interfere com as suas propriedades físicas, químicas e sensoriais.

1.1.1. Emulsões cárneas

As emulsões cárneas são misturas finamente cominuídas em que a fase dispersa é a fase de gordura, que inclui mono, di e triacilgliceróis, ácidos gordos livres, esteróis e vitaminas lipossolúveis, e a fase contínua, composta por água e vários componentes hidrossolúveis. Por conter vários componentes sólidos e semi-sólidos (como fragmentos de fibras musculares, partículas de gordura e condimentos) uma emulsão cárnea partilha em simultâneo as características de uma emulsão e de uma suspensão (Gerhardt, 1980).

Os agentes emulsionantes naturais deste tipo de emulsões são as proteínas da carne designadamente as proteínas miofibrilares, constituintes do aparelho contráctil do músculo-esquelético, as proteínas sarcoplasmáticas, presentes no citoplasma da célula muscular e que englobam enzimas e a mioglobina, e as proteínas do tecido conjuntivo, presentes nos epi-, peri- e endomísio e que incluem o colagénio, a reticulina e a elastina. Para que estas

proteínas estejam disponíveis é necessário que ocorra a sua extracção ou solubilização que se dá por adição de sal no caso das proteínas miofibrilares e por adição de água no caso das proteínas sarcoplasmáticas. De todas as proteínas referidas a que parece ter maior importância na constituição das emulsões cárneas é a miosina, uma proteína miofibrilar (Pearson e Gillett, 1996).

Segundo Álvarez *et al.* (2007) uma das etapas mais importantes no fabrico de emulsões cárneas é a emulsificação na *cutter*¹, etapa em que as matérias-primas são finamente cominuídas o que permite fornecer a energia necessária para a dispersão da gordura de forma a obter uma emulsão homogénea. Durante este processo a temperatura aumenta o que faz decrescer a tensão interfacial, facilitando a redução de dimensões e aumentando rapidamente a área superficial das partículas de gordura. Assim, para obter uma emulsão cárnea estável é necessário que exista emulsionante em quantidade suficiente para rodear as partículas de gordura antes da etapa de cozedura.

1.1.2. Estabilidade das emulsões cárneas

Para assegurar uma boa cobertura das partículas da fase dispersa é necessário reduzir as dimensões da carne e da gordura, extrair e dispersar as proteínas miofibrilares e minimizar a desnaturação proteica durante a emulsificação. Para garantir estes requisitos é necessário controlar vários factores desta etapa conforme apresentado esquematicamente na figura 1.

Segundo (Baracco *et al.*, 1990) a estabilidade das emulsões cárneas depende ainda de outros factores como sejam:

- Diferença de densidade das fases – Uma maior proximidade entre a densidade das duas fases aumenta a estabilidade;

- Diâmetro das gotas – As partículas não devem ser muito grandes para não sedimentarem nem muito pequenas para não propiciar a coalescência;

- Viscosidade da fase contínua – Se a fase contínua for mais viscosa dificulta os movimentos das partículas de gordura, minimizando os fenómenos de coalescência;

- Tensão interfacial – A estabilidade é maior quando a tensão interfacial é menor.

Considera-se que qualquer tipo de emulsão é estável se o número, dimensão e posição das partículas da fase dispersa não sofrer alterações significativas ao longo do tempo de armazenamento. Para tal é necessário que a emulsão não sofra nenhum dos fenómenos físicos de instabilidade descritos de seguida (McClements, 1999):

- “Cremado” – Consiste na subida das gotas, por terem menor densidade que o líquido circundante;

¹ Picadora-misturadora de taça giratória e facas múltiplas rotativas (ver 2.1.1. Equipamentos).

–Sedimentação – Consiste na deposição das gotas quando estas apresentam maior densidade que o líquido envolvente;

–Floculação – Ocorre quando duas ou mais gotas formam um agregado, onde cada gota mantém a sua integridade individual;

–Coalescência – Ocorre quando duas ou mais gotas se fundem formando uma gota de maior dimensão. Em excesso pode originar a formação de uma camada no topo da emulsão;

–Inversão de fases – Consiste na conversão de uma emulsão o/w em w/o ou vice-versa.

Dependendo das características da emulsão cada um destes fenómenos pode ter maior ou menor expressão.

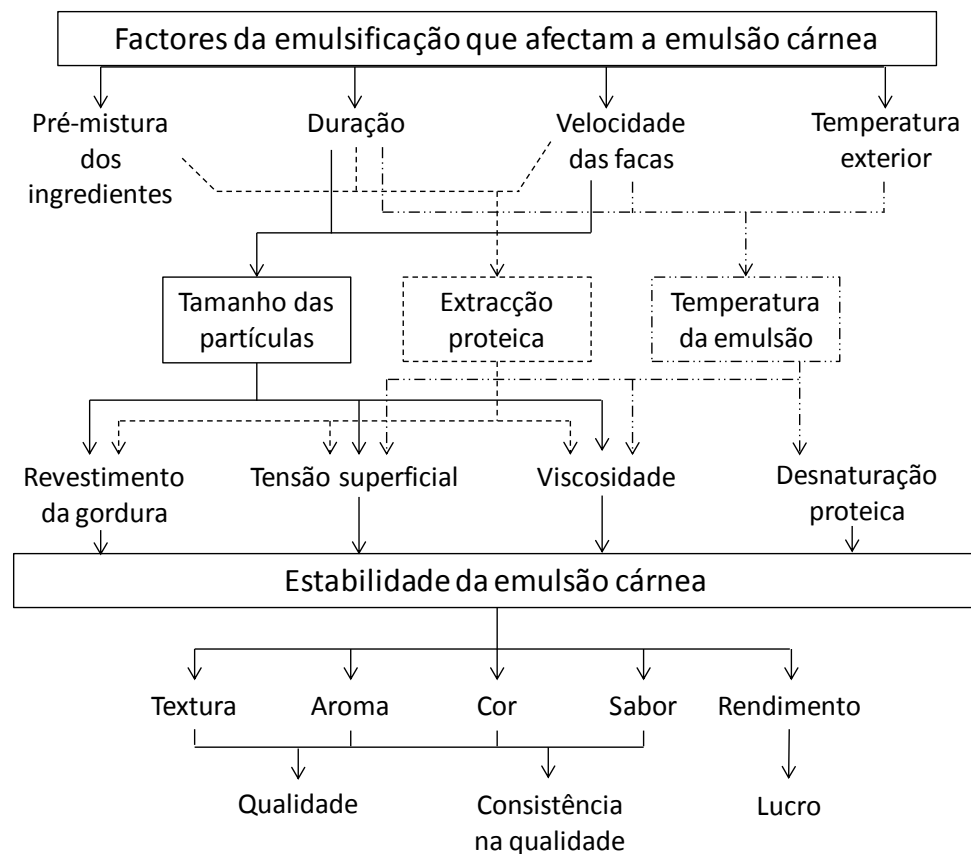


Fig. 1 - Principais factores que afectam a estabilidade das emulsões cárneas na fase de emulsificação (Adaptado de Álvarez *et al.*, 2007)

Durante a etapa de cozedura da emulsão cárnea dá-se a fusão e expansão da gordura, a gelatinização do colagénio e a desnaturação das proteínas miofibrilares, convertendo a emulsão numa matriz viscoelástica do tipo gel (Álvarez *et al.*, 2007). Se a emulsão não for estável a libertação de água e gordura durante a cozedura é maior. Este fenómeno reduz

tanto o rendimento como a qualidade do produto final, podendo levar em última análise à rejeição por parte do consumidor e a perdas económicas.

1.2. Capacidade de retenção de água e de gordura

Não existe um consenso sobre o significado exacto de vários conceitos relacionados com a ligação da água. No entanto, pode-se definir a capacidade de retenção de água das proteínas (CRA ou WHC do inglês *Water Holding Capacity*) como a capacidade de reter a sua própria água, assim como a água adicionada, durante a aplicação de forças externas (como gravidade, pressão ou centrifugação) ou durante e após aquecimento. No caso dos produtos cárneos, a CRA pode ser definida como a capacidade de absorver e reter água durante os tratamentos mecânicos (corte, moagem, cominuição ou enchimento), tratamento térmico, transporte e armazenagem (Zayas, 1997).

A capacidade de retenção de água da carne é uma propriedade fundamental nos produtos cárneos pela sua implicação na qualidade do produto final e nos rendimentos de produção. Minimizar as perdas de água é importante para ajudar a manter o sabor e a textura do produto, nomeadamente a tenrura e a suculência (Sebranek, 2011).

De igual forma, a capacidade de retenção de gordura (CRG) pode ser definida como a aptidão para reter gordura durante o processamento dos produtos cárneos (Zayas, 1997). A libertação de gordura está directamente associada à instabilidade das emulsões cárneas. Uma boa capacidade de retenção de gordura é importante para evitar a formação de bolsas de gordura que, para além de não serem agradáveis para o consumidor, podem propiciar fenómenos de degradação dos produtos.

Como já foi referido, as proteínas da carne são os principais intervenientes na formação da estrutura e estabilidade das emulsões cárneas. Uma carne com baixa CRA dá origem a produtos processados de qualidade inferior uma vez que, juntamente com a água, perdem-se proteínas solúveis como as sarcoplasmáticas, necessárias à formação da estrutura. A CRA da carne é afectada por vários factores que incluem a maneira como a carne foi manuseada (número de cortes e tamanho das peças de carne resultantes, orientação dos cortes face à orientação das células musculares, taxa de arrefecimento após abate, taxa de congelação e temperatura durante armazenagem) mas também o estado metabólico do animal antes do abate (o que pode ser influenciado por factores genéticos ou pela maneira como o animal foi tratado no pré-abate) (Huff-Lonergan, 2010). Nos produtos cominuídos a quantidade de água retida é também afectada pelo grau de redução de dimensões. Quando o grau de rompimento dos tecidos é maior ocorre maior extracção proteica, maior interacção água-proteína e maior retenção de água (Zayas, 1997).

A libertação de gordura de uma emulsão ocorre frequentemente em simultâneo com perdas de água devido à formação de canais durante o processo de cozedura pelos quais a água e a gordura fundida migram até à superfície do produto. Durante esta etapa do processamento dos produtos emulsificados a gordura começa a fundir antes da desnaturação proteica e está totalmente no estado líquido antes que se dê a formação da matriz gel. Por esta razão, é fundamental uma boa interacção interfacial entre os vários componentes da emulsão para estabilizar a gordura líquida até à completa consolidação da estrutura da emulsão, evitando-se a formação dos canais de movimentação de gordura. A CRG depende assim da película de emulsionante que cobre as partículas de gordura, da formação gel da matriz proteica e da integridade celular dos tecidos gordos utilizados. Por norma, uma emulsão em que as partículas de gordura são mais pequenas é mais estável porque permite uma melhor distribuição da gordura na massa. No entanto, se a quantidade de proteína disponível for baixa em relação à superfície específica de gordura formada, o filme interfacial proteico fica muito fino e tem maior tendência para romper com a expansão da gordura durante o tratamento térmico. Contudo, se a quantidade de proteína for excessiva e o filme proteico interfacial for muito espesso, este torna-se inflexível e tende a quebrar durante a cozedura (Esquivel, 2008).

No caso de produtos cárneos processados em que se adicionam proteínas exteriores para substituir em parte as proteínas da carne é importante determinar a sua funcionalidade ao nível da capacidade de reter água e gordura para garantir a consistência da qualidade do produto. Estas propriedades dependem de vários factores como por exemplo do balanço entre grupos hidrófilos e hidrofóbicos da estrutura proteica e a sua disponibilidade para interagir, do pH e força iónica do meio e do tipo de processamento utilizado na obtenção dos produtos proteicos (Zayas, 1997). O conhecimento destas propriedades permite escolher qual a proteína mais indicada e otimizar o seu uso enquanto isoladas ou em conjugação entre si (por exemplo juntar uma proteína com maior CRA com outra com maior CRG para obter o efeito desejado no produto final).

1.3. Proteínas exteriores

No fabrico de produtos cárneos é frequente a adição de proteínas não cárneas, também designadas como proteínas exteriores.

Estas proteínas são utilizadas pelas suas características e funcionalidades específicas como substitutos das matérias-primas cárneas, permitindo reduzir custos de produção e contornar o efeito da flutuação dos preços no mercado de carnes, mas também como elementos de ligação da água e da gordura adicionada, garantindo as características nutricionais e sensoriais dos produtos.

Existem dois grandes grupos de proteínas não cárneas que são adicionadas aos produtos cárneos: as proteínas de origem vegetal (como as proteínas de soja e de outras leguminosas, oleoginosas ou de grãos de cereais) e as proteínas de origem animal (como sejam as proteínas lácteas e as proteínas derivadas de carne).

A escolha entre a vasta oferta de proteínas existente depende do efeito desejado no produto, das características nutricionais, funcionais e sensoriais intrínsecas de cada proteína, da compatibilidade com os restantes ingredientes e do seu custo por quilograma de emulsão que representa a relação custo/benefício.

1.3.1. Proteínas de origem vegetal

As proteínas de origem vegetal podem ser usadas nos produtos cárneos processados para substituir as propriedades funcionais e nutricionais das proteínas do músculo. Dentre deste grupo de proteínas, pelo seu perfil nutricional, baixo custo e propriedades funcionais, as mais utilizadas são as derivadas dos grãos de soja (*Glycine max*) (Monteiro e Lopes da Silva, 2008). De facto, as proteínas de soja são aquelas que de todas as proteínas vegetais apresentam o valor nutricional para a alimentação humana mais elevado, sendo particularmente ricas no aminoácido lisina, que é o aminoácido limitante das dietas baseadas em proteínas vegetais, embora possuam menor teor do aminoácido metionina (Pearson, 1983).

1.3.1.1. Proteínas de soja

O elevado teor proteico dos grãos de soja e o seu alto valor nutricional, contendo todos os aminoácidos essenciais, fazem com que as proteínas de soja sejam as melhores proteínas vegetais para substituição de carne (National Soybean Research Laboratory, s/data; Pearson, 1983).

Os benefícios nutricionais das proteínas de soja comerciais incluem ainda (Solae, s/data; Pearson, 1983):

- Contém baixo teor de gordura saturada;
- São aceites pelos consumidores intolerantes à lactose ou alérgicos às proteínas lácteas;
- São indicadas como capazes de reduzir os níveis de colesterol;
- Podem ser incluídas em produtos destinados a uma dieta vegetariana.

No entanto, de acordo com a Directiva 2003/89/CE, a soja é um alérgénio que necessita de rotulagem específica.

As proteínas de soja apresentam também benefícios económicos em relação às proteínas animais, nomeadamente às proteínas lácteas, pois apresentam preços mais baixos e mais estáveis (Solae, s/data).

As suas aplicações nos alimentos visam aumentar o teor proteico e melhorar os produtos através das suas propriedades funcionais como viscosidade, solubilidade, capacidade gelificante, capacidade de emulsão, capacidade de retenção de água e de gordura, termoestabilidade e melhorador de textura e estrutura (Solae, s/data).

As proteínas de soja estão disponíveis no mercado sob variadas formas mas as mais comuns são concentrados, isolados e as proteínas texturizadas. A distinção entre concentrados e isolados prende-se com o seu teor proteico, por matéria seca, uma vez que os primeiros contêm no mínimo 65 a 70% de proteína enquanto os isolados contêm no mínimo 90% de proteína (Pearson, 1983; van Eys *et al.*, s/data).

Os concentrados proteicos de soja são definidos pela Association of American Feed Control Officials, Inc. (AAFCO) como:

"O concentrado proteico de soja é preparado a partir de sementes de soja de alta qualidade, sãs, limpas e descascadas, por remoção da maior parte do óleo e dos constituintes não proteicos solúveis em água e deve conter não menos do que 70% de proteína por matéria seca." (Berk, 1992)

Existem essencialmente três métodos usados na produção dos concentrados para proceder à extração dos compostos não proteicos, sem solubilizar a maior parte da fração proteica: a extração com álcool (normalmente etanol), a extração ácida (*water-washing* em inglês) e a extração com água após desnaturação pelo calor. Estes três métodos originam produtos com características diferentes a nível da coloração e da extensão da desnaturação proteica, com implicações na solubilidade. Apesar da baixa solubilidade proteica, os concentrados obtidos por lavagem com álcool retêm a maior parte das propriedades funcionais como viscosidade e poder emulsionante. Os concentrados proteicos de soja contêm ainda a maioria das fibras alimentares² da soja original o que pode constituir uma vantagem nutricional acrescida.

Também segundo a AAFCO os isolados proteicos de soja são definidos como:

"O isolado proteico de soja é a maior fracção proteica dos grãos de soja preparado a partir de grãos de soja descascados por remoção da maior parte dos constituintes não proteicos e deve conter não menos do que 90% de proteína por matéria seca" (Berk, 1992)

² A designação fibra alimentar engloba várias substâncias de origem vegetal que não são digeridas no sistema digestivo humano como a pectina, celulose, hemicelulose, gomas, mucilagens e outros polissacáridos. Este grupo de substâncias está relacionado com a redução do risco de várias doenças como cancro do cólon, prisão de ventre, colesterol e diabetes (IFST, 2007).

Os princípios básicos para obter isolados proteicos de soja incluem a solubilização das proteínas num meio aquoso, a separação da solução do resíduo sólido e por fim a precipitação das proteínas que são posteriormente submetidas a secagem. No processo convencional, o meio aquoso tem pH neutro ou ligeiramente alcalino, a precipitação ocorre por acidificação do meio até ao ponto isoelétrico das proteínas (pH 4,5) e a forma de secagem mais comum é o *spray-drying*³ para obter um pó fino. Este processo, por remoção da fracção glucídica solúvel e insolúvel, permite obter um produto que é praticamente só proteína e que apresenta menos problemas ao nível de *off flavors*⁴, colorações ou factores anti-nutricionais indesejáveis (como inibidores da tripsina ou ácido fítico).

As proteínas texturizadas têm um menor teor proteico (no mínimo 52%) uma vez que são frequentemente produzidas a partir de farinha de soja, pelo seu menor custo, e são utilizadas para substituir parcial ou totalmente as proteínas animais em alimentos como almôndegas em que a textura e a estrutura são fundamentais. O objetivo no fabrico destes produtos é a construção de uma estrutura fibrosa que dê a sensação de estar de facto a comer carne, ao nível do aspecto, elasticidade, tenrura e suculência que são aspetos característicos e diferenciadores da carne.

As proteínas texturizadas podem ser obtidas a partir de farinha, concentrado ou isolado de soja, normalmente através de um processo de extrusão termoplástica, embora possam ser utilizados outros processos como texturização por vapor ou um processo de “fiação” similar ao utilizado para a produção de fibras sintéticas na indústria têxtil. O processo de extrusão que obriga a que a massa proteica sobreaquecida atravesse um conjunto de pequenos orifícios, permite uma expansão rápida da massa após o orifício que origina a estrutura porosa que lhe permite imitar algumas das características sensoriais da carne.

O processamento apresentado para os produtos de soja acima referidos está de acordo com Berk (1992), Pearson (1983) e Lusas (s/data).

Concentrados funcionais, não funcionais e dispersíveis

As diferenças no processo de obtenção dos concentrados proteicos de soja podem ter grande impacto nas suas propriedades funcionais e é possível aplicar as designações

³ Método de desidratação que recorre à dispersão do fluido sob a forma de pequenas gotas, por acção de um atomizador, que são postas em contacto com uma corrente de ar quente o que origina a evaporação da água. As partículas desidratadas são posteriormente recolhidas por sistemas de separação como ciclones, filtros ou precipitadores electroestáticos (Patel *et al.*, 2009).

⁴ O termo *off flavors* aplica-se aos sabores/aromas indesejáveis e desagradáveis para o consumidor. No caso da soja são referidos o sabor metálico, amargo, a erva e a grãos (“*beany*”) (Kinney, 2003).

“concentrados funcionais”, “concentrados não funcionais” e “concentrados dispersíveis” a diferentes produtos.

A figura 2 representa esquematicamente alguns dos principais processos utilizados para a obtenção de produtos de soja, incluindo os concentrados proteicos, de acordo com Egbert e Payne (2009).

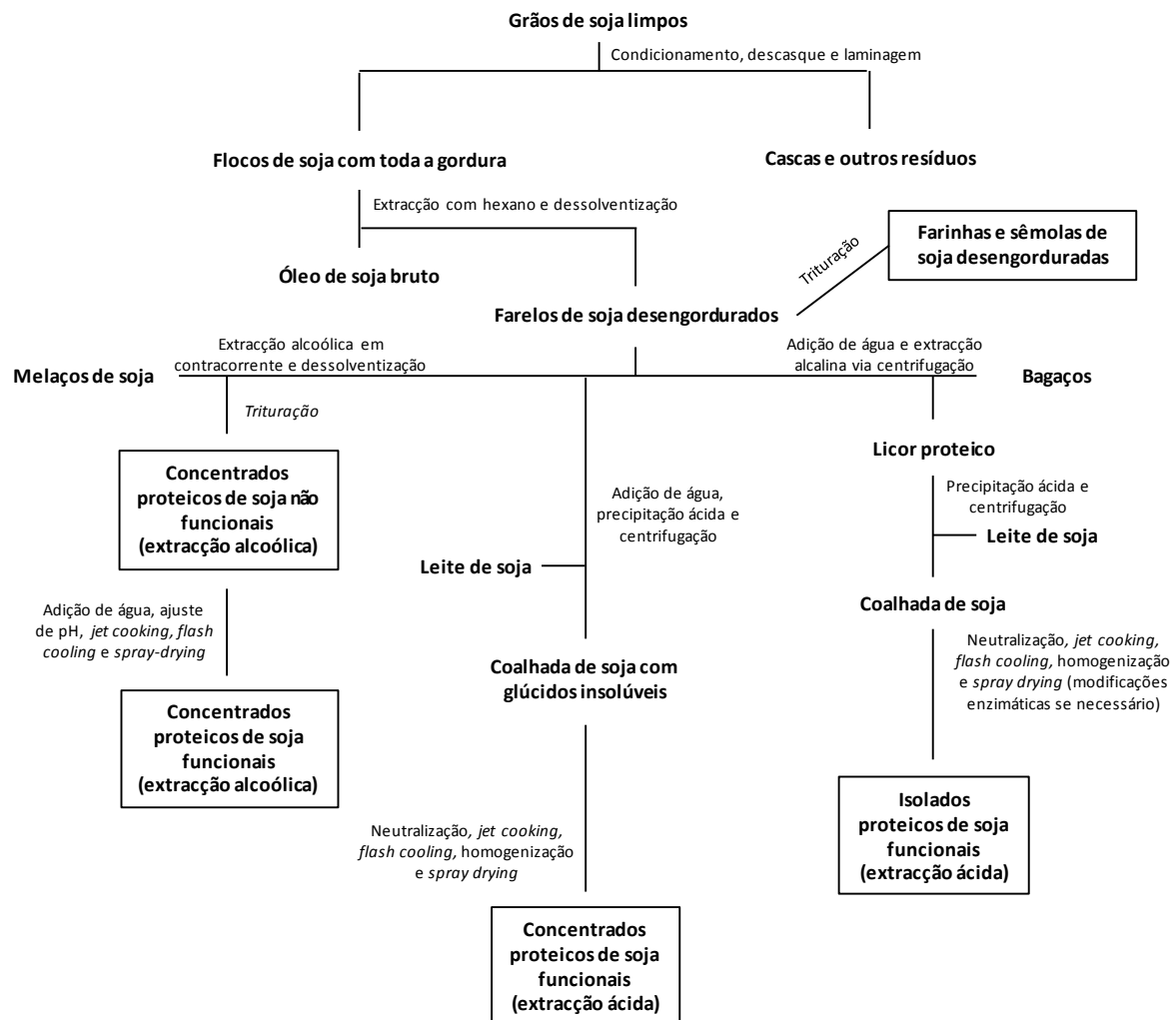


Fig. 2 - Esquema do processamento de proteínas de soja para obtenção de concentrados funcionais e não funcionais (tradicionais) (Adaptado de Egbert e Payne, 2009)

De acordo com estes autores os concentrados não funcionais são os concentrados tradicionais obtidos por extração com álcool (*traditional alcohol-washed soy protein concentrates*) que possuem capacidade de ligação à água mas têm pouca capacidade de ligação à gordura.

Os concentrados funcionais por sua vez podem ser produzidos por neutralização da coalhada obtida no processo de extração ácida (*water-washed functional soy protein concentrates*) ou por adição de água e ajuste de pH dos concentrados não funcionais/tradicionais (*alcohol-washed functional soy protein concentrates*). Em qualquer

dos casos seguem-se processos de *jet cooking*⁵, *flash cooling*⁶, homogeneização e *spray drying*. O processo de *jet cooking* permite aquecer instantaneamente o caudal por injeção de vapor sob pressão o que provoca a ruptura da matriz proteica existente. Seguidamente no processo de *flash cooling* o caudal aquecido sob pressão é colocado a baixa pressão, normalmente vácuo, o que permite reduzir rapidamente a temperatura e libertar compostos voláteis não desejáveis. Através destes processos, os concentrados funcionais apresentam melhores capacidades gelificantes e de retenção de água e de gordura.

A designação “concentrados dispersíveis” pode ser atribuída a concentrados funcionais que, pelo seu processamento, apresentam maior capacidade de dispersibilidade em água.

1.3.2. Proteínas de origem animal

1.3.2.1. Proteínas lácteas

As proteínas lácteas são também frequentemente utilizadas no processamento dos produtos cárneos. Estas são normalmente divididas em dois grupos, as caseínas e as proteínas do soro, que apresentam diferenças significativas a nível estrutural, químico e funcional. Estas proteínas podem ser usadas pela sua funcionalidade enquanto emulsificantes mas também pelas características sensoriais e nutricionais que podem dar ao produto. De facto, estas proteínas melhoram a retenção de água, a ligação da gordura e a textura de produtos cárneos cozidos (Xiong, 2009) e têm alto valor biológico fornecendo todos os aminoácidos essenciais (Anónimo, 2008). No entanto, enquanto produtos derivados do leite, estas proteínas são alergénios e necessitam de rotulagem específica de acordo com a Directiva 2003/89/CE.

São vários os produtos proteicos e seus derivados que podem ser obtidos a partir do leite através de diferentes processos (figura 3) e que podem ser adicionados às formulações dos produtos cárneos com diferentes funções (tabela 1). Por exemplo, as caseínas são bons emulsionantes enquanto as proteínas do soro são melhores para formar géis, espumas e para reter a água (McGuire, 2009).

⁵ Processo de aquecimento rápido de um fluido por injeção directa de vapor sob pressão e a alta velocidade no seio do caudal (ProSonix, s/data).

⁶ Também conhecido por arrefecimento a vácuo (*vacuum cooling*), conjuga arrefecimento rápido e concentração. Neste processo o fluido quente entra num câmara sob vácuo o que origina a libertação de vapor até se atingir o equilíbrio térmico. Este processo provoca a redução imediata da temperatura e a concentração de sólidos (EPCON, 2011).

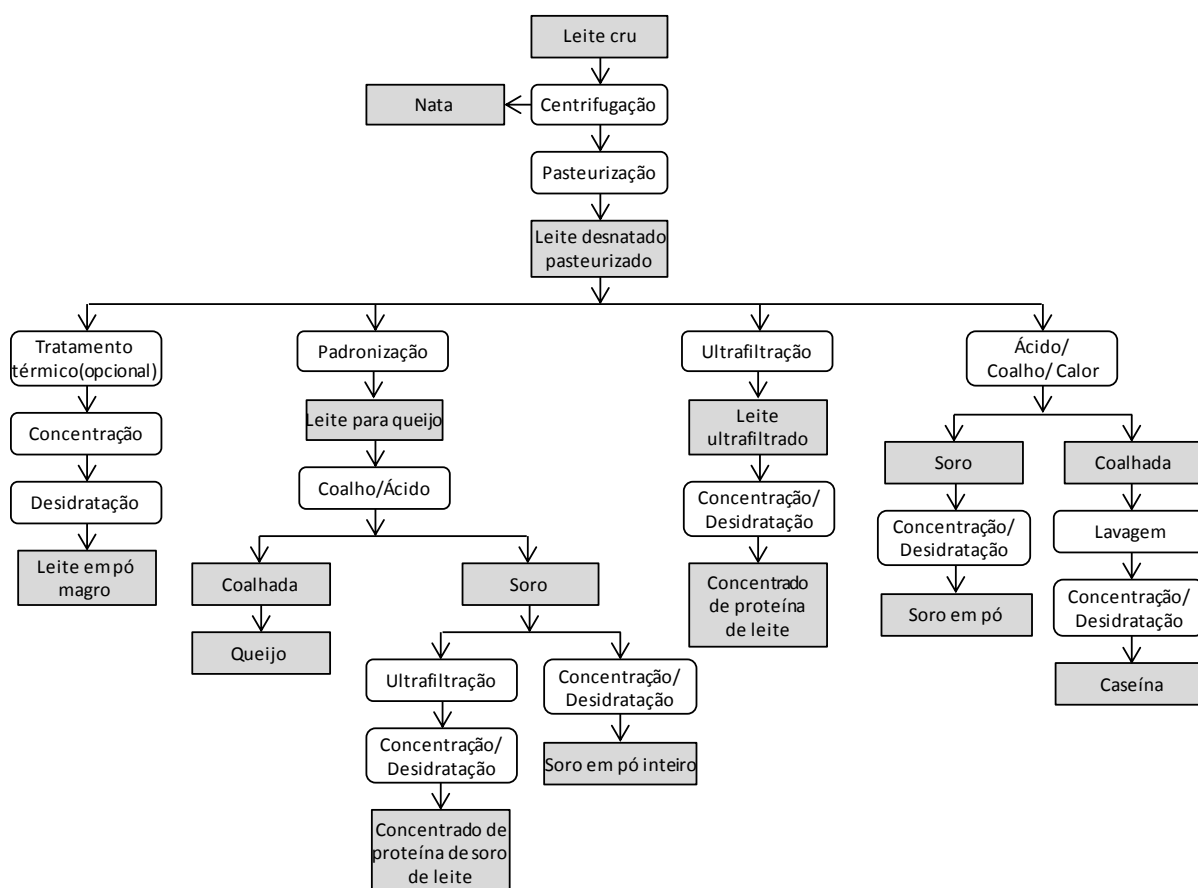


Fig. 3 - Processos utilizados na produção de produtos proteicos lácteos (Wisconsin Center for Dairy Research e Wisconsin Milk Marketing Board, s/data)

Tabela 1 - Proteínas lácteas e suas aplicações em produtos cárneos (Xiong, 2009). Nota: CP – Concentrados Proteicos; IP – Isolados Proteicos

Ingrediente	Propriedade funcional	Aplicação	Exemplo
Resíduo seco isento de matéria gorda	Texturização, aroma, emulsificação	Todos os produtos cárneos	Salsichas frescas (<i>Breakfast sausages</i>), salsichas tipo <i>frankfurt</i> , molhos de carne
Caseinato de sódio	Emulsificação, texturização, ligante da carne	Enchidos, emulsões cárneas	Salsichas frescas, salsichas tipo <i>frankfurt</i> , rolos de carne de peru
Caseinato parcialmente hidrolisado	Emulsificação, texturização, retenção de água	Enchidos, emulsões cárneas, molhos	Almôndegas de peixe e de porco, pastéis de carne, panados de frango
CP ou IP	Retenção de água, gelatinização, inibição da cor rosada	Carnes injectadas	Salsichas frescas, pastéis de carne de peru, fiambre
CP ou IP com tratamento térmico prévio	Gelatinização, texturização	Enchidos, emulsões cárneas	Salsichas frescas ou enchidos curados, fiambre
CP ou IP texturizados	Texturização, emulsificação	Enchidos, emulsões cárneas	Enchido / salsicha de carne de vaca, salsichas tipo <i>frankfurt</i>
IP parcialmente hidrolisado	Antioxidante	Todos os produtos cárneos	Pastéis de carne vaca ou porco pré-cozinhados

Proteínas do soro de leite

O soro de leite, e a conseqüente separação entre caseínas e proteínas do soro de leite, podem ser obtidos comumente por coagulação enzimática (por adição de quimosina ou cardo, no fabrico de queijo), precipitação ácida (por adição de ácidos até atingir o ponto isoelétrico das caseínas que, por destabilização da sua estrutura, precipitam) ou por ultrafiltração.

As proteínas do soro de leite representam cerca de 20% do teor proteico do leite e englobam entre outras a β -lactoglobulina, a α -lactoalbumina, a albumina sérica, imunoglobulinas e um conjunto de outros polipéptidos designado por proteose-peptona (Bottomley *et al.*, 1990). Estas proteínas são altamente solúveis e bastante hidrofílicas o que lhes confere boas características gelificantes e de retenção de água (Xiong, 2009).

Os concentrados e isolados proteicos de soro são alguns dos produtos que podem ser adicionados às formulações dos produtos cárneos. Os concentrados podem ter teores proteicos entre 35% e 80% enquanto os isolados têm um teor proteico superior a 90% (Pagno *et al.*, 2009).

Os concentrados apresentam alto valor nutricional, com uma taxa de eficiência proteica (aumento de peso em gramas \div proteína ingerida em gramas) de 3 a 3,2 e contêm aminoácidos essenciais, como lisina, triptofano, metionina e cisteína, em quantidades elevadas (Zayas, 1997).

Nem sempre as proteínas de soro de leite na sua forma nativa apresentam o comportamento desejado. Isto deve-se à sua temperatura de desnaturação (78 °C para a β -lactoglobulina) que é superior à temperatura de desnaturação das proteínas miofibrilares da carne (65 °C para a miosina) e às temperaturas empregues no processamento de produtos cárneos cominuídos (65-70 °C), o que não permite uma interacção plena entre as proteínas do músculo e as proteínas do soro (Xiong, 2009). Para ultrapassar este problema os processos de obtenção destes concentrados ou isolados proteicos podem incluir etapas que provoquem uma desnaturação parcial prévia das proteínas através de hidrólise enzimática ou tratamento térmico. Embora possuam boa retenção de água, os concentrados que contêm grande quantidade de proteínas na forma nativa podem piorar a textura dos produtos cominuídos. Pelo contrário, os concentrados proteicos parcialmente desnaturados melhoram a textura e a ligação entre componentes destes produtos, uma vez que se possibilita a interacção entre a miosina e a β -lactoglobulina parcialmente desnaturada e a formação de um gel com maior rigidez e força de ligação (Xiong, 2009).

Caseinato de sódio

Cerca de 80% das proteínas do leite são caseínas (α_{s1} -, α_{s2} -, β - e κ -caseína), proteínas hidrofóbicas que se organizam em micelas com 140 nm de diâmetro médio e são estabilizadas por pontes de fosfato de cálcio (Belitz *et al.*, 2009). O facto de os resíduos de aminoácidos polares e apolares não estarem distribuídos de forma uniforme nas suas sequências proteicas faz com que se formem estruturas anfifílicas com grande actividade de superfície o que confere às caseínas boas características enquanto emulsionantes.

Após separação, as caseínas apresentam baixa solubilidade mas que pode ser melhorada através de tratamentos com agentes alcalinos, produzindo assim caseinatos. No caso do caseinato de sódio o reagente é normalmente o hidróxido de sódio diluído, numa reacção a alta temperatura após a qual o caseinato de sódio é concentrado em *spray-dryer* (Xiong, 2009).

Zayas (1997) refere que os caseinatos melhoram a retenção de água e a consistência dos produtos cárneos cominuídos uma vez que têm um efeito protector sobre a desnaturação das proteínas miofibrilares presentes na interface da emulsão, que ficam assim mais disponíveis para a formação de um gel. Fox (1984) refere que os caseinatos têm uma maior capacidade de emulsificar a gordura do que as proteínas do soro. Xiong (2009) acrescenta que o caseinato de sódio ajuda a estabilizar emulsões cárneas por interações hidrofóbicas com a miosina, incluindo a estabilização dos glóbulos de gordura.

Outra vantagem da utilização de caseinatos, como o caseinato de sódio, é a flexibilidade que permite no processamento dos produtos cárneos uma vez que estes tornam-se bastante estáveis ao calor devido à baixa presença de estruturas proteicas mais termosensíveis (hélice- α e a folha pregueada- β) e alto conteúdo em hélices poli-L-prolina mais estáveis (Fox, 1984) .

1.3.2.2. Proteínas derivadas da carne

Os ingredientes proteicos derivados da carne constituem um vasto conjunto de produtos como sejam o colagénio, a gelatina e hidrolisados de gelatina, caldos e farinhas de carne, hidrolisados, aromas e ainda ingredientes proteicos derivados de sangue, em que se englobam proteínas de plasma, plasma transglutaminase, hemoglobina e glóbulos vermelhos. Pela sua diversidade estes ingredientes têm diferentes funcionalidades e aplicações. Para efeitos deste estudo apresentam-se seguidamente as características do colagénio e das proteínas de plasma.

Colagénio

O colagénio é uma proteína do tecido conjuntivo. Sendo o maior constituinte proteico da pele, tendão, cartilagem e osso dos mamíferos, forma ainda o epimísio, perimísio e endomísio que rodeiam respectivamente os músculos, os feixes e as fibras musculares. A unidade básica do colagénio é o tropocolagénio, uma hélice composta por três hélices enroladas entre si. Estas unidades ligam-se entre si através dos resíduos de hidroxilisina para formar as fibras de colagénio (Gaman e Sherrington, 1978; Costa, 2004).

Por aquecimento, acima de 60-65 °C, verifica-se o encurtamento das fibras de colagénio e a solubilização do colagénio na forma de gelatina por dissociação das fibrilas e do desenrolamento da hélice tripla. Estas temperaturas estão dependentes do pH, da concentração salina da solução e da idade do animal (Tarté, 2009).

A extracção e concentração de colagénio podem ser conseguidas através da adição de vapor e água quente a tecidos ricos em colagénio, seguida de centrifugação para separar a fracção semi-sólida que é depois desidratada e moída, floculada ou granulada (Tarté, 2009).

Dada a percentagem de aminoácidos hidrofóbicos (62%) e hidrofílicos (37%), o colagénio pode participar na estabilização de glóbulos de gordura, aumentar a capacidade de retenção de água e melhorar a textura em produtos emulsificados (Olivo, s/data). Conforme estudos citados por Tarté (2009), conduzidos com um concentrado proteico (obtido por um processo de extrusão e desidratação seguido de moagem até obter grânulos), o concentrado de colagénio mostrou ser capaz de reter até 4 vezes o seu peso em água, diminuir as purgas durante 8 semanas sob refrigeração de salsichas *frankfurter* (22-23% de gordura, com 0 a 3,5% de adição de colagénio) e ainda melhorar o rendimento de cozedura.

No entanto, a utilização de colagénio nos produtos cárneos deve ser restrita (2-3% da formulação no caso de *trimmings*⁷ com alto teor de colagénio) uma vez que é uma proteína pobre em aminoácidos essenciais e a sua utilização em excesso pode levar a características indesejáveis no produto final como instabilidade da massa, formação de bolsas de gel ou libertação de gordura e água, especialmente se o produto for rico em gordura. A acção prejudicial de um elevado teor de colagénio pode dever-se à ruptura do gel de miosina já formado a temperaturas mais baixas que a de encurtamento e gelatinização do colagénio (Angelini, 2011; Olivo, s/data; Tarté, 2009).

⁷ *Trimmings* são aparas de carne, obtidas a partir de peças de carne maiores aquando das etapas de desmancha, que são demasiado pequenas para serem vendidas individualmente.

As propriedades funcionais do colagénio podem ainda ser alteradas por tratamentos térmicos, químicos ou enzimáticos. Enquanto para o colagénio modificado por aquecimento existem evidências em como a capacidade de retenção de água é melhorada, para o colagénio modificado enzimaticamente a hidrólise excessiva resulta em pequenos fragmentos pépticos que apresentam pior capacidade de retenção de água e de gelificação (Tarté, 2009).

Proteínas do plasma

O plasma é separado por centrifugação após o abate dos animais e é seguidamente congelado ou concentrado por *spray-drying*⁸. A fracção proteica do plasma contem mais de 100 proteínas diferentes mas as principais são albumina sérica, α -globulina, β -globulina, γ -globulina e fibrinogénio. As proteínas do plasma estão disponíveis no mercado na forma de um pó esbranquiçado, o que aumenta as possibilidades de aplicação, ao contrário do sangue que confere uma cor escura aos produtos.

Estas proteínas possuem boas características gelificantes, emulsificantes e de solubilidade que as tornam aptas para utilização no processamento de produtos cárneos. Tarté (2009) cita diversos autores que verificaram que as proteínas de plasma formam géis fortes quando sujeitas a temperaturas superiores a 70 °C (embora fiquem ainda mais firmes se a temperatura atingir 90 a 92 °C), sendo que a temperatura de gelificação aumenta quando o pH aumenta, assim como a capacidade de retenção de água. Foi também verificado que melhoram a estabilidade proteica, textura, sabor, suculência e facilitam a pelagem de produtos cárneos cominuídos. A sua boa solubilidade mostrou ser favorável para a aplicação em salmouras mas também como um agente ligante em salsichas.

McGuire (2009) refere ainda que estas proteínas podem ser utilizadas para recuperar e igualar as características da carne em produtos que utilizem menor quantidade de matérias-primas cárneas (dando prioridade a ingredientes mais baratos como amidos, féculas ou carragenatos) ou carnes de qualidade inferior (como carnes separadas mecanicamente⁹ ou do tipo *baader*¹⁰).

⁸ Método de desidratação que recorre à dispersão do fluido sob a forma de pequenas gotas, por acção de um atomizador, que são postas em contacto com uma corrente de ar quente o que origina a evaporação da água. (Patel *et al.*, 2009).

⁹ “Produto obtido pela remoção da carne dos ossos carnudos depois da desmancha ou de carcaças de aves de capoeira, utilizando meios mecânicos que provoquem a perda ou a alteração da estrutura das fibras musculares” (Regulamento (CE) N.º 853/2004).

¹⁰ A carne *baader*, ou carne de 3mm, pode ser obtida a partir de aparas ou ossos com carne remanescente. No processo de produção é utilizada uma máquina de baixa pressão que separa os tendões e os ossos da carne. O produto final mantém a estrutura celular do músculo, distinguindo-se assim da carne separada mecanicamente (Food Standards Agency, 2010).

1.4. Objectivos

Na ausência de métodos *standard* para testar as propriedades funcionais das proteínas os fornecedores não as quantificam nas fichas técnicas. Para além disso, cada investigador utiliza os seus próprios métodos e, na maioria dos casos, os ensaios são conduzidos no âmbito de um produto cárneo específico. Estes factores levam a que seja difícil para os tecnologistas comparar as várias proteínas no mercado e os vários estudos realizados nesta área de modo a determinar qual a mais indicada para os seus produtos.

Neste contexto, este trabalho teve como principal objectivo determinar a retenção de água e a retenção de gordura de sete proteínas exteriores (concentrado de soja funcional, concentrado de soja não funcional, concentrado de soja dispersível, proteína de soro de leite, caseinato de sódio, proteína de colagénio de suíno e proteína de plasma e colagénio), segundo um método expedito da Campofrio Food Group, já utilizado em estudos anteriores na Nobre Alimentação, Lda. por Freitas (2002). Estes valores permitem fazer uma primeira abordagem a fim de averiguar quais as proteínas mais apropriadas para os fins desejados e otimizar a conjugação entre várias matérias-primas.

O segundo objectivo foi estabelecer uma relação custo/funcionalidade, com base no custo por quilograma de emulsão, das proteínas utilizadas actualmente nesta indústria. Esta relação funcionará como referência para comparar a rentabilidade de proteínas semelhantes de diferentes fornecedores (permitem averiguar se o preço de uma proteína menos funcional é suficientemente baixo para justificar a necessidade de um maior nível de adição na formulação para atingir o mesmo efeito).

Paralelamente, pretendeu-se avaliar a proteína de colagénio de suíno e a proteína de plasma e colagénio como possíveis substitutas da proteína de soro de leite, uma vez que possuíam um preço mais baixo e existiam indícios que apresentariam comportamentos semelhantes.

Por fim, avaliou-se as diferenças a nível de aspecto e dureza das várias proteínas em estudo.

2. Materiais e métodos

Os ensaios foram realizados na planta piloto da Nobre Alimentação, Lda., uma indústria transformadora de carnes.

Apresenta-se a descrição dos principais equipamentos e materiais utilizados e os procedimentos aplicados neste estudo com base no método interno do Campofrio Food Group. Este método já tinha sido aplicado nesta unidade produtiva por Freitas (2002).

2.1. Materiais e equipamentos

2.1.1. Equipamentos

Picadora

A picadora utilizada, semelhante à representada na figura 4, permite reduzir as dimensões de diversas matérias-primas controlando as dimensões de saída através do diâmetro dos orifícios do disco.

A matéria-prima a picar é introduzida na picadora através de uma abertura circular da cuba de alimentação por onde cai sobre o sem-fim propulsor que faz a condução da matéria-prima até às facas que giram solidárias com o movimento do sem-fim entre dois discos perfurados. O disco mais interno tem a função de pré-corte, tendo apenas três grandes orifícios que ocupam quase a totalidade do disco. Segue-se o anel das facas dispostas em cruzeta e o disco com orifícios de diâmetro correspondente ao tamanho final desejado para a matéria-prima, neste caso 13 mm. Estas três peças encaixam no eixo central do sem-fim e são ajustadas convenientemente através do anel fixador que se enrosca na cabeça de fecho. Apenas as facas podem girar livremente enquanto os dois discos permanecem imóveis pois encaixam no interior da cabeça de fecho.

Cutter

Dá-se o nome de *cutter* a uma picadora de taça giratória com facas múltiplas rotativas. Este tipo de equipamento é usado nas indústrias de carnes para picar finamente a carne e misturar e emulsionar todos os ingredientes e os seus constituintes.

É constituído por uma taça giratória na qual se adicionam a carne e os restantes ingredientes. Os ingredientes são misturados e picados nesta taça por um conjunto de facas rotativas localizadas na parte traseira da taça, que estão fixas num veio motriz e giram no plano vertical. Como sistema de segurança e de modo a evitar que a massa salte da *cutter*

durante o funcionamento, esta possui uma tampa em que a parte posterior, que cobre as lâminas, é metálica e a outra metade é de acrílico espesso e pode ser aberta para introdução dos ingredientes da massa.

A *cutter* utilizada tinha capacidade para 18 kg de carne e duas velocidades de rotação tanto das lâminas (1800 rpm e 3600 rpm) como da taça (12 rpm e 24 rpm). As lâminas utilizadas eram angulosas e de aço inoxidável dispostas num conjunto de 6 lâminas. Ao contrário da *cutter* representada na figura 5 esta não tinha termómetro incorporado, mas a tampa possuía um orifício que permitia a introdução de um termómetro externo para controlo da temperatura.

Scanalyser

O *Scanalyser* (figura 6) é um equipamento da Scanio que permite determinar de forma expedita as percentagens de gordura, humidade e proteína de várias matérias-primas cárneas com base na diferença de densidade entre a carne e a gordura. Neste aparelho a matéria-prima cárnea a analisar (6,500 kg \pm 150 g) é colocada dentro de um tanque cilíndrico, é pesada e posteriormente um pistão é pressionado sobre esta. A leitura da distância percorrida pelo pistão, a uma dada pressão, permite saber o volume ocupado pela amostra que está dependente da quantidade de gordura da amostra. Quanto maior o volume da amostra maior é o teor de gordura. O princípio do método não permite que este equipamento possa ser utilizado para amostras congeladas ou parcialmente congeladas. (Scanio, s/data)

Enchedora

A enchedora utilizada para facilitar o enchimento das tripas permite encher a vácuo minimizando as locas no produto final. É constituída por um tanque cilíndrico, com capacidade de 18 L, onde se coloca a massa e por um êmbolo que ao descer comprime a massa, permite a saída de ar e obriga a massa a sair do tanque através do cano de enchimento, que pode ter vários diâmetros consoante o calibre da tripa utilizada. Neste caso o cano tem calibre 25 mm. O controlo de funcionamento da enchedora é efectuado através de um pedal que permite subir ou descer o êmbolo.

Clipsadora

As tripas são fechadas por clipsagem com recurso a uma clipsadora manual simples, semelhante à representada na figura 7.

Banho-maria

O banho-maria consiste num reservatório de água que através de um termostato permite definir a temperatura desejada e monitorizar a temperatura para controlar o funcionamento das resistências no fundo do reservatório que aquecem a água. As amostras são colocadas num cesto metálico perfurado, que permite a submersão das mesmas.

Penetrómetro

O penetrómetro (figura 8) mede a resistência da amostra à penetração da sonda e indica a força máxima de penetração. Deste modo, para avaliar a dureza nos vários ensaios, foi utilizado um penetrómetro com sonda de ponta redonda FDN 5 (5 N x 0,05 N, mínimo: 0,6 N, ou 500 gf x 5 gf, mínimo: 60 gf) ou um penetrómetro FDN 10 (10 N x 0,1 N, mínimo: 1 N ou 1000 gf x 10 gf, mínimo: 100 gf) para ensaios com valores superiores a 500 gf/5 N.

Para este estudo utilizou-se a escala em quilograma-força (kgf) em detrimento da escala em newton (N) por ser a utilizada na Nobre Alimentação, Lda. Por definição, o quilograma-força é a força de atração aplicada sobre uma massa de 1 kg sujeita a uma certa gravidade. Assim, na Terra um quilograma-força é igual a 9,8 newton, logo $1 \text{ gf} = 9,8 \times 10^{-3} \text{ N}$.

Termómetro

Para o controlo da temperatura na *cutter* é necessário um termómetro calibrado para médias e baixas temperaturas de modo a incluir as temperaturas negativas do início da preparação das massas mas também a temperatura final de 14°C. A vareta de medição deve apresentar resistência para não se deformar com massas mais fortes.

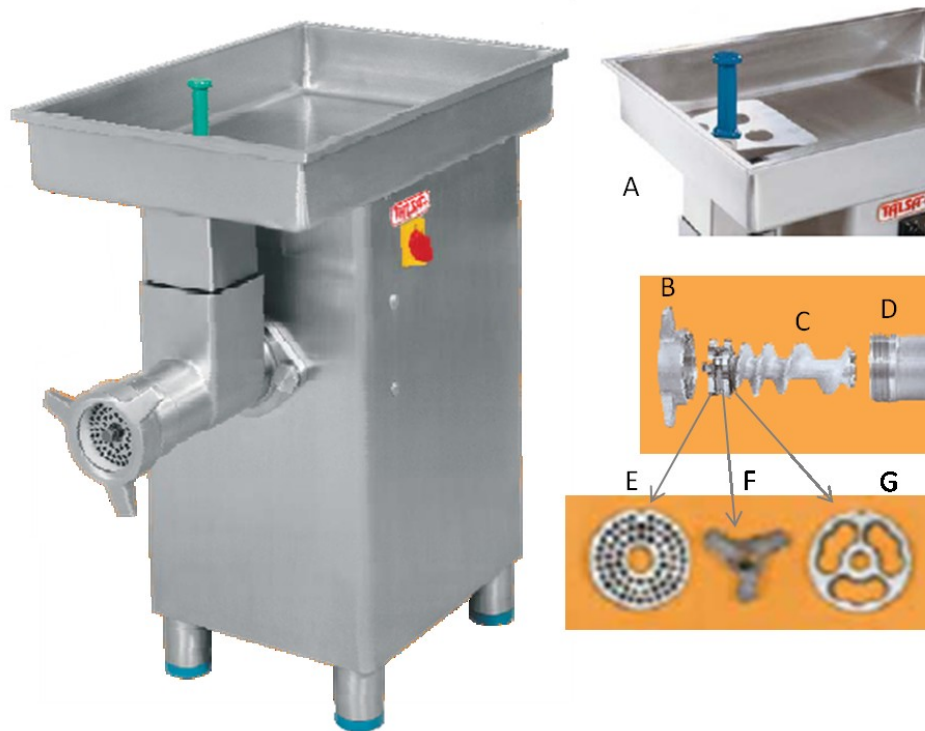


Fig. 4 - Picadora idêntica à utilizada e pormenores dos seus constituintes: A - cuba de alimentação; B - anel fixador; C - sem-fim propulsor; D - cabeça de fecho; E - disco perfurado; F - anel de facas; G - anel de pré-corte (Adaptado de Talsa, 2012)



Fig. 5 - Picadora de taça giratória com facas múltiplas rotativas ou cutter idêntica à utilizada e pormenor de rotação das facas e da taça (Adaptado de Talsa, 2012)



Fig. 6 - Scanalyser (<http://www.food-supply.dk/machine/view/34625>)



Fig. 7 - Clipsadora manual simples semelhante à utilizada (<http://www.polyclip.com.br/maquinas-de-grampear-embalar.html>)



Fig. 8 - Penetrômetro semelhante ao utilizado (<http://diccionariodelvino.com/index.php/penetrometro/>)

Tripa plástica

A tripa utilizada foi do tipo sintético sendo fabricada através de um processo de extrusão multicamada a partir de poliamida. Este tripo de tripa é comercializada em vários calibres, cores e pode ser ou não impressa. Neste caso foi utilizada tripa de cor branca, não impressa, de calibre 65 mm, disponível em tubos plissados.

Tem como principais características (Viskase, 2011):

- Elevada barreira ao oxigénio;
- Impermeável à água, minimizando a migração de água através da tripa que resultaria em perdas durante a cozedura e armazenagem dos produtos;
- Homogeneidade no calibre;
- Não retráctil;
- Aderência ao produto mas permitindo a pelagem do produto final;
- Resistência a altas e baixas temperaturas;
- Resistência mecânica;
- Aptidão para clipsagem.

2.1.2. Matérias-primas utilizadas

Água e gelo

A água para consumo industrial é proveniente de um furo e são aplicados os tratamentos necessários para cumprir os requisitos de água potável e poder ser usada como ingrediente, de acordo com o Decreto-Lei 306/2007.

Proteínas exteriores

A designação proteínas exteriores refere-se às proteínas que são incorporadas na formulação de produtos cárneos para complementar/substituir as propriedades nutricionais e funcionais das proteínas do músculo-esquelético. Estas proteínas são comercializadas por vários fornecedores sob a forma de pó, normalmente em sacas de 20 ou 25 kg de papel Kraft podendo conter uma saca interior de polietileno. A origem e os teores proteicos mínimos determinados pelo método de kjeldhal (Nx6,25)¹¹ variaram entre as várias proteínas exteriores usadas neste estudo:

¹¹ Este método quantifica o azoto total orgânico. O teor de proteína é determinado multiplicando um factor de conversão adequado à amostra ou pelo factor convencional de 6,25 (100/16), válido se as proteínas contiverem 16% de azoto (Wrolstad *et al.*, 2000).

- Concentrado de soja funcional: 67,0%
- Concentrado de soja não funcional: 68,0%
- Concentrado de soja dispersível: 70%
- Proteína de soro de leite: 80,0%
- Caseinato de sódio: 88,0% (N x 6,38)
- Proteína de colagénio de suíno (proteína hidrolisada enzimaticamente): 96,0%
- Proteína de plasma e colagénio: 88%

Toucinho sem courato

A gordura utilizada neste estudo foi o toucinho sem courato que provém de diferentes fornecedores e é recebido em blocos congelados com um peso médio de 20 kg, embora existam variações consoante o fornecedor e também entre blocos de um mesmo lote. Como alternativa aos blocos congelados o toucinho pode também ser obtido fresco na sala de desossa ou após ser congelado no armazém de congelados.

Antes dos ensaios os blocos de toucinho são colocados a descongelar o que permite a separação dos vários pedaços de toucinho e a sua passagem pela cuba de alimentação da picadora, sem uma etapa prévia de corte.

Após várias análises efectuadas ao toucinho no *Scanalyser* considerou-se como valores médios os seguintes valores:

- Humidade: 17,70%
- Proteína: 4,70%
- Gordura: 75,80%

2.2. Determinação da capacidade de retenção de água

As matérias-primas utilizadas nestes ensaios foram água, gelo e proteínas exteriores, combinadas em diferentes proporções proteína:água (tabela 2), para um total de 12 kg de massa, por forma a quantificar a quantidade máxima de água que a proteína consegue reter. A diferença mínima entre as proporções dos vários ensaios foi de 0,1¹².

As proporções utilizadas como ponto de partida para as proteínas de soja tiveram como base os valores obtidos por Freitas (2002) para os concentrados de soja 3, 4 e 5 (respectivamente, concentrado dispersível, funcional e não funcional). Para as proteínas de origem animal, na ausência de valores de referência, as proporções de teste iniciais tiveram como base a expectativa de menor funcionalidade destas em relação às proteínas de soja e um comportamento similar entre si. No decorrer dos ensaios a proporção de água foi

¹² Exemplo: 1:4,4 e 1:4,5

aumentada quando se verificava o comportamento gel das amostras ou diminuída quando este comportamento já não era observado, até se encontrar a proporção óptima.

Tabela 2 – Proporções proteína:água testadas para cada proteína exterior e quantidades dos componentes para um total de 12 kg de massa.

Proteína exterior	Proporção (prot:água)	Quantidades a adicionar para 12 kg de massa		
		Proteína (kg)	Água ¹ (kg)	Gelo ¹ (kg)
Concentrado de Soja Funcional	1:4,4	2,222	4,889	4,889
	1:4,5	2,182	4,909	4,909
	1:4,6	2,143	4,929	4,929
	1:4,7	2,105	4,947	4,947
	1:5	2,000	5,000	5,000
	1:5,5	1,846	5,077	5,077
Concentrado de Soja Não Funcional	1:1,9	4,138	3,931	3,931
	1:2	4,000	4,000	4,000
	1:2,2	3,750	4,125	4,125
	1:2,3	3,636	4,182	4,182
	1:2,4	3,529	4,235	4,235
	1:2,5	3,429	4,286	4,286
	1:2,7	3,243	4,378	4,378
	1:3	3,000	4,500	4,500
Concentrado de Soja Dispersível	1:3,5	2,667	4,667	4,667
	1:4	2,400	4,800	4,800
	1:4,5	2,182	4,909	4,909
	1:5	2,000	5,000	5,000
	1:5,4	1,875	5,063	5,063
	1:5,5	1,846	5,077	5,077
	1:5,7	1,791	5,104	5,104
Soro de Leite ²	1:2	4,000	4,000	4,000
	1:4	2,400	4,800	4,800
	1:4,5	2,182	4,900	4,900
	1:7,2	1,463	8,780	1,756
	1:7,4	1,429	8,810	1,762
	1:7,5	1,412	8,824	1,765
	1:7,6	1,395	8,837	1,767
	1:7,7	1,379	8,851	1,770
	1:7,8	1,364	8,864	1,773
	1:8	1,333	8,889	1,778
	1:9	1,200	9,000	1,800
1:10	1,091	9,091	1,818	
Caseinato de Sódio	1:2	4,000	4,000	4,000
	1:3	3,000	4,500	4,500
	1:4	2,400	4,800	4,800
	1:4,5	2,182	4,909	4,909
	1:5	2,000	5,000	5,000
	1:5,5	1,846	5,077	5,077
	1:7	1,500	5,250	5,250
	1:8	1,333	5,333	5,333
	1:9	1,200	5,400	5,400
Colagénio de Suíno	1:0,5	8,000	2,000	2,000
	1:2	4,000	4,000	4,000
	1:3	3,000	4,500	4,500
Plasma e Colagénio	1:4,5	2,182	4,909	4,909
	1:5	2,000	5,000	5,000
	1:5,2	1,935	5,032	5,032
	1:5,3	1,905	5,048	5,048
	1:5,5	1,846	5,077	5,077
	1:6	1,714	5,143	5,143
	1:7	1,500	10,500	10,500
	1:7,5	1,412	10,588	10,588
1:8	1,333	10,667	10,667	

¹ 1/2 da proporção de água sob a forma de gelo

² Para as proporções 1:7,2 a 1:10 1/6 da proporção de água sob a forma de gelo

Com a *cutter* a baixa velocidade (taça: 12 rpm, facas: 1800 rpm) adicionou-se lentamente a proteína exterior à água, de acordo com as proporções proteína:água. Metade da quantidade de água foi sob a forma de gelo para evitar a rápida subida da temperatura durante esta fase. A massa foi então sujeita a mistura a maior velocidade (taça: 24 rpm, facas: 3600 rpm) até se atingir a temperatura de 14 °C.

Para cada proporção preparam-se 5 amostras de 20 cm por enchimento da massa em tripa plástica de calibre 65 mm, numa enchedora a vácuo. Após compactação as amostras em tripa foram clípsadas.

Seguidamente as amostras foram sujeitas a tratamento térmico, por imersão em água quente (80 °C, 2 h), na vertical, para minimizar a formação de locas de ar. Após serem retiradas do banho-maria, as amostras foram arrefecidas com água fria (~10 °C, 5 min) e foram colocadas sob refrigeração em câmara (5 °C ± 2 °C, 12-14h).

Após refrigeração, as amostras foram retiradas da tripa e procedeu-se à avaliação do comportamento gel. Considerou-se que a amostra apresentava um comportamento gel quando deformava em resultado da pressão exercida pelos dedos mas recuperava o estado inicial quando cessava a pressão. Procedeu-se ainda à avaliação da dureza, com base na resistência das amostras à penetração, perfurando cada amostra em três pontos distintos com o penetrómetro.

Considerou-se como óptimo de água (proporção representativa da capacidade de retenção de água da proteína) a maior proporção de água para a qual ainda se observava o comportamento gel das amostras.

Na figura 9 encontra-se o esquema genérico dos passos deste procedimento.

As diferenças entre proteínas levaram às seguintes alterações face ao procedimento padrão e à definição de óptimo:

– Proteína de soro de leite e proteína de plasma e colagénio – Estas proteínas dissolviam-se com facilidade e originavam massas líquidas, pelo que a quantidade de gelo foi reduzida para 1/6 da quantidade de água para o soro de leite a partir da proporção 1:7,2. Desta forma a massa atingia mais rapidamente os 14 °C, diminuindo assim a formação de espuma. O enchimento foi manual com o auxílio de um jarro medidor tendo o cuidado de retirar a camada superficial de espuma. Para estes ensaios considerou-se como óptimo a maior proporção de água para a qual a amostra não perdia estrutura e quebrava, mesmo que se ainda pudesse ser identificado um comportamento gel.

– Caseinato de sódio – Considerou-se como óptimo a maior proporção de água para a qual a amostra não perdia estrutura e escorria imediatamente após abertura da tripa.

– Proteína de colagénio de suíno – Esta proteína também originava massas líquidas pelo que também exigiu enchimento manual com o auxílio de um jarro medidor.

2.3. Determinação da capacidade de retenção de gordura

As matérias-primas usadas nestes ensaios foram gelo, toucinho sem courato (gordura) e proteína, combinadas em diferentes proporções proteína:gordura:água (tabela3), para um total de 12 kg de massa. Os ensaios permitiram quantificar a quantidade máxima de água que a proteína consegue reter na presença da proporção ótima de água (determinada através dos ensaios de capacidade de retenção de água). A diferença mínima entre as proporções dos vários ensaios foi de 0,5¹³ para minimizar o efeito da variabilidade do toucinho.

As proporções de gordura utilizadas como ponto de partida para as proteínas de soja tiveram como base os valores obtidos por Freitas (2002) para os concentrados de soja 3, 4 e 5 (respectivamente, concentrado dispersível, funcional e não funcional). Para as proteínas de origem animal, na ausência de valores de referência, as proporções de teste iniciais tiveram como base a expectativa de menor funcionalidade destas em relação às proteínas de soja e um comportamento similar entre si. No decorrer dos ensaios a proporção de gordura foi aumentada quando a percentagem de libertação de gordura era inferior a 1% ou diminuída quando esta percentagem era superior a 1%, até se encontrar a proporção ótima.

O toucinho foi descongelado à temperatura ambiente (~22 °C, 17-18h), picado em pedaços de aproximadamente 13 mm (disco 13 da picadora) e analisado no *Scanalyser* de modo a determinar as percentagens de gordura, água e proteína.

Com a *cutter* a baixa velocidade (taça: 12 rpm, facas: 1800 rpm) adicionou-se a água (sob a forma de gelo, para evitar a rápida subida da temperatura) ao toucinho. Após adicionar lentamente a proteína aumentou-se a velocidade da *cutter* (taça: 24 rpm, facas: 3600 rpm) e a mistura prosseguiu até se atingir a temperatura de 14 °C.

O enchimento, tratamento térmico, arrefecimento e refrigeração foram realizados de acordo com o procedimento indicado para os ensaios de capacidade de retenção de água¹⁴.

Após refrigeração as amostras foram retiradas da tripa e procedeu-se à análise de perda de gordura através de pesagens (massa total da amostra, M_{total} (kg), massa da tripa+clips, M_{t+c} (kg), e massa da emulsão após remoção da gordura com o auxílio de uma faca, M_e (kg). A percentagem de libertação de gordura foi determinada através da Eq. (1).

$$\text{---} \tag{1}$$

¹³ Exemplo: 1:3,5:4,4 e 1:4:4,4

¹⁴ Ver capítulo 2.2.

Procedeu-se ainda à avaliação da dureza, com base na resistência das amostras à penetração, perfurando a amostra em três pontos distintos com o penetrómetro.

Considerou-se como óptimo de gordura (proporção representativa da capacidade de retenção de gordura da proteína) a maior proporção de gordura para a qual a percentagem de gordura libertada se aproximava de 1%, não ultrapassando este valor.

Na figura 10 encontra-se o esquema genérico dos passos deste procedimento.

As diferenças entre proteínas levaram a alterações face ao procedimento padrão:

– Proteína de soro de leite e proteína de plasma e colagénio – Estas proteínas originavam massas líquidas, pelo que a quantidade de gelo foi reduzida para metade da proporção de água. Desta forma a massa atingia mais rapidamente atingia os 14 °C, diminuindo assim a formação de espumas. O enchimento foi manualmente com o auxílio de um jarro medidor tendo o cuidado de retirar a camada superficial de espuma.

– Proteína de colagénio de suíno – Após os ensaios de capacidade de retenção de água assumiu-se que o óptimo de água era zero. Para compensar a ausência de gelo na formulação o toucinho picado foi colocado em câmara de congelação (-18 °C ± 2 °C) até se atingir -2 °C.

Tabela 3 - Proporções proteína:gordura:água testadas para cada proteína exterior e quantidades dos componentes para um total de 12 kg de massa.

Proteína exterior	Proporção (prot:gord:água)	Quantidades a adicionar para 12 kg de massa			
		Proteína (kg)	Gordura (kg)	Água ¹ (kg)	Gelo ¹ (kg)
Concentrado de Soja Funcional	1:3:4,4	1,429	4,286	-	6,286
	1:3,5:4,4	1,348	4,719	-	5,933
	1:4:4,4	1,277	5,106	-	5,617
	1:13:4,4	0,652	8,478	-	2,870
Concentrado de Soja Não Funcional	1:1,5:2,4	2,449	3,673	-	5,878
	1:2:2,4	2,222	4,444	-	5,333
	1:2,5:2,4	2,034	5,085	-	4,881
Concentrado de Soja Dispersível	1:3:5,4	1,277	3,830	-	6,894
	1:3,5:5,4	1,212	4,242	-	6,545
	1:4:5,4	1,154	4,615	-	6,231
	1:5:5,4	1,053	5,263	-	5,684
	1:11:5,4	0,690	7,586	-	3,724
Soro de Leite ²	1:1,5:7,5	1,200	1,800	4,500	4,500
	1:2:7,5	1,143	2,286	4,286	4,286
	1:2,5:7,5	1,091	2,727	4,091	4,091
	1:3:7,5	1,043	3,130	3,913	3,913
Caseinato de Sódio	1:3:3,5	1,600	4,800	-	5,600
	1:4:3,5	1,412	5,647	-	4,941
	1:4,5:3,5	1,333	6,000	-	4,667
	1:5:3,5	1,263	6,316	-	4,421
Colagénio de Suíno	1:1,5:0	4,800	7,200	-	0,000
	1:2:0	4,000	8,000	-	0,000
	1:3:0	3,000	9,000	-	0,000
Plasma e Colagénio ²	1:2:5	0,750	1,500	1,875	1,875
	1:2,5:5	0,706	1,765	1,765	1,765
	1:3:5	0,667	2,000	1,667	1,667
	1:3,5:5	0,632	2,211	1,579	1,579
	1:4:5	0,600	2,400	1,500	1,500

¹ Proporção de água sob a forma de gelo

² 1/2 da proporção de água sob a forma de gelo

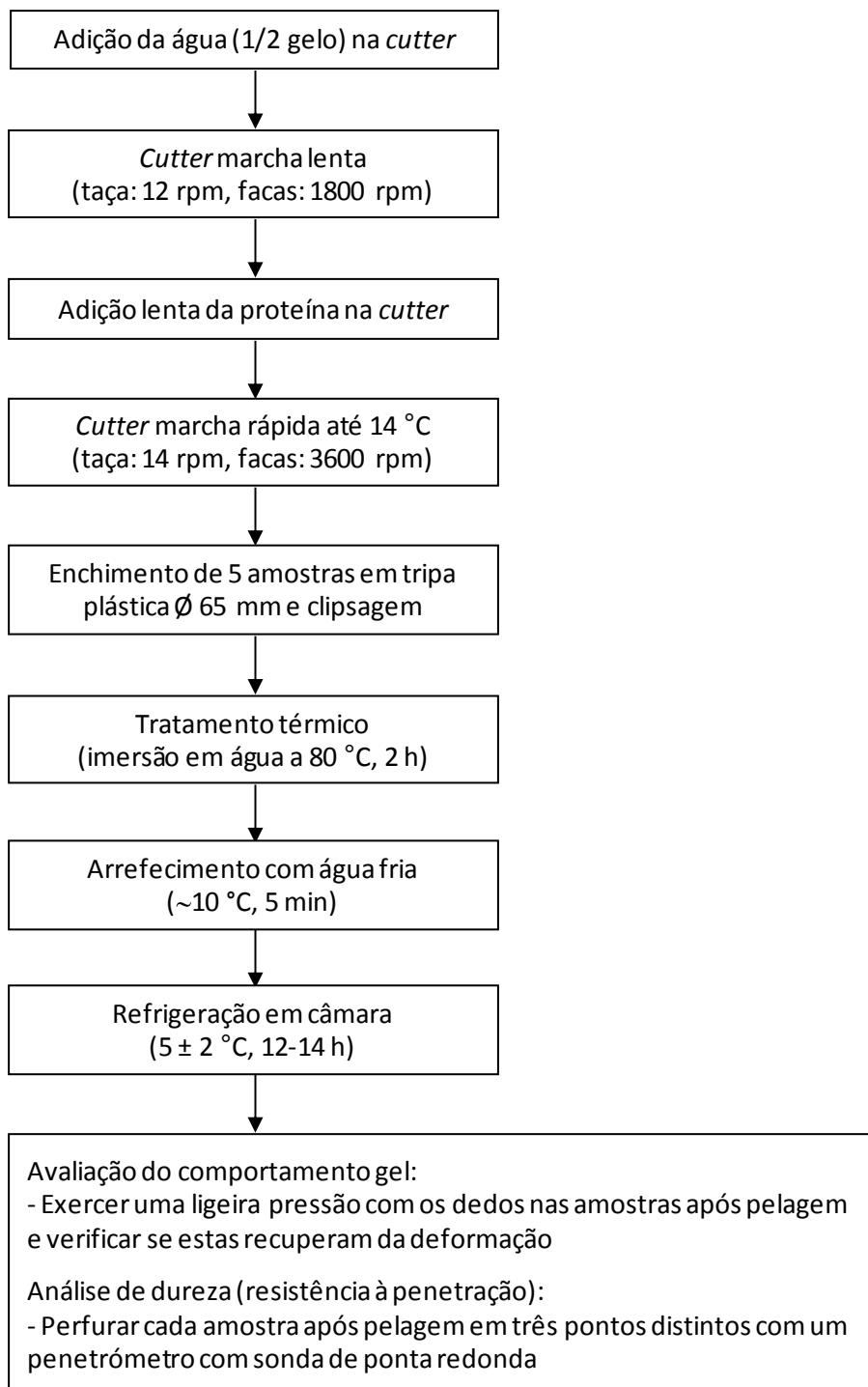


Fig. 9 - Esquema do procedimento padrão para os ensaios de capacidade de retenção de água.

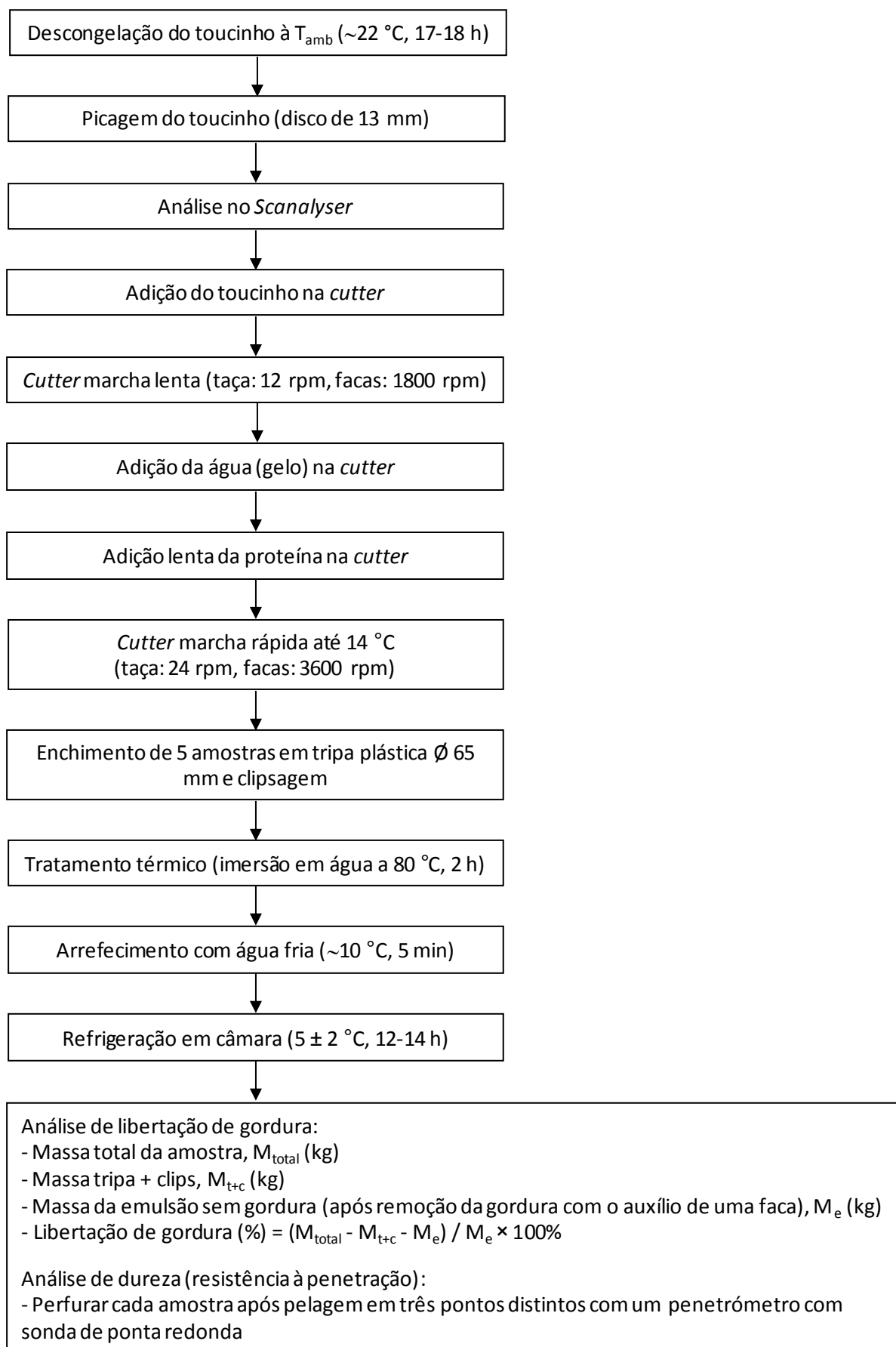


Fig. 10 - Esquema do procedimento padrão para os ensaios de capacidade de retenção de gordura.

3. Resultados e discussão

3.1. Capacidade de retenção de água

As tabelas 4 e 5 apresentam o resultado da avaliação do comportamento gel das amostras, o aspecto após pelagem e o valor médio da dureza (resistência à penetração) para as várias proporções proteína:água estudadas para cada proteína exterior.

De acordo com os resultados (figura 11), a proteína com melhor indicador de capacidade de retenção de água (ou seja, maior óptimo de água) foi a de soro de leite (1:7,5), seguida da soja dispersível (1:5,4), plasma e colagénio (1:5), soja funcional (1:4,4), caseinato de sódio (1:3,5) e soja não funcional (1:2,4). Para o colagénio considerou-se que a capacidade de retenção de água era 1:0 visto não ter apresentado o comportamento gel desejado para ser considerado funcional segundo o método seguido.

Constatou-se também que, das proteínas de soja estudadas, apenas a soja dispersível apresentou melhor CRA que as proteínas testadas por Freitas (2002) (tabela 6), o que se deve às grandes diferenças de funcionalidade entre os produtos comerciais dos vários fornecedores que podem ser encontradas, mesmo em proteínas do mesmo tipo.

Para todas as proteínas, foi observada uma diminuição dos valores de dureza com o aumento da proporção de água (tabelas 4 e 5). Este comportamento foi resultado do aumento de ligações proteína-água em detrimento das ligações proteína-proteína o que enfraqueceu a estrutura dos géis formados (Belitz *et al.*, 2009).

Para além de apresentarem diferente CRA verificou-se que as características dos géis formados por cada proteína são bastante diferentes entre si (tabelas 4 e 5).

Relativamente às três proteínas de soja, todas originaram massas opacas e de cor creme a acastanhado, no entanto, apresentaram diferenças a nível de dureza. A soja funcional originou massas com baixa dureza (< 60 gf em todas as proporções testadas) enquanto a soja não funcional originou massas mais firmes, o que se traduz em valores mais elevados de dureza (567 gf para a proporção 1:1,9 e 101 gf para a proporção 1:3). A soja dispersível foi, das três, aquela que apresentou valores de dureza mais elevados (por exemplo 391 gf para a proporção 1:3,5 contra 101 gf para a proporção 1:3 da proteína de soja não funcional), uma vez que as massas eram mais elásticas.

No que diz respeito à proteína de soro de leite, para todas as proporções, obtiveram-se massas opacas, com superfície brilhante e de cor branca, semelhantes à clara de ovo cozida. Embora ocorresse alguma recuperação da forma inicial, acima de 1:7,5, a libertação de água à superfície e a propensão para o cisalhamento aumentaram, o que levou a considerar esta proporção como o óptimo de água. Os valores de dureza dos géis formados por esta proteína foram os mais elevados do conjunto das proteínas estudadas. Verificou-se

uma dureza > 1000 gf, sem perfuração efectiva, para a proporção 1:2 e a dureza manteve-se em valores altos face à incorporação de água efectuada até à proporção 1:9 em que a dureza foi < 60 gf.

Embora opacos, os géis de caseinato de sódio eram brilhantes e ligeiramente translúcidos, de cor alaranjada a amarelada. Estes géis demonstraram alguma rigidez até à proporção 1:3 (451 gf) mas, a partir da proporção 1:4, as massas não tinham estrutura e escorriam após a abertura da tripa, pelo que se considerou como óptimo a proporção 1:3,5.

Para a proteína de colagénio de suíno não foi observado comportamento gel em nenhuma das proporções testadas, obtendo-se apenas massas viscosas ou líquidas. Este comportamento está de acordo com Tarté (2009) que refere que o colagénio modificado enzimaticamente (hidrolisado) apresenta pior capacidade de retenção de água e de gelificação.

Para a proteína de plasma e colagénio constatou-se que, embora durante a preparação da massa o comportamento fosse semelhante ao da proteína de soro de leite, após cozedura as massas tinham muito menos estrutura. Estes dados estão de acordo com Tarté (2009) que refere que os géis de plasma são mais firmes para temperaturas acima de 90-92 °C (acima do tratamento térmico utilizado). Para esta proteína foi ainda notória uma separação de fases das amostras: a parte inferior mais semelhante ao soro de leite (provavelmente devido à fracção de plasma), a parte intermédia mais gelatinosa (talvez devida à fracção de colagénio) e a parte superior com maior incorporação de ar.

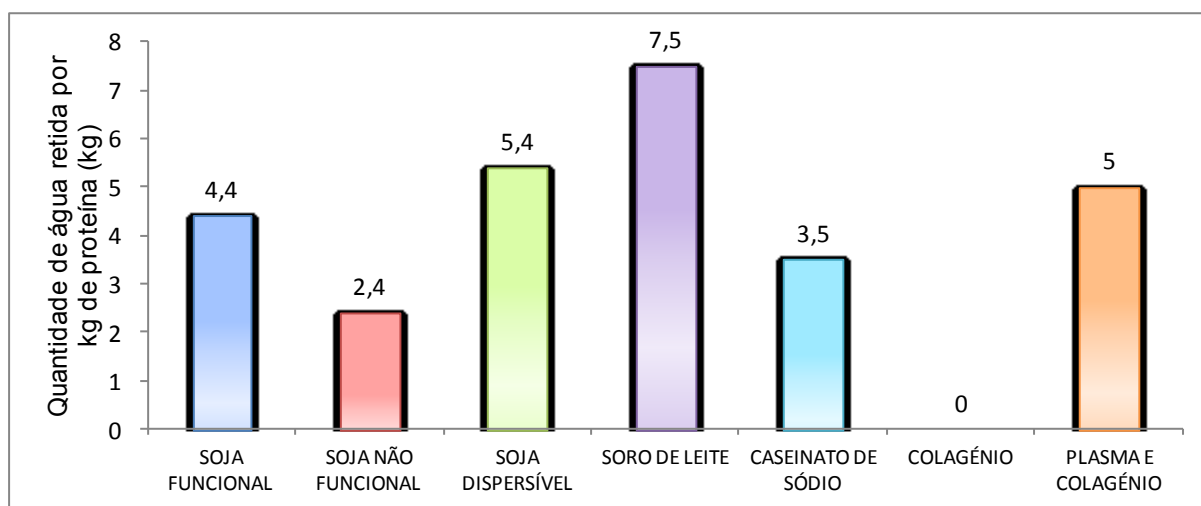


Fig. 11 - Capacidade de retenção de água das proteínas exteriores estudadas

Tabela 4 – Efeito da variação da proporção de água na avaliação gel, dureza e aspecto das amostras dos ensaios de capacidade de retenção de água de proteínas exteriores vegetais. Resultados de dureza (resistência à penetração, gf) apresentados como média ± desvio-padrão.

CONCENTRADO DE SOJA FUNCIONAL								
Proporção (Prot:Água)	1:4,4	1:4,5	1:4,6	1:4,7	1:5	1:5,5		
Avaliação Gel	Ótimo	Deforma e não retoma o estado inicial	Deforma e não retoma o estado inicial	Deforma e não retoma o estado inicial	Deforma e não retoma o estado inicial	Deforma e não retoma o estado inicial		
Dureza (gf)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)		
Imagem								
CONCENTRADO DE SOJA NÃO FUNCIONAL								
Proporção (Prot:Água)	1:1,9	1:2	1:2,2	1:2,3	1:2,4	1:2,5	1:2,7	1:3
Avaliação Gel	Deforma mas recupera ligeiramente	Deforma mas recupera ligeiramente	Deforma mas recupera ligeiramente	Deforma mas recupera ligeiramente	Ótimo	Deforma e não retoma o estado inicial	Deforma e não retoma o estado inicial	Deforma e não retoma o estado inicial
Dureza (gf)	567 ± 60 (n=15)	475 ± 63 (n=15)	330 ± 28 (n=30)	268 ± 27 (n=30)	223 ± 38 (n=12)	178 ± 22 (n=30)	139 ± 27 (n=15)	101 ± 11 (n=27)
Imagem								
CONCENTRADO DE SOJA DISPERSÍVEL								
Proporção (Prot:Água)	1:3,5	1:4	1:4,5	1:5	1:5,4	1:5,5	1:5,7	
Avaliação Gel	Deforma mas facilmente retoma estado inicial	Deforma mas facilmente retoma estado inicial	Deforma mas facilmente retoma estado inicial	Deforma mas facilmente retoma estado inicial	Ótimo	Deforma e não retoma o estado inicial	Deforma e não retoma o estado inicial	
Dureza (gf)	391 ± 22 (n=15)	271 ± 21 (n=15)	192 ± 27 (n=15)	102 ± 7 (n=15)	82 ± 5 (n=15)	70 ± 4 (n=30)	< 60 (n=15)	
Imagem								

Tabela 5 - Efeito da variação da proporção de água na avaliação gel, dureza e aspecto das amostras dos ensaios de capacidade de retenção de água de proteínas exteriores de origem animal. Resultados de dureza (resistência à penetração, gf) apresentados como média ± desvio-padrão.

PROTEÍNA DE SORO DE LEITE												
Proporção (Prot:Água)	1:2	1:4	1:4,5	1:7,2	1:7,4	1:7,5	1:7,6	1:7,7	1:7,8	1:8	1:9	1:10
Avaliação Gel	Deforma mas facilmente retoma o estado inicial; não quebra	Deforma mas facilmente retoma o estado inicial; não quebra	Deforma mas facilmente retoma o estado inicial; não quebra	Deforma mas facilmente retoma o estado inicial; não quebra	Deforma mas facilmente retoma o estado inicial; não quebra	Ótimo	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)
Dureza (gf)	> 1000 (n=15)	917 ± 19 (n=15)	763 ± 16 (n=15)	226 ± 8 (n=15)	199 ± 10 (n=15)	190 ± 9 (n=15)	175 ± 9 (n=15)	153 ± 14 (n=15)	102 ± 10 (n=15)	90 ± 13 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)
Imagem												
CASEINATO DE SÓDIO												
Proporção (Prot:Água)	1:2	1:3	1:3,5	1:4	1:4,5	1:5	1:5,5	1:7	1:8	1:9		
Avaliação Gel	Deforma mas facilmente retoma o estado inicial	Deforma mas facilmente retoma o estado inicial	Ótimo	Deforma e não retoma o estado inicial (escorre imediatamente após abertura)	Deforma e não retoma o estado inicial (escorre imediatamente após abertura)	Deforma e não retoma o estado inicial (escorre imediatamente após abertura)	Deforma e não retoma o estado inicial (escorre imediatamente após abertura)	Deforma e não retoma o estado inicial (escorre imediatamente após abertura)	Deforma e não retoma o estado inicial (escorre imediatamente após abertura)	Deforma e não retoma o estado inicial (escorre imediatamente após abertura)	Deforma e não retoma o estado inicial (escorre imediatamente após abertura)	Deforma e não retoma o estado inicial (escorre imediatamente após abertura)
Dureza (gf)	> 1000 (n=15)	451 ± 25 (n=15)	140 ± 13; 451 ± 25	140 ± 13 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	líquido (n=15)	líquido (n=15)	líquido (n=15)	líquido (n=15)	líquido (n=15)	
Imagem												
PROTEÍNA DE COLAGÉNIO DE SUÍNO												
Proporção (Prot:Água)	1:0,5	1:2	1:3									
Avaliação Gel	Deforma e não retoma o estado inicial; viscoso	Deforma e não retoma o estado inicial; líquido	Deforma e não retoma o estado inicial; líquido									
Dureza (gf)	94 ± 9 (n=9)	líquido (n=15)	líquido (n=15)									
Imagem												
PROTEÍNA DE PLASMA E COLAGÉNIO												
Proporção (Prot:Água)	1:4,5	1:5	1:5,2	1:5,3	1:5,5	1:6	1:7	1:7,5	1:8			
Avaliação Gel	Deforma mas facilmente retoma o estado inicial; não quebra	Ótimo	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)	Deforma e não retoma o estado inicial (perde estrutura e quebra)		
Dureza (gf)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)	< 60 (n=15)		
Imagem												

Tabela 6 - Valores de referência para a capacidade de retenção de água de proteínas de soja (Freitas, 2002).

Proteína exterior	Capacidade de retenção de água (proporção proteína: água)
Soja Funcional	1:5
Soja Não Funcional	1:2,5
Soja Dispersível	1:4

3.2. Capacidade de retenção de gordura

As figuras 12 e 13 mostram a evolução na percentagem de gordura libertada consoante as proporções proteína:gordura:água testadas para cada proteína. Conforme esperado, massas com maior proporção de gordura apresentaram maior percentagem de libertação de gordura.

Para o estudo do colagénio avaliaram-se as proporções 1:1,5:0, 1:2:0 e 1:3:0 mas, embora o toucinho picado tenha sido colocado em câmara de congelação para que a temperatura do toucinho fosse negativa, a impossibilidade de usar água/gelo (o óptimo água foi 1:0) levou a que a temperatura de paragem da *cutter* rondasse os 30 °C, sem se obter uma mistura homogénea. A grande libertação de gordura observada (19,51%, 15,99% e 9,98%, respectivamente), que aumentou quando se diminuiu a quantidade de gordura (contrariamente ao verificado para as restantes proteínas) foi resultado da desnaturação proteica pela temperatura elevada, da falta de homogeneidade e da má emulsificação da massa. Assim, por incompatibilidade com o método, abortou-se o estudo do colagénio ficando indeterminada a capacidade de retenção de gordura, considerando-se a proporção 1:0:0 para efeitos da determinação da relação custo/funcionalidade.

A tabela 7 apresenta os valores de referência para as proteínas de soja (Freitas, 2002) e que serviram de ponto de partida aos ensaios. Para todas elas verificou-se uma menor funcionalidade ao nível da retenção de gordura. De facto, para as proporções iniciais dos ensaios da proteína de soja funcional (1:13:4,4) e da proteína de soja dispersível (1:11:5,4) as percentagens de libertação de gordura (média \pm desvio-padrão) foram, respectivamente, 67,60% \pm 9,49% e 58,85% \pm 4,86%, bastante acima do limite máximo estabelecido de 1%. Estas diferenças deveram-se às diferenças de funcionalidade entre os produtos comerciais dos vários fornecedores que podem ser encontradas, mesmo em proteínas do mesmo tipo. As proteínas testadas por Freitas (2002) deveriam estar preparadas para possuírem uma maior capacidade emulsionante que as utilizadas neste estudo.

Tomando 1% como o valor máximo de libertação de gordura no óptimo, foi possível determinar a capacidade de retenção de gordura das várias proteínas (figura 14). A proteína com maior capacidade de retenção de gordura foi o caseinato de sódio (1:4:3,5) o que está de acordo com Fox (1984), Zayas (1997) e McGuire (2009) que referem o caseinato de sódio como uma das proteínas não cárneas com melhor capacidade emulsionante. Seguiram-se a soja funcional e soja dispersível (ambas com 1:3,5:4,4), soja não funcional (1:2,5:4,4), soro de leite (1:2,5:7,5) e por fim plasma e colagénio (1:3:5). Como já referido, no caso do colagénio o óptimo ficou indeterminado.

Conforme demonstra a figura 15, com o aumento da proporção de gordura verificou-se uma diminuição dos valores de dureza (resistência à penetração). À semelhança do que se registou para a capacidade de retenção de água, a diminuição da concentração proteica diminui a quantidade de ligações proteína-proteína. Assim, perde-se estrutura o que se reflecte na diminuição dos valores de dureza. O aumento abrupto do valor de dureza para a proteína de plasma e colagénio entre as proporções 1:3:5 (147 gf ± 12,87 gf) e 1:3,5:5 (354 gf ± 14,38 gf) foi resultante da massa ser mais rígida no interior da amostra do que no exterior.

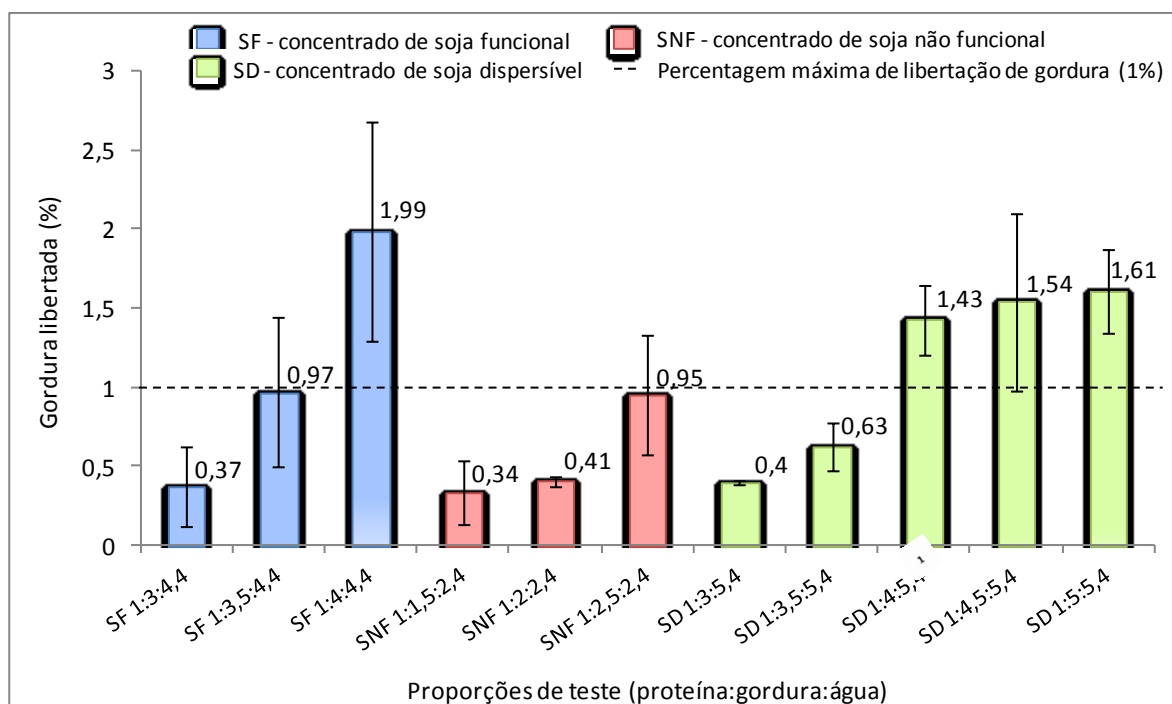


Fig. 12 – Percentagem de gordura libertada nos ensaios de capacidade de retenção de gordura de proteínas exteriores de origem vegetal. A gordura utilizada foi o toucinho. A proporção de água foi a encontrada através dos ensaios de capacidade de retenção de água. Resultados apresentados como média ± desvio-padrão (n=5; ¹n=4).

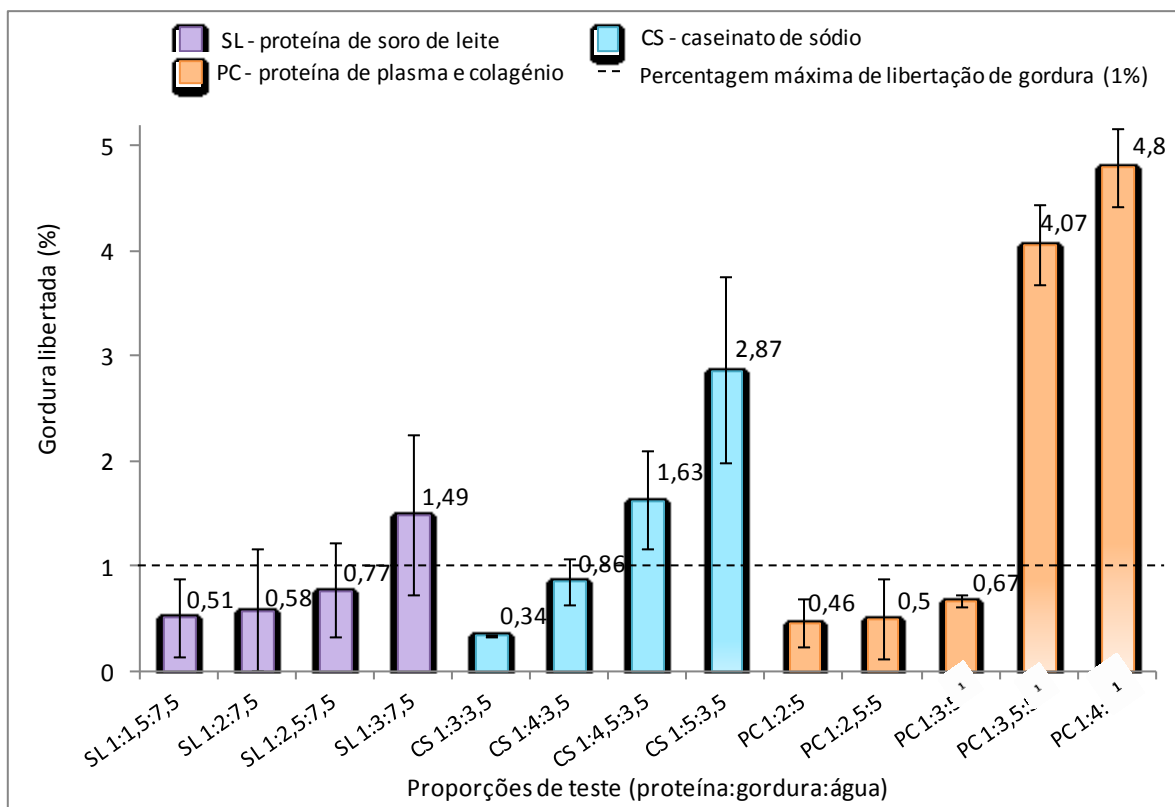


Fig. 13 - Percentagem de gordura libertada nos ensaios de capacidade de retenção de gordura de proteínas exteriores de origem animal. A gordura utilizada foi o toucinho. A proporção de água foi a encontrada através dos ensaios de capacidade de retenção de água. Resultados apresentados como média \pm desvio-padrão (n=5; n=4).

Tabela 7 - Valores de referência para a capacidade de retenção de gordura de proteínas de soja (Freitas, 2002).

Proteína exterior	Capacidade de retenção de gordura (proporção proteína:gordura:água)
Soja Funcional	1:14:5
Soja Não Funcional	1:4:2,5
Soja Dispersível	1:12:4

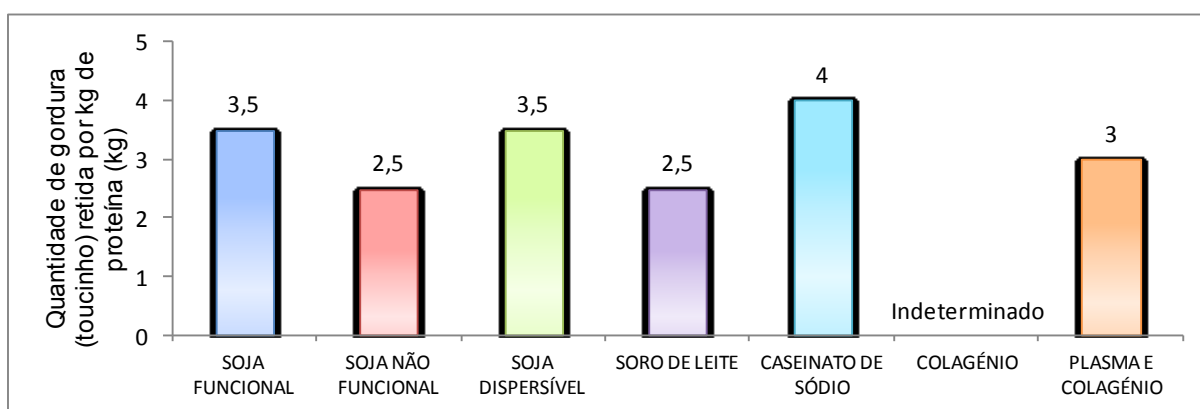


Fig. 14 - Capacidade de retenção de gordura das proteínas exteriores estudadas, numa emulsão contendo a proporção óptima de água encontrada através dos ensaios de capacidade de retenção de água.

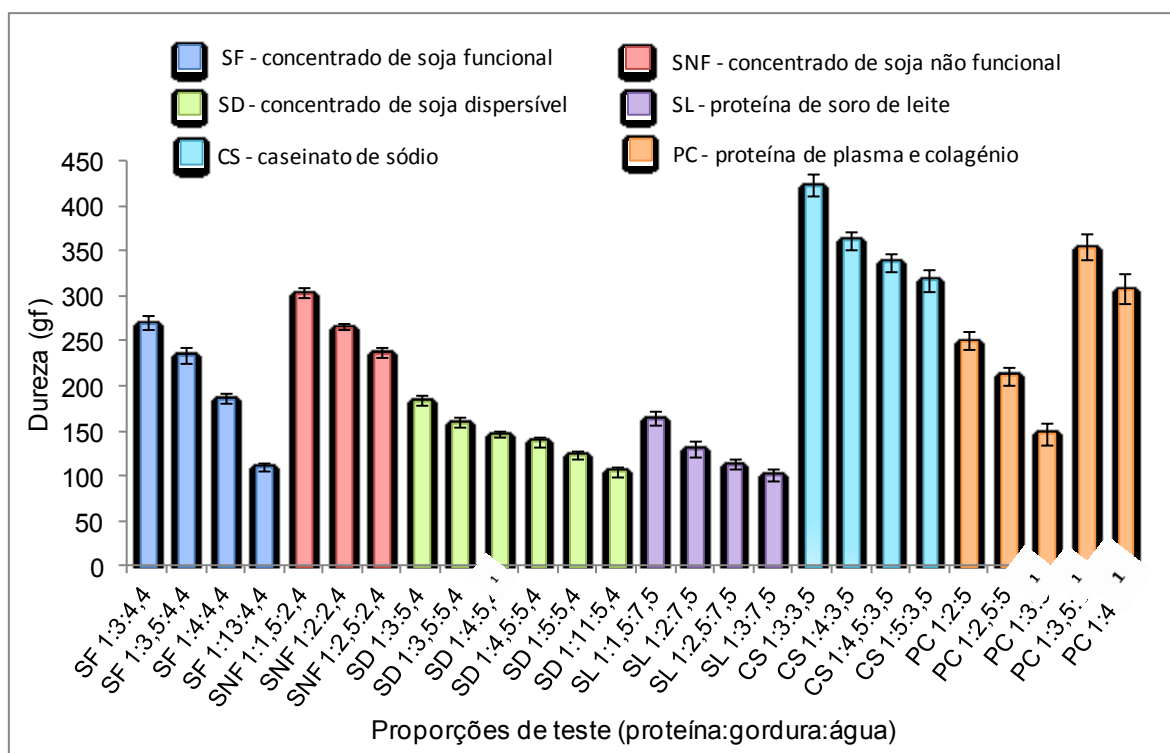


Fig. 15 – Valores de dureza (resistência à penetração, gf) nos ensaios de capacidade de retenção de gordura de proteínas exteriores para as diferentes proporções proteína:gordura:água testadas. A gordura utilizada foi o toucinho. Resultados apresentados como média \pm desvio-padrão (n=15; [†]n=12).

3.3. Relação custo/funcionalidade

Perante os valores de óptimo de água e gordura das várias proteínas e os preços dos constituintes das respectivas emulsões foi possível calcular o custo da emulsão por quilograma enquanto indicador da relação custo/funcionalidade da proteína. Este valor permitiu averiguar se o preço de uma proteína com menor funcionalidade era suficientemente baixo para compensar um maior nível de adição na formulação dos produtos cárneos. Assim, uma proteína com menor custo de emulsão por quilograma obteve uma melhor classificação. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 8.

As proteínas com melhor classificação foram as proteínas de soja, sendo que a que apresentou a melhor relação custo/benefício foi a proteína de soja dispersível (0,49 €/kg emulsão), seguida da soja funcional (0,51 €/kg emulsão) e da soja não funcional (0,57 €/kg emulsão). Esta ordem nas classificações está de acordo com as informações fornecidas pelas fichas técnicas destas proteínas. De facto, a proteína de soja dispersível tinha maior teor proteico (70% em matéria seca) e foi produzida de modo a melhorar as suas propriedades de retenção de água, enquanto a proteína de soja funcional tinha como principais propriedades emulsionar gordura e água e contribuir para uma textura firme. No caso da soja não funcional, como o nome indica, era esperado que esta apresentasse

menor funcionalidade, contribuindo para aumentar o teor proteico dos produtos cárneos. A boa classificação desta, face a outras proteínas com maior funcionalidade, deve-se em parte ao seu baixo preço.

No que diz respeito às proteínas de origem animal, embora a proteína de soro de leite tenha sido aquela que globalmente teve maior poder de retenção (7,5 kg de água + 2,5 kg de gordura) o seu preço (7,3 €/kg) levou a que tivesse uma classificação baixa (0,84 €/kg emulsão), o que foi também a desvantagem do caseinato de sódio (7,78 €/kg e 1,27 €/kg de emulsão). A proteína de plasma e colagénio teve, em relação à proteína de soro de leite, menor capacidade de retenção de água e uma capacidade de retenção de gordura apenas ligeiramente superior (1:3:5 contra 1:2,5:7,5). No entanto o seu preço mais baixo (5,10 €/kg) levou a que tivesse uma classificação superior (0,82 €/kg de emulsão). A proteína de colagénio foi a que apresentou pior classificação (3,31 €/kg de emulsão, valor igual ao seu preço) pois não apresentou a funcionalidade desejada. A ausência de funcionalidade da proteína de colagénio está de acordo com a sua ficha técnica que apenas indica como aplicações a substituição de sal e de glutamato monossódico, potenciador de sabor e melhorador de textura.

Tabela 8 - Quadro resumo da capacidade de retenção de água e de gordura das várias proteínas exteriores em estudo e classificação das mesmas com base na relação custo/funcionalidade (preço em €/kg de emulsão)

Proteína e preço (€/kg)	Ótimo Água ¹ (Prot:Água)	Ótimo Gordura ² (Prot:Gord:Água)	Total Emulsão (kg) para 1 kg proteína	Custo Emulsão ^{4,5} (€)	Custo Emulsão ⁷ (€/kg)	Classificação (1 a 7)
CONCENTRADO DE SOJA FUNCIONAL (1,87)	1:4,4	1:3,5:4,4	8,9 ³	4,52 ⁶	0,51	6
CONCENTRADO DE SOJA NÃO FUNCIONAL (1,5)	1:2,4	1:2,5:2,4	5,9	3,39	0,57	5
CONCENTRADO DE SOJA DISPERSÍVEL (2,2)	1:5,4	1:3,5:5,4	9,9	4,85	0,49	7
PROTEINA DE SORO DE LEITE (7,3)	1:7,5	1:2,5:7,5	11	9,21	0,84	3
CASEINATO DE SÓDIO (7,78)	1:3,5	1:4:3,5	8,5	10,8	1,27	2
PROTEINA DE COLAGÉNIO (3,31)	1:0	1:0:0	1	3,31	3,31	1
PROTEINA DE PLASMA E COLAGÉNIO (5,1)	1:5	1:3:5	9	7,37	0,82	4

¹ Quantidade máxima de água que a proteína consegue reter sem perder o comportamento gel.

² Quantidade máxima de gordura (toucinho) que a proteína consegue reter, na proporção do ótimo de água, sem ultrapassar 1 % de libertação de gordura.

³ Exemplo: 1 kg proteína + 4,4 kg água + 3,5 kg gordura = 8,9 kg emulsão; ⁴ Preço água = 0,0049 €/kg; ⁵ Preço gordura (toucinho) = 0,75 €/kg

⁶ Exemplo: 1 kg proteína x 1,87 €/kg + 4,4 kg água x 0,0049 €/kg + 3,5 kg gordura (toucinho) x 0,75 €/kg = 4,52 kg emulsão; ⁷ Custo (€/kg) = Custo (€) / Total (kg)

4. Conclusões

Os ensaios conduzidos mostraram que cada proteína possuía características de comportamento muito próprias, tanto em relação ao aspecto das massas (antes e após cozedura) e à dureza (resistência à penetração), como em relação à capacidade de reter água e gordura. Isto deve-se à diferente origem, composição e estrutura das proteínas, mas também à manipulação que sofrem durante o seu processo de fabrico com vista a obter diferentes aptidões.

Na relação custo/funcionalidade, as proteínas de soja foram as melhores, o que se deve à sua funcionalidade e ao seu baixo preço, sobretudo no caso da proteína de soja não funcional, que justifica uma maior adição desta proteína na formulação para obter o mesmo efeito. Esta é uma das razões que leva a que sejam das proteínas mais usadas nos produtos cárneos emulsificados.

A proteína de soro de leite foi aquela que apresentou melhor capacidade de retenção de água (7,5 kg de água/ kg proteína) enquanto o caseinato de sódio apresentou a melhor capacidade de retenção de gordura (4 kg de gordura/kg caseinato). O facto de as proteínas oferecerem maior capacidade de retenção de água ou maior capacidade de retenção de gordura leva a que na formulação dos produtos cárneos seja frequente a conjugação de várias proteínas, cárneas e não cárneas, para atingir a capacidade de retenção desejada. Por exemplo, na formulação de um produto cárneo que apresente formação de bolsas de gordura fundida no interior da massa, sem no entanto apresentar muita libertação de água, pode ser adicionado caseinato de sódio para melhorar a retenção da gordura.

Embora tivesse menor capacidade de retenção de gordura (5 kg de água/ kg proteína) a proteína de plasma e colagénio obteve um custo de emulsão inferior ao da proteína de soro de leite (0,82 €/kg e 0,84 €/kg respectivamente).

A proteína com pior classificação foi a proteína de colagénio de suíno que não apresentou a funcionalidade desejada, o que está de acordo com a ficha técnica. Assim, a incorporação desta proteína permite aumentar o teor proteico do produto, sem no entanto ter grande relevância na capacidade de retenção de água e de gordura. As suas características como sejam o sabor e aroma intensos e a temperatura de desnaturação diferente das proteínas miofibrilares¹⁵ levam a que a incorporação desta proteína seja feita baixa percentagem do total da massa.

Em futuras avaliações de proteínas alternativas do mesmo tipo das estudadas, apresentadas por outros fornecedores dever-se-á primeiramente fazer um estudo similar a este de forma a verificar se o custo de emulsão é inferior ou superior aos obtidos de modo a

¹⁵ Ver 1.3.2.2. Proteínas derivadas da carne - Colagénio

verificar se existe rentabilidade na alteração. Se o custo de emulsão for inferior poder-se-á avançar para testes em produto à escala da planta piloto.

No caso da proteína de colagénio e da proteína de plasma e colagénio, que eram apontadas como possíveis alternativas à proteína de soro de leite, apenas a segunda apresentou um custo de emulsão inferior. Esta vantagem, acrescida das semelhanças ao nível do processamento entre a proteína de plasma e colagénio e a proteína de soro de leite, levam a que se considere esta substituição nas formulações. Para tal, é preciso prosseguir o estudo em testes de produto que avaliem se a vantagem se mantém aquando da interacção com outros ingredientes e se não existem diferenças significativas ao nível da análise sensorial.

Por fim, apesar do método seguido pretender simular o processamento dos produtos cárneos emulsificados, os dados recolhidos por este estudo podem também ser úteis para a formulação de outros produtos cárneos em que se exija a retenção de água e gordura.

Referências bibliográficas

- Álvarez, D. Castillo, M., Payne, F.A., Garrido, M.D., Bañon, S., Xiong, Y.L. (2007). Prediction of meat emulsion stability using reflection photometry. *Journal of Food Engineering*, 82, 310-315.
- Angelini, A.P.R. (2011). *Quantificação do colágeno, da composição centesimal e estudo do balanço de massa dos nutrientes declarados, na avaliação da qualidade de salsichas*. Belo Horizonte, MG: Faculdade de Farmácia da UFMG. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da faculdade de Farmácia da Universidade federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de *Magister Scientiae* em Ciência de Alimentos.
- Anônimo (2008). As proteínas lácteas. *Aditivos e Ingredientes*, 57, 30-40. São Paulo: Insumos.
- Baracco, P., Berger, Y., Chansac, D., Cottenceau, M., Durand, P., Frenzt, J.-C., Giron, J., Guerrin, J., Jacquet, B., Juillard, A., Monge, M., Pinel, M., Poterre, P., Siramim, J., Solignat, G., Zert, P. (1990). *L'encyclopedie de Lla charcuterie : dictionnaire encyclopedique de la charcuterie* (3eme ed.). France: Soussana.
- Becher, P. (1965). *Emulsions: theory and practice* (2nd ed.). New York: Reinhold
- Belitz, H.-D., Grosh, W., Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (4th ed.). Heidelberg: Springer.
- Berk, Z. (1992). *Technology of production of edible flours and protein products from soybeans*. Rome: Food and Agriculture Organization (Fao agricultural services bulletin; 97).
- Bottomley, R.C., Evans, M.T.A., Parkinson, C.J. (1990). Whey proteins. In Harris, P. (Ed.). *Food Gels* (pp. 435-466). London: Elsevier Applied Science.
- Costa, A.M.F. (2004). *Estudo da funcionalidade do isolado proteico obtido a partir do subproduto resultante da produção de banha*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia. Relatório do trabalho de fim de curso de Engenharia Alimentar.
- Egbert, W.R., Payne, C.T. (2009). Plant proteins. In. Tarté, R. (Ed.). *Ingredients in meat products: properties, functionality and applications* (pp.111-129). New York: Springer.
- EPCON, Evaporation Technology AS (2011). *Flash cooler: concentration and instant cooling*. Disponível em: <http://www.epcon.org/PDF/flashcooling.pdf>. Acesso em: 13 de Setembro de 2012.
- Esquivel, O. (2008). *Evitando los sacos de grasa en productos emulsificados*. Disponível em: <http://www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/1494?allowquest=true>. Acesso em: 2 de setembro de 2012.

- Flores, M., Giner, E., Fiszman, S.M., Salvador, A., Flores, J. (2007). Effect of a new emulsifier containing sodium stearoyl-2-lactylate and carrageenan on the functionality of meat emulsion systems. *Meat Science*, 76, 9-18.
- Food Standards Agency (2010). *The production of meat preparations obtained by desinewing meat*. Disponível em: <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/desinewinginfonote.pdf>. Acesso em: 14 de Setembro de 2012.
- Fox, P.F. (1984). The milk protein system. In Mcloughlin, J.V., Mckenna, B.M. (Eds). *Food science and technology: present status and future direction* (pp.177-202). Dublin: Boole Press Limited (Research in Food Science and Nutrition Vol. 5).
- Freitas, M (2002). *Determinação da capacidade de retenção de água e gordura, para dois tipos de matérias primas (cárneas e proteínas de soja), utilizadas no fabrico de pastas finas*. Évora: Universidade de Évora. Tese de licenciatura em Engenharia Zootécnica.
- Gaman, P.M., Sherrington, K.B. (1978). *The science of food: an introduction to food science nutrition and microbiology*. Oxford (US): Pergamon.
- Gerhardt, U. (1980). *Aditivos e alimentos*. Zaragoza: Acribia. Ciencia e tecnologia de la carne. Teoría y práctica 12.
- Huff-Lonergan, E. (2010). *Water-holding capacity of fresh meat*. Disponível em: <http://www.extension.org/pages/27339/water-holding-capacity-of-fresh-meat>. Acesso em: 2 de Setembro de 2012.
- IFST, Institute of Food Science & Technology (2007). *Dietary Fibre*. Disponível em: <http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CFAQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.ifst.org%2Fdocument.aspx%3Fid%3D117&ei=4G9SUPzVIPIrQe-zIDACA&usq=AFQjCNF1cm2FNhk5EGAi9DXV12Ch2xBmGg&sig2=irWn9U0FA7ml5Ae31ppBiA>. Acesso em: 13 de Setembro de 2012.
- Kinney, A.J. (2003). Engineering soybeans for food and health. *AgBioForum*, 6(1 e 2), 18-22. Disponível em: <http://www.agbioforum.org/v6n12/v6n12a06-kinney.htm>. Acesso em: 14 de Setembro de 2012.
- Lusas, E. (s/data). *Modern texturised soy proteins: preparation and uses*. American Soybean Association. Disponível em: <http://www.asaim-europe.org/backup/pdf/texturised.pdf>. Acesso em: 28 de Agosto de 2012.
- McClements, D.J. (1999). *Food emulsions: principles, practice and techniques*. New York: CRC Press.
- McGuire, A.E.R. (2009). *Evaluando proteínas no cárnicas para mejorar textura y retención de humedad*. Disponível em: <http://www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/10616?allowquest=true>. Acesso em: 28 de Agosto de 2012.
- Monteiro, S.R., Lopes da Silva, J.A. (2008). Rheological studies on the gelation of soy protein hydrolysates: effect of protein hydrolysis degree and galactomannan addition. In Guerrero, A., Muñoz, J., Franco, J.M., (Eds.). *Rheology in product design and engineering. IBEREO 2008 conference* (pp. 33-35). Sevilla: Grupo Español de Reología.

- National Soybean Research Laboratory (s/data). *Soybean nutrition. Nutritional and health benefits of soybeans*. Disponível em: <http://www.nsrل.uiuc.edu/aboutsoy/soynutrition.html>. Acesso em: 28 de Agosto de 2012.
- Olivo, R. (s/data). *Fatores que influenciam as características das matéria-primas cárneas e suas implicações tecnológicas*. Disponível em: <http://www.globalfood.com.br/site/site/arquivos/03.pdf>. Acesso em: 28 de Agosto de 2012.
- Pagno, C.H. *et al.* (2009). Obtenção de concentrados protéicos de soro de leite e caracterização de suas propriedades funcionais tecnológicas. *Alimentos e Nutrição*, 20(2), 231-239.
- Patel, R.P., Patel, M.P., Suthar, A.M. (2009). Spray drying technology: an overview. *Indian Journal of Science and Technology*, 2(10), 44-47.
- Pearson, A.M. (1983). Soy proteins. In Hudsno, B.J.F. (Ed.). *Developments in food proteins – 2* (pp. 67-104). London: Applied Science.
- Pearson, A.M., Gillett, T.A. (1996). *Processed meats* (3rd ed.). New York: Aspen Publishers.
- Phillip, L., Whitehead, D., Kinsella, J. (1994). Protein films. In Phillip, L., Whitehead, D., Kinsella, J. (Eds.). *Structure-function properties of food proteins* (pp.111-130). Academic Press.
- ProSonix (s/data). *ProSonix™ OptiShear™ Jet Cooker for starch processing*. Disponível em: <http://www.thermalproducts.com/attachments/article/8/PSX%20C-Series%20Jet%20Cooker%200810A.pdf>. Acesso em: 13 de Setembro de 2012.
- Scanio (s/data). *Directions for use: Scanio scanalyser vers. 7.00*.
- Sebranek, J. (2011). *Midiendo la capacidad de retención de agua de los productos cárnicos*. Disponível em: <http://www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/19413?allowquest=true>. Acesso em: 2 de Setembro de 2012.
- Solae (s/data). *Alternativas aos Produtos Lácteos*. Disponível em: <http://www.solae.com.br/Ingredientes-de-Soja/Substituto-Leite.aspx>. Acesso em: 28 de Agosto de 2012.
- Talsa (2012). *Catálogo completo Talsa 2012*. Disponível em: http://www.talsanet.com/enq/talsa_eng.htm. Acesso em: 28 de Agosto de 2012.
- Tarté, R. (2009). Meat-derived protein ingredients. In Tarté, R. (Ed.). *Ingredients in meat products: properties, functionality and applications* (pp.145-171). New York: Springer.
- van Eys, J.E., Offner, A., Bach, A. (s/data). *Manual of quality analyses for soybean products in the feed industry*. American Soybean Association. Disponível em: http://www.asaim-europe.org/backup/pdf/ASA_Manual_Complete.pdf. Acesso em: 28 de Agosto de 2012.
- Viskase (2011). *Visflex® polyamide casings*. Disponível em: http://www.viskase.com/Files/Document/English_Viskase-VISFLEX%20v2.pdf. Acesso em: 28 de Agosto de 2012.

Wisconsin Center for Dairy Research, Wisconsin Milk Marketing Board (s/data). *Dairy proteins*. Disponível em: http://www.cdr.wisc.edu/programs/dairyingredients/pdf/dairy_proteins.pdf. Acesso em: 28 de Agosto de 2012.

Wrolstad, R.E., Acree, T.E., Decker, E.A., Penner, M.H., Reid, D.S., Schwartz, S.J., Shoemaker, C.F., Smith, D.M., Sporns, P. (Eds.) (2000). *Handbook of food analytical chemistry: water, proteins, enzymes, lipids, and carbohydrates*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Xiong, Y.L. (2009). Dairy proteins. In. Tarté, R. (Ed.). *Ingredients in meat products: properties, functionality and applications* (131-143). New York: Springer.

Zayas, J.F. (1997). *Functionality of proteins in food*. Berlin: Springer.