

# Encapsulamento de óleo de peixe para uso em alimentos mediante emulsificação por membrana seguida por atomização

Fernanda Kuhn<sup>1\*</sup>, Jacir Dal Magro<sup>1</sup>, Sarathi Raja<sup>2</sup>, Montse Ferrando<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - Universidade Comunitária da Região de Chapecó - Unochapecó, Av. Senador Atílio Fontana, 591-E, Efapi - Cep: 89809-0002;

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Química - Universidade Rovira y Virgili, Av. Paisos Catalans, 26, 43007, Tarragona, Espanha.

\*ferkuhn@unochapeco.edu.br

**Resumo.** O óleo de peixe é constituído de uma importante fonte natural de ácidos graxos ômega-3. Estudos demonstram que a ingestão destes compostos está diretamente relacionada com a prevenção de certos tipos de câncer, inflamações e alergias, assim como uma melhora no desenvolvimento e funcionamento do sistema nervoso central. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes emulsificantes e do material das membranas poliméricas utilizadas na etapa de emulsificação por membrana (EM Premix) para o encapsulamento de óleo de peixe, seguido pela atomização com a utilização do spray dryer. Como agente encapsulante, a maltodextrina foi utilizada. O emulsificante que apresentou melhores resultados para os tamanhos de partículas e a distribuição do tamanho das mesmas na emulsão (1,063  $\mu\text{m}$ , span 0,66) foi o Tween 20 (Monolaurato de sorbitan polioxietileno), juntamente com a membrana de nylon. O maior fluxo transmembrana (29,595  $\text{Kg/m}^2\text{s}$ ) também foi obtido com Tween 20 e com a membrana de nylon.

**Palavras-chave:** óleo de peixe; emulsificação por membrana; encapsulamento; atomização

*Encapsulation of fish oil for food use by membrane emulsification followed by atomization. Fish oil consists of an important natural source of omega-3 fatty acids. Studies have shown that the intake of these compounds is directly related to the prevention of specific kinds of cancer, inflammation and allergies, as well as an improvement in development and function of the central nervous system. This study aimed to evaluate the effect of different emulsifiers and polymeric material membranes used in membrane emulsification step (EM Premix) for the encapsulation of fish oil, followed by atomization using the spray dryer. The maltodextrin was used as encapsulating agent. The emulsifier that showed better results for size and particle size distribution in the emulsion (1.063  $\mu\text{m}$ , span 0.66) was Tween 20 (polyoxyethylene sorbitan monolaurate), together with the nylon membrane. The larger transmembrane flux (29.595  $\text{Kg/m}^2\text{s}$ ) was also obtained using Tween 20 and with the nylon membrane.*

**Keywords:** fish oil, membrane emulsification, encapsulation, atomization.

Recebido: 27 Janeiro de 2014; aceito: 15 de Julho de 2014, publicado: 15 de Agosto de 2014.

DOI: 10.14685/rebrapa.v5i1.133

## INTRODUÇÃO

Existe um crescente interesse por parte dos consumidores quando o assunto é dieta e saúde, o que tem levado a indústria de alimentos a desenvolver produtos com um elevado valor

nutricional capaz de proporcionar benefícios para a saúde humana. Entre os numerosos compostos bioativos a que se associa um efeito saudável quando incorporados na dieta destacam-se os ácidos graxos poliinsaturados de

cadeia longa. Em particular, se atribui à ingestão dos ácidos graxos ômega-3 a prevenção de certos tipos de câncer, inflamações e alergias, assim como uma melhora no desenvolvimento e funcionamento do sistema nervoso central. O óleo de peixe constitui uma fonte natural de ácidos graxos ômega-3, especialmente de ácidos de cadeia longa eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA) (KOLANOWSKI *et al.*, 2006).

No entanto, a formulação de alimentos enriquecidos com óleo de peixe apresenta importantes dificuldades tecnológicas, principalmente derivadas de: (I) sua alta susceptibilidade a oxidação, (II) seu sabor pouco agradável e (III) a insolubilidade em água. Neste sentido, a microencapsulação se propõe como uma alternativa tecnológica que permite resolver esses problemas (WU e QIN, 2005).

Uma das técnicas mais comuns para a produção de produtos encapsulados é a secagem por atomização (Spray drying). Esta técnica é utilizada não só para a secagem de distintos produtos alimentícios, como também para a microencapsulação específica de ingredientes alimentícios diversos, tais como aromas, corantes e óleos (PSZCZOLA, 1998).

A aplicação do processo de secagem por atomização na microencapsulação envolve quatro etapas: preparação da dispersão ou emulsão para ser processada, homogeneização da dispersão, atomização da emulsão de alimentação e a desidratação das partículas atomizadas (SHAHIDI e HAN, 1993).

Existem muitos métodos para produzir emulsões, convencionalmente são obtidas pela ruptura mecânica das gotas, que ocorre por deformação da fase dispersa na fase contínua. Porém, estes sistemas de produção de emulsões apresentam importantes limitações tais como: dificuldades para controlar a distribuição do tamanho da gota, o que pode danificar moléculas sensíveis ao estresse mecânico, como por exemplo, as proteínas (NAZIR *et al.*, 2010).

Para melhorar o processo, desenvolveram-se métodos de emulsificação que empregam sistemas microestruturados, tais como Emulsificação por Membrana de fluxo tangencial ou direta, EM Direta (*Cross-flow* ou

*Direct Membrane Emulsification*) e a Emulsificação por membrana mediante pré-mistura, EM Premix (*Premix Membrane Emulsification*) (TRENTIN *et al.*, 2010).

A etapa de EM Premix exerce um importante papel na otimização da eficácia da encapsulação do óleo de peixe, já que a distribuição e o tamanho das partículas correlacionam-se com este parâmetro, além disso, é uma técnica de emulsificação com baixo requerimento energético. Grande parte das pesquisas publicadas para a produção de microcápsulas de óleo de peixe combina a homogeneização de alta pressão ou sistemas de agitação mecânica para obter emulsões seguidas por atomização (DZIEZAK, 1988).

Por apresentar as vantagens mencionadas anteriormente, e por tratar-se de uma técnica nova como etapa prévia à encapsulação de óleo de peixe, EM Premix foi estudada no presente trabalho. Foram realizados estudos experimentais com emulsões O/A (ÓLEO/ÁGUA) preparadas mediante uma técnica de emulsificação de baixa energia (Emulsificação por membrana, EM), seguida de secagem por atomização. O objetivo principal foi estudar o efeito da técnica de emulsificação utilizando diferentes tipos de emulsificantes e membranas na encapsulação de óleo de peixe.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Preparo das Emulsões**

As emulsões O/A (ÓLEO/ÁGUA) foram preparadas com 10% de óleo de peixe (SIGMA – ALDRICH – Life Science - Germany) sendo a fase dispersa e água destilada como a fase contínua. Tween 20 (Monolaurato de sorbitan polioxietileno – Panreac Química - Spain), proteína de soro de leite concentrada (WPC - Davisco Foods International - USA) e proteína de soro de leite hidrolizada (WPH- Davisco Foods International - USA) foram utilizadas em diferentes concentrações como agentes emulsificantes para a formação das emulsões, como apresentado na Tabela 1. A quantidade de emulsificante foi calculada em relação à fase dispersa.

Inicialmente, a dissolução do emulsificante na fase contínua foi preparada mediante agitação

por duas horas a uma velocidade de 500 rpm com a utilização de um agitador eletromagnético (Selecta – Agimatic). A fase dispersa foi adicionada na fase contínua e a mistura de ambas as fases foi realizada em um sistema de homogeneização de rotor estator (Ultra – Turrax®, modelo T18, IKA) a 15.500 rpm durante 2 minutos para as emulsões com menor concentração de emulsificante (1 e 2%) e 20.000 rpm durante 4 minutos para as emulsões com maior quantidade de emulsificante (10%), formando assim, uma emulsão polidispersa de elevado tamanho de partículas.

**Tabela 1** - Formulação das emulsões.

Emulsificantes	Emulsificação
A) 2% Tween	Rotor estator (15.000 rpm 2min) + EM
B) 1% WPC	Rotor estator (15.000 rpm 2 min) + EM
C) 1% WPH 001	Rotor estator (15.500 rpm 2min) + EM
D) 10% WPH 001	Rotor estator (20.000 rpm 4min) + EM

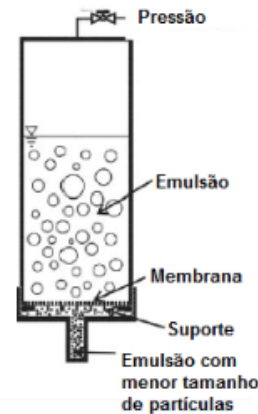
### Emulsificação por Membrana

Para a etapa de emulsificação, utilizou-se dois tipos de membranas poliméricas: membranas MCE (compostas de uma combinação de acetato de celulose e nitrato de celulose - Sterlitech Corporation ref. MCEB0847100SG) e membranas de nylon (Whatman ref. cat. no. 7408-004), ambas com 47 mm de diâmetro e 0,8 µm de tamanho de poro. O diâmetro efetivo das membranas era de 41 mm quando incorporadas no equipamento de emulsificação.

A emulsão foi colocada no reservatório premix, conforme mostra a Figura 1 e com a aplicação de nitrogênio a uma pressão de 700 kPa a emulsão resultante desse processo foi recolhida em um erlenmeyer sobre uma balança (BEL Mark 3100), conectada a um computador que registrava o tempo e a massa de emulsão que passava pela membrana a cada segundo. O procedimento premix se repetiu por 3 vezes para cada emulsão, com o propósito de obter a emulsão final com menor tamanho de partículas. O fluxo de permeado da emulsão através da membrana durante EM premix foi calculado de acordo com a Equação 1.

$$J = \frac{m}{t \cdot A} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde J é o fluxo (kg.m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) transmembrana, m é a massa da emulsão registrada na balança (Kg), t tempo requerido para que a emulsão passe através da membrana (s) e A é a área efetiva da membrana (m<sup>2</sup>).



**Figura 1** – Reservatório Premix (LAMBRICH e SCHUBERT 2005).

### Análise da Distribuição do Tamanho das Partículas na Emulsão

As amostras das emulsões O/A resultantes da emulsificação EM premix foram analisadas através de um método de dispersão por luz laser, utilizando o equipamento Mastersizer (Malvern 2000), que determina a distribuição do tamanho das partículas da emulsão (média do tamanho de gota e dispersão). O tamanho médio das gotas e a dispersão expressaram-se como o diâmetro de Sauter (D<sub>3,2</sub>) e o fator de amplitude relativa, span, respectivamente. Ambos foram medidos ao final do terceiro ciclo da EM Premix.

O fator de amplitude relativa é um parâmetro adimensional que indica a uniformidade da distribuição do tamanho da gota e se define de acordo com a Equação 2.

$$\text{Span} = \frac{d_{90} - d_{10}}{d_{50}} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde, d<sub>10</sub>, d<sub>50</sub> e d<sub>90</sub> são os diâmetros representativos, 10%, 50% e 90%, respectivamente correspondem ao volume total da emulsão composto de gotas de diâmetro menor ou igual a estes valores.

Para o diâmetro de Sauter, tem-se a Equação 3, onde  $n_i$  é o número de gotas de diâmetro  $d_i$ .

$$D_{3,2} = \frac{\sum_i n_i d_i^3}{\sum_i n_i d_i^2} \quad \text{Eq. (3)}$$

### Encapsulamento e Atomização

Como agente encapsulante utilizou-se 30% de maltodextrina (Aldrich Chemistry – MKBC7872) nas emulsões com concentração de emulsificante de 1 e 2% e 20% de maltodextrina para as emulsões compostas de 10% de emulsificante. As emulsões com maltodextrina foram agitadas em um agitador magnético durante 4 a 5 horas a uma velocidade de 500 rpm para a formação da “parede” das microcápsulas. Após esta etapa, iniciou-se o processo de atomização, utilizando um mini spray dryer (Buchi B 290).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Influência do Material da Membrana e da Natureza dos Emulsificantes na Estabilidade da Emulsão

Foram preparadas emulsões com diferentes tipos e concentrações de emulsificantes (WPC, WPH e Tween 20), empregando dois tipos de membranas de microfiltração, nylon e MCE, ambas com um tamanho de poro médio de 0,8  $\mu\text{m}$ . Todas as emulsões foram obtidas depois de 3 ciclos de EM Premix a uma pressão de 700 kPa.

As Figuras 2, 3, 4 e 5 mostram a evolução do tamanho de gota e do span com o número de ciclos durante EM premix. Observou-se uma diminuição no diâmetro das partículas com o aumento do número de ciclos em que a emulsão passa através da membrana. A maior diferença no tamanho de gota foi produzido durante o primeiro ciclo, a partir deste, o diâmetro diminuiu ligeiramente ou se manteve praticamente constante.

Quanto ao valor final do diâmetro de gota, as emulsões com Tween 20 foram as que apresentam um menor tamanho, independentemente da membrana utilizada. No

caso de emulsões com 1% de WPC e 1% de WPH, as emulsões produzidas com a membrana de nylon são as que possuem um menor tamanho de gota, como mostra a Tabela 2.

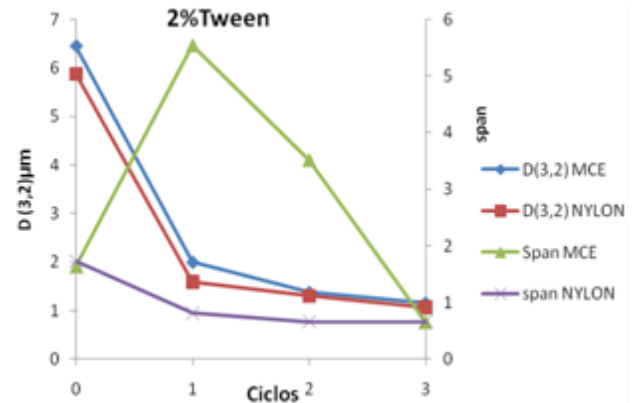


Figura 2 – Variação do D(3,2) e do span com as diferentes membranas para 2% de Tween.

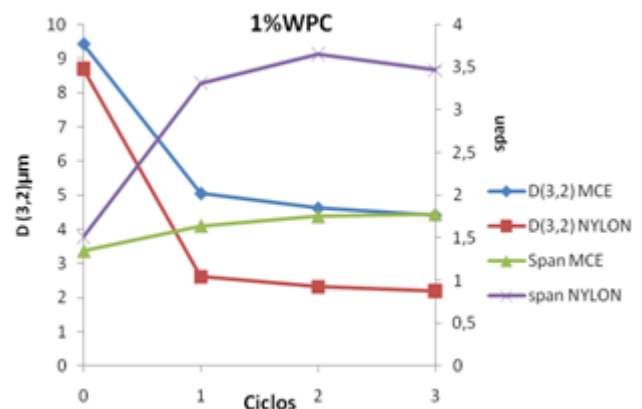


Figura 3 - Variação do D(3,2) e do span com as diferentes membranas para 1% de WPC.

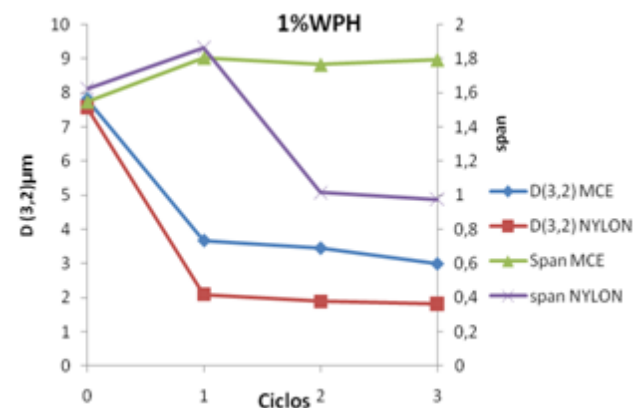
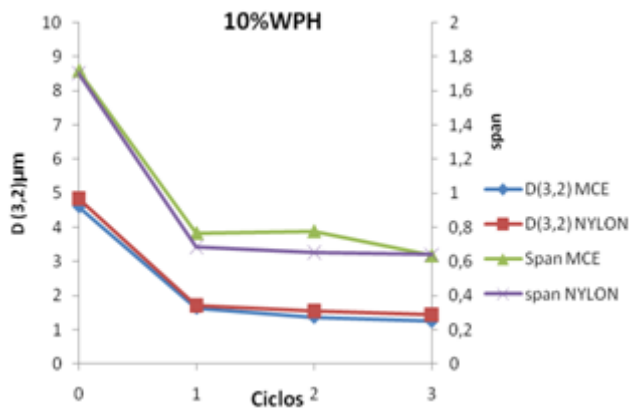


Figura 4 - Variação do D(3,2) e do span com as diferentes membranas para 1% de WPH.



**Figura 5** - Variação do D(3,2) e do span com as diferentes membranas para 10% de WPH.

Nos experimentos realizados com 10% de WPH, o tamanho de gota final obtido com as diferentes membranas foi menor para a membrana MCE. Neste caso, é necessário levar em consideração que as condições de operação para produzir a emulsão foram diferentes durante a primeira etapa de emulsificação (agitação com Ultra-Turrax): 20.000 rpm durante 4 minutos, sendo que para as emulsões com concentrações menores (1 e 2%) utilizou-se 15.500 rpm durante 2 minutos. A maior quantidade de energia empregada para produzir a emulsão com 10% de WPH, pode minimizar o efeito da natureza da membrana sobre a distribuição do tamanho da partícula.

Alguns trabalhos (TRENTIN *et al.*, 2009; SCHRODER *et al.*, 1998; TRENTIN *et al.*, 2010) mostram uma evolução no tamanho da gota durante EM Premix similar a observada no presente estudo. Os principais fatores que parecem determinar o tamanho final das partículas, são, entre outros, o tamanho do poro da membrana, a pressão transmembrana, a tensão interfacial e a cinética de adsorção na interface. A natureza e a concentração de emulsificante exercem um claro efeito sobre os dois últimos fatores. De acordo com isso, a maior eficiência do Tween 20 para reduzir o tamanho da gota se associa não unicamente a produção de uma maior redução na tensão interfacial da emulsão, mas também ao fato de que se adsorve mais rapidamente na interface da membrana por tratar-se de uma molécula de menor peso molecular do que as proteínas presentes em WPC e WPH.

Em relação ao efeito da concentração de proteína sobre a emulsão final, observa-se uma clara diminuição no tamanho das partículas ao aumentar a concentração, no caso de emulsões preparadas com 1 e 10% de WPH. Isso pode ser explicado a partir do comportamento das proteínas na interface. Durante a homogeneização, quando o óleo de peixe se rompe em gotas muito pequenas, o emulsificante que se encontra na fase contínua, “cobre” as gotas de óleo e as protege contra a coalescência. Se o recobrimento da superfície interfacial das gotas não é completo (devido por exemplo, a uma concentração insuficiente de proteína) produz-se uma floculação irreversível (DICKINSON, 1998). Ao contrário, um excesso de emulsificante, acima do necessário para a cobertura completa da superfície interfacial, pode aumentar a carga superficial, desnaturando as proteínas devido aos elevados gradientes de pressão gerados dentro do homogeneizador. Este tipo de desnaturação de proteínas pode ter uma influência significativa sobre a estabilidade e propriedades de emulsões (MCCLEMENTS, 2004).

**Tabela 2** - Diâmetro médio das gotas após a utilização de diferentes emulsificantes e membranas.

Emulsificante	Membrana	Diâmetro médio das gotas (µm)
2 % Tween 20	Nylon	1,063
	MCE	1,162
1% WPC	Nylon	2,192
	MCE	4,418
1% WPH	Nylon	1,824
	MCE	2,992
10% WPH	Nylon	1,448
	MCE	1,251

Segundo Dybowska (2011) quanto ao efeito do tipo de proteína sobre as características da emulsão, cabe mencionar que a hidrólise das proteínas do soro de leite exerce um efeito sobre o seu tamanho, assim como sobre sua viscosidade, densidade, capacidade emulsionante e a condutividade das dispersões de proteínas. Por estas razões, pode-se dizer que as emulsões preparadas com hidrolizados de proteína apresentam maior estabilidade.

Comparando-se os resultados obtidos com as proteínas WPC e WPH na mesma concentração (1%), observa-se certas diferenças entre as emulsões obtidas com a membrana MCE: WPC

resulta em um tamanho de gota de 4,418  $\mu\text{m}$  frente a 2,992  $\mu\text{m}$  de diâmetro obtido com WPH. Além do tamanho das gotas, a dispersão da distribuição foi quantificada mediante o span, por sua importância na estabilidade da emulsão (Figuras 2, 3, 4 e 5). Deve-se destacar que as diferenças quanto ao tipo de proteína, WPC frente a WPH, são observadas unicamente depois da EM Premix com a membrana de nylon. Nestas condições, a dispersão da emulsão produzida com a proteína não hidrolizada é muito maior.

No caso de emulsões preparadas com WPH, a membrana de nylon proporciona melhores resultados em termos de span. Com a WPC, os melhores valores de span foram obtidos com a membrana MCE, pois neste caso, observa-se uma diminuição do span.

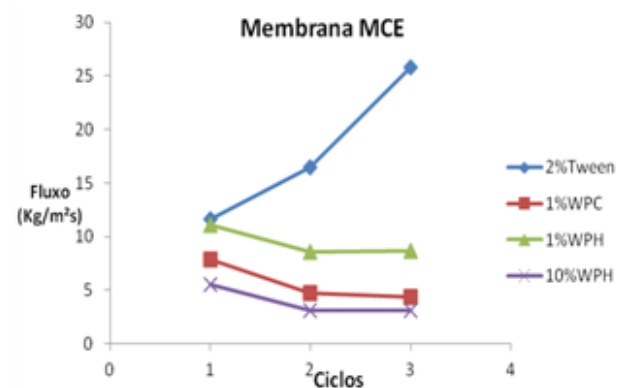
### Efeito do Material da Membrana e da Natureza dos Emulsificantes sobre o Fluxo Transmembrana

A produtividade dos procesos de emulsificação por membrana está diretamente relacionada com o fluxo transmembrana, já que determina os tempos de produção. Em EM direta, o fluxo máximo de fase dispersa é de uma ou duas ordens de magnitude menor que em EM premix. Isso é uma vantagem importante da EM premix, porém as sujidades presentes na membrana com o aumento dos ciclos de emulsificação podem ser um problema, já que tanto a fase contínua como a fase dispersa passam através da membrana e tem contato direto com ela. Embora as proteínas sejam submetidas a um estresse mecânico menor durante a EM premix, mesmo assim podem provocar uma significativa incrustação da membrana.

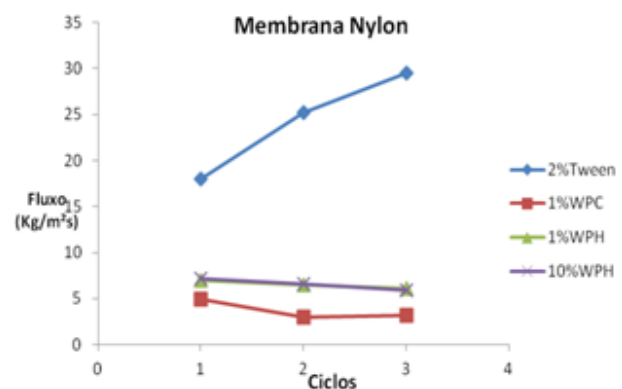
Os resultados mostram (Figuras 6 e 7) que, para as duas membranas, a emulsão que utiliza Tween 20 como emulsificante apresenta um fluxo maior, que aumenta com o número de ciclos, contrário ao que acontece com os demais emulsificantes (WPC e WPH). Isso ocorre devido ao fato de que Tween 20 não causa incrustações na membrana, ou seja, atua como um detergente e “abre/limpa” os poros da membrana.

Para Tween 20, os fluxos transmembrana foram similares independente da membrana utilizada. Com a utilização de WPC, observa-se uma considerável diminuição no fluxo obtido com as duas membranas, quando comparado com os resultados obtidos com Tween 20.

Quando empregou-se WPH (1%) como emulsificante, os valores obtidos com MCE foram superiores aos obtidos com a membrana de nylon. O comportamento de WPH foi diferente com as duas membranas, quando se compara com WPC. O fluxo apresenta valores maiores com a membrana MCE, ou seja, a resistência ao fluxo foi menor com esse tipo de membrana. Já para a concentração de 10% de WPH obteve-se um menor fluxo com MCE. Com a membrana de nylon, 10% de WPH apresenta um comportamento muito similar a concentração de 1%.



**Figura 6** - Fluxo transmembrana obtido com a membrana MCE.



**Figura 7** - Fluxo transmembrana obtido com a membrana de nylon.

As emulsões estabilizadas com proteínas mostraram um fluxo alto durante o primeiro ciclo de emulsificação, independentemente da membrana utilizada e da concentração de emulsificante e uma diminuição a partir do segundo ciclo, mantendo-se praticamente constante desde então.

O mesmo foi observado por Trentin et al. (2010), que utilizou albumina (BSA) como emulsificante na produção de emulsões O/A utilizando EM premix e também por Surth et al. (2008) quando utilizou a lecitina como emulsificante para produzir emulsões O/A com membranas SPG.

De acordo com Trentin et al. (2010) a diminuição do fluxo transmembrana observado quando adicionam-se proteínas como emulsificantes está relacionada com a obstrução dos poros da membrana. Isso pode ser resultado de diferentes fenômenos: a presença de grandes gotas de óleo de peixe que não puderam ser deformadas, nem “quebradas” devido a insuficiente redução da tensão interfacial pelo agente emulsionante. Também poderia ser causado pela adsorção da proteína nos poros da membrana, o que produz uma redução no diâmetro dos mesmos. O tipo de membrana determina em grande parte o alcance da sujidade da membrana, quando se utiliza uma só proteína como emulsionante ou uma mistura de proteínas. Para a membrana de nylon, a hipótese inicial é que estas fortes interações entre a proteína e membrana reduzem a eficiência da proteína como composto ativo de superfície.

## CONCLUSÃO

Através dos experimentos realizados foi possível verificar que a produção de emulsões estáveis depende em grande parte da natureza do emulsificante e também do material da membrana utilizada no processo de emulsificação. Estes parâmetros exercem grande influência no diâmetro médio das partículas e em sua distribuição na amostra, assim como no fluxo transmembrana, que está relacionado com a produtividade do processo.

Este estudo demonstrou que emulsões de baixa polidispersão com óleo de peixe de baixa polidispersão podem ser produzidas pela

aplicação de uma pré-mistura com um tensoativo não iônico, tween 20 em uma membrana polimérica, tal como nylon. Além disso, os resultados demonstram que a membrana de nylon combinada com o agente emulsificante Tween foi possível obter o menor tamanho médio de partículas ao final do processo de emulsificação (1,063 µm).

Os emulsionantes protéicos WPC e WPH, ocasionaram obstruções tanto na membrana de Nylon, como na MCE, diminuindo conseqüentemente o fluxo transmembrana. Já o Tween 20 não ocasionou essas obstruções, o que resultou em um elevado fluxo quando comparado com os emulsificantes protéicos.

## REFERÊNCIAS

- DICKINSON, E. Proteins at interfaces and in emulsions-stability, rheology and interactions. **Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions**. v. 94, n. 12, p. 1657–1669, 1998.
- DYBOWSKA, B. E. Whey protein-stabilized emulsion properties in relation to thermal modification of the continuous phase. **Journal of Food Engineering**, v. 104, p. 81–88, 2011.
- DZIEZAK, J. D. Microencapsulation and encapsulated ingredients. **Food Technology**, v. 42, n. 4, p. 136-151, 1988
- KOLANOWSKI, W.; ZIOLKOWSKI, M.; WEIßBRODT, J.; KUNZ, B.; LAUFENBERG, G. Microencapsulation of fish oil by spray drying—impact on oxidative stability. Part 1. **European Food Research and Technology**, v. 222, n. 3-4, p. 336-342, 2006.
- LAMBRICH, U.; SCHUBERT, H. Emulsification using microporous systems. **Journal of Membrane Science**, v. 257, p. 76–84, 2004.
- MCCLEMENTS, D. J. Protein-stabilized emulsions. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**, v. 9, p. 305–313. 2004.
- NAZIR, A.; SCHROEN, K. S.; BOOM, R. Premix emulsification: A review. **Journal of Membrane Science**, v. 362, p. 1–11, 2010.
- PSZCZOLA, D. Encapsulated ingredients: providing the right fit. **Food Technology**, v.52, n.12, p.70-77, 1998.

SHAHIDI, F.; HAN, X. Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v. 33, p. 501–547, 1993.

SCHRODER, V.; SCHUBERT, H. Production of emulsions using microporous, ceramic membranes. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 152, p. 103–109, 1998.

SURTH, J.; JEONG, Y.G; VLADISAVLJEVI, G. T. On the preparation of lecithin-stabilized oil-in-water emulsions by multi-stage premix membrane emulsification, **Journal of Food Engineering**, v. 89, p. 164–170, 2008.

TRENTIN, A.; GÜELL, C.; LÓPEZ, F.; FERRANDO, M. Microfiltration membranes to produce BSA-stabilized O/W emulsions by premix membrane emulsification. **Journal of Membrane Science**, v. 356, p. 22–32, 2010.

TRENTIN, A.; FERRANDO, M.; LÓPEZ, F.; GUELL, C. Premix membrane O/W emulsification: Effect of fouling when using BSA as emulsifier. **Desalination**, v. 246, p. 15–22, 2009.

WU, K-G.; QIN, X. Microencapsulation of Fish Oil by Simple Coacervation of Hydroxypropyl Methylcellulose. **Chinese Journal of Chemistry**, v. 23, p. 1569-1572, 2005.