

# Extração de Óleo da Semente do Maracujá e Microencapsulação em Poli( $\epsilon$ -Caprolactona)

Jéssica Cintia Barbieri<sup>1</sup>, Fernanda Vitória Leimann<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento Acadêmico de Alimentos (DALIM); Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão (UTFPR-CM), Paraná, Brasil;

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, PPGTA; Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão (UTFPR-CM), Paraná, Brasil.

\* fernandaleimann@utfpr.edu.br

**Resumo.** O processamento do suco de maracujá gera uma grande quantidade de subprodutos, os quais são as sementes e cascas, que geralmente são descartados, tornando-se um problema de resíduo industrial. O óleo de semente de maracujá possui variada aplicação na indústria, porém este possui um alto teor de ácidos graxos insaturados, sendo suscetível a rancidez oxidativa. Uma alternativa para evitar a exposição do óleo para o ar atmosférico que leva a essa oxidação e aumentar assim a estabilidade do óleo é a sua microencapsulação. Neste trabalho o óleo das sementes de maracujá foi extraído com hexane e o óleo resultante foi microencapsulado por emulsificação/evaporação do solvente com poli( $\epsilon$ -caprolactona) (PCL). A influência das condições experimentais, taxa de agitação e quantidade de óleo, foi avaliada no diâmetro médio ( $D_p$ ) e distribuição de tamanhos (índice de polidispersão, PDI) das microcápsulas pelo Teste-t de Student com 95% de confiança. A interação da casca polimérica com o óleo encapsulado foi avaliada por Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). O rendimento da extração do óleo foi de 29,5%. Microcápsulas com 137,4  $\mu\text{m}$  foram obtidas quando 500 RPM de taxa de agitação foi utilizada. Foi observada diferença significativa no  $D_p$  entre as micropartículas branco (sem óleo) e as microcápsulas a 500 RPM. Quando a taxa de agitação foi aumentada para 1.000 RPM nenhuma diferença significativa foi observada para o  $D_p$  nem para o PDI das microcápsulas. Foi possível observar interações entre a casca polimérica e o óleo de semente de maracujá pelos espectros de FTIR.

**Palavras-chave:** emulsificação/evaporação do solvente, resíduos de maracujá, FTIR, diâmetro médio, distribuição de tamanhos.

*Extraction of passion fruit seed oil and microencapsulation in poly( $\epsilon$ -caprolactone). The processing of passion fruit juice generates a large amount of by-products, which are seeds and shells, which are usually discarded becoming an industrial waste problem. It represents significant waste amounts, turning it a scientific and technological interesting resource to add value. The passion fruit seed oil has a wide range of application in industry, but it presents a high content of unsaturated fatty acids, being susceptible to oxidative rancidity. An alternative to avoid the exposure of the oil to atmospheric air, that leads to its oxidation, and increase its stability is its microencapsulation. In this work the passion fruits seed oil was extracted with hexane and the resulting oil was microencapsulated by emulsification solvent evaporation with poly( $\epsilon$ -caprolactone) (PCL). The influence of the experimental conditions, stirring rate and oil amount, was evaluated on the final average diameter ( $D_p$ ) and size distribution (Polydispersion index, PDI) of the microcapsules by Students T-test with 95% of confidence. The interaction of the polymeric shell with the encapsulated oil was evaluated by Spectroscopy Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). The yield of oil extraction obtained was equal to 29.5%. Microcapsules with 137.4  $\mu\text{m}$  were obtained when 500 RPM of stirring rate was used. A significant difference was observed in  $D_p$  between the blank microparticles (no oil) and microcapsules at 500 RPM. When the stirring rate was increased to 1,000 RPM any significant difference was observed in the  $D_p$  nor in PDI to microcapsules. It was possible to observe interactions between the polymeric shell and the passion fruit oil by FTIR spectra.*

**Keywords:** emulsification/solvent evaporation, passion fruit waste, FTIR, average diameter, size distribution

Recebido: 18 de Agosto de 2014; aceito: 17 de Novembro de 2014, publicado: 18 de novembro de 2014.

DOI: 10.14685/rebrapa.v5i2.151

## INTRODUÇÃO

Estudar o fruto maracujá bem suas aplicações é de extrema importância, pois segundo a Central de Abastecimento de São Paulo (2001), o Brasil é o maior produtor mundial da fruta, onde vinte e seis estados produzem a mesma e dez desses detêm mais de 40% do volume da produção. No processamento do suco de maracujá as cascas e sementes são os principais subprodutos resultantes, que correspondem aproximadamente 70% do peso do fruto. Geralmente o subproduto não é aproveitado, tornando-se assim um problema de resíduo industrial (OLIVEIRA *et al.*, 2011). A casca constitui cerca de 60% e a semente de 6 a 12 % do peso total do fruto (FERRARI *et al.*, 2004). Por estes subprodutos representarem quantidades expressivas, é de interesse tecnológico, econômico e científico agregar valores aos mesmos.

Da semente de maracujá pode ser extraído o óleo que possui alto teor de ácidos graxos insaturados, sendo que seu rendimento pode atingir em torno de 25,7% do peso do farelo seco obtido. O óleo das sementes de maracujá possui teor de elevado ácidos graxos insaturados, com predominância do ácido linoleico (FERRARI *et al.*, 2004).

Para proteger e reduzir a reação espontânea do oxigênio atmosférico com os lipídios, que leva à deterioração oxidativa, pode ser realizada a microencapsulação do óleo. De acordo com Tonon *et al.* (2011) a microencapsulação de óleos em matrizes poliméricas é uma alternativa que tem sido usada por diversos pesquisadores visando a proteção de ácido graxos insaturados contra a oxidação lipídica, assim aumentando sua vida de prateleira. Além disso, a microencapsulação permite a liberação controlada de ingredientes lipofílicos funcionais podendo ser úteis na suplementação de alimentos com ácidos graxos poli-insaturados.

Com a técnica de emulsificação/evaporação do solvente podem ser produzidas micro ou nanopartículas, dependendo das condições experimentais empregadas (STAFF *et al.*, 2013; SAHOO *et al.*, 2011; REIS *et al.*, 2006). Parâmetros como tipo de solvente, composição e concentração do surfatante e velocidade de agitação em geral apresentam efeito

significativo sobre o tamanho de micropartículas (PATEL *et al.*, 2012). O controle do tamanho das micropartículas durante a sua preparação é importante já que, de acordo com (SIEPMANN *et al.*, 2004) a taxa de liberação do composto encapsulado aumenta com o aumento do tamanho de partícula.

A poli(ε-caprolactona) (PCL) é um polímero biocompatível e biodegradável que apresenta alta flexibilidade e cristalinidade e vem sendo utilizada como dispositivo de liberação controlada e implantes (BARROS *et al.*, 2006; WINZENBURG *et al.*, 2004; REIS *et al.*, 2013). Dessa forma a PCL torna-se interessante para ser aplicada como material de parede na microencapsulação do óleo de maracujá.

O presente trabalho apresenta um estudo do aproveitamento das sementes excedentes do processamento do suco do maracujá. O efeito da taxa de agitação, da etapa de emulsificação, no diâmetro final das microcápsulas foi avaliado estatisticamente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

O maracujá utilizado foi adquirido no mercado local de Campo Mourão (PR), hexano (P.A., Vetec) foi utilizado como solvente de extração do óleo, gelatina e Tween 80 (P.A., Dinâmica Química Contemporânea Ltda) foram utilizados como surfactantes, poli(ε-caprolactona) (PHB Industrial) como polímero encapsulante e diclorometano (P.A., Proquímios) como solvente da fase orgânica. Para as análises de FTIR foi empregado brometo de potássio (KBr, Sigma Aldrich).

### Extração do óleo de maracujá

#### Preparação das sementes de maracujá

As sementes do maracujá foram separadas da polpa e limpas com água corrente. Então as mesmas foram colocadas em uma bandeja de alumínio e levadas à estufa de convecção forçada (Cienlab) a 60 °C durante 5 h. Após secas as sementes foram armazenadas em um freezer (-10 °C) por 24 h. As sementes foram trituradas ainda congeladas em moinho de

bancada (Marconi) com classificação de saída do material triturado Mesh 20 (0,85 mm).

### Umidade das sementes de maracujá

A umidade das sementes trituradas foi determinada em estufa a 105 °C por 24 h. A massa das sementes anterior ao procedimento de secagem foi determinada como  $m_i$  (g) e após a secagem como  $m_f$  (g) e a umidade foi então calculada com a Equação 1.

$$U\% = \frac{(m_i - m_f).100}{m_i} \quad \text{Eq. (1)}$$

### Extração soxhlet

Para obtenção do óleo da semente do maracujá foi utilizado um extrator soxhlet, onde hexano foi utilizado como solvente (FERRARI *et al.*, 2004). Para aquecimento do balão uma manta de aquecimento (EduLab) foi utilizada e para resfriamento do condensador um banho termostático (Quimis) foi mantido a 15 °C. A amostra de sementes trituradas foi inserida em um cartucho de extração previamente seco em estufa e pesado, sendo a massa de amostra determinada como  $m_s$  (g). A extração foi mantida sob refluxo durante três horas e após este período o solvente foi evaporado em rota evaporador (Tecnal). Por fim a massa de o óleo extraída foi determinada como  $m_o$  (g). O rendimento da extração (R%) foi obtido com a Equação 2.

$$R\% = \frac{m_o \cdot 100}{m_s} \quad \text{Eq. (2)}$$

### Obtenção das microcápsulas

A obtenção das micropartículas foi feita de acordo com a metodologia descrita por Chen *et al.* (2000) com algumas modificações. O polímero (PCL, 1 g) e o óleo de maracujá (0,5 g) foram dissolvidos no solvente orgânico diclorometano (20 g), seguido de emulsificação em uma solução aquosa (200 mL), contendo os surfatantes Tween 80 (0,05% p/v) e gelatina (1% p/v) previamente solubilizados. Para o experimento branco (MOMB) o óleo não foi adicionado e sua massa foi substituída por PCL. A emulsão formada foi mantida sob agitação mecânica em um béquer durante 2 h e após este período sob agitação magnética por mais 16 h (temperatura ambiente) para evaporação do solvente e formação das microcápsulas. Na Tabela 1 são apresentadas as condições experimentais, sendo que cada experimento foi realizado em duplicata.

### Determinação do tamanho das microcápsulas por microscopia ótica

Para obtenção do tamanho das microcápsulas os diâmetros das mesmas foram determinados através das imagens obtidas no microscópio ótico (Bioval, modelo L-2000A) com o uso do software Size Meter (LEIMANN *et al.*, 2009). Pelo menos 300 medidas de tamanho foram tomadas para cada amostra. As imagens foram obtidas com aumentos de 40 e 100 vezes.

### Distribuição de tamanho das microcápsulas

A distribuição de tamanho das microcápsulas foi determinada foi meio da construção de histogramas. Os percentuais de microcápsulas foram classificados em faixas de tamanho variando de: 0 a 50 µm, 50 a 100 µm, 100 a 300 µm, 300 a 600 µm, 600 a 900 µm, 900 a 1.000 µm e 1.000 a 1.500 µm.

**Tabela 1** - Condições experimentais utilizadas para obtenção das microcápsulas.

Experimento	Rotação (RPM)	Óleo (g)	PCL (g)	Tween 80 (g)	Gelatina (g)	Água (mL)
MOMB	500	0,0	1,5	0,1	2	200
MOML	500	0,5	1,0	0,1	2	200
MOMH	1000	0,5	1,0	0,1	2	200

Também foi utilizada para análise de distribuição de tamanhos o índice de polidispersão (IPD, (LEIMANN *et al.*, 2013; VEIGA 2013)). Para tanto foi utilizada a Equação 3, onde  $\mu$  representa o diâmetro médio ( $\mu\text{m}$ ) e  $\sigma$  o respectivo desvio padrão ( $\mu\text{m}$ ).

$$IPD = \frac{\mu^2}{\sigma^2} \quad \text{Eq. (3)}$$

### Análise estatística

Tanto as médias de diâmetro obtidas para cada experimento quanto os IPDs foram submetidos ao Teste-t Student (95% de significância) utilizando o software Statistica 7.0.

### Determinação da interação do óleo com a casca polimérica por FTIR

Para a análise de FTIR as microcápsulas foram liofilizadas (Liotop L101). Também foram analisados os componentes puros (PCL, gelatina, Tween 80 e óleo da semente de maracujá) para comparação. Brometo de potássio (KBr, 100 mg) foi triturado juntamente com cada amostra (10 mg) a ser analisada em almofariz. Em seguida as misturas previamente trituradas foram inseridas em pastilhador e prensadas em prensa hidráulica (Bovenau, P15 ST) a 7 kgf. Finalmente os espectros foram obtidos na faixa de 4000-400  $\text{cm}^{-1}$  utilizando 32 acumulações e resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$  em espectrômetro Shimadzu (IR AFFINITY-1).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Rendimento da extração do óleo da semente de maracujá

A umidade da semente é importante para determinação do rendimento do óleo obtido. A umidade obtida na determinação foi igual a 7,17%. O resultados foi menor que o do trabalho de Oliveira *et al.* (2011) que obtiveram umidade das sementes nos frutos maduros de 14,83%, possivelmente devido à secagem em estufa após a lavagem das sementes que reduziu a umidade inicial.

Na extração do óleo da semente de maracujá obteve-se um rendimento de 29,5% a partir da

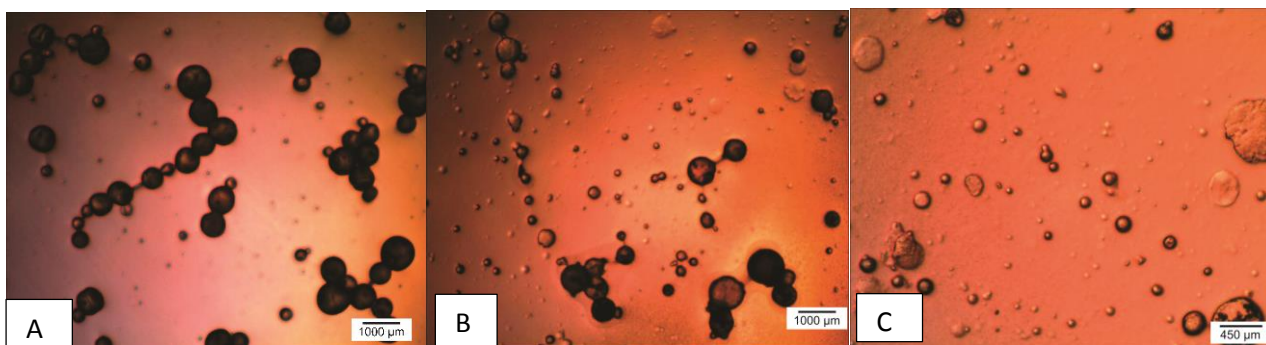
massa seca das sementes. O valor obtido está acima do obtido por outros autores, Ferrari *et al.* (2004) obtiveram por extração soxhlet um rendimento igual a 25,7%, já Liu *et al.* (2009) e Zahedi e Azarpour (2011) que realizaram extrações com CO<sub>2</sub> supercrítico obtiveram rendimentos otimizados iguais a 25,83 e 25,76% respectivamente. Possivelmente o maior rendimento no presente trabalho possa ser explicado pelo pré-tratamento de secagem das sementes após a sua remoção da fruta. Charles e Simon (1990) obtiveram um rendimento maior na extração de óleo essencial de manjeriço em amostras previamente secas do que das folhas frescas.

### Diâmetro médio e distribuição de tamanho das microcápsulas

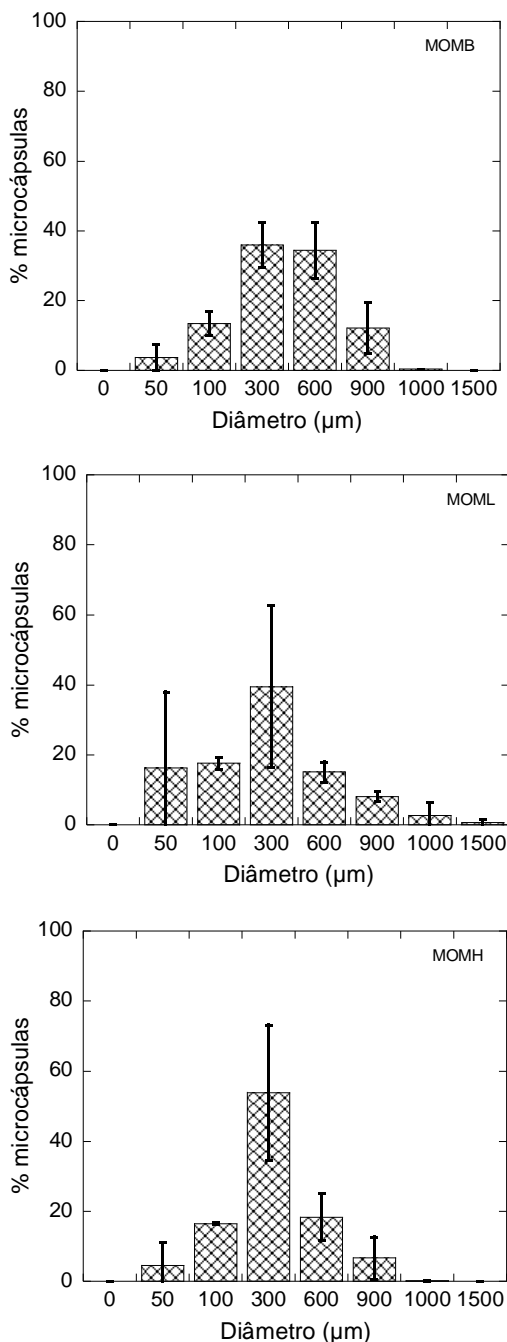
As imagens das microcápsulas de PCL contendo óleo de sementes de maracujá foram obtidas por microscopia ótica. Na Figura 1 são apresentadas imagens representativas de cada experimento. Na Figura 2 estão apresentados os histogramas de distribuição de tamanhos para os três experimentos avaliados. Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os diâmetros médios, os respectivos desvios, índices de polidispersão, bem como os resultados da análise estatística aplicada aos resultados.

Em todos os experimentos, como pode ser observado na Figura 1, as microcápsulas apresentaram forma esférica bem definida De acordo com os histogramas apresentados na Figura 2, pode se notar que a faixa com maior frequência de diâmetro foi a de 300  $\mu\text{m}$ , em todos os casos, além de distribuições monomodais.

Avaliando o efeito da taxa de agitação (MOML e MOMH) foi possível observar que com maior rotação a distribuição de tamanho ficou mais estreita. Segundo Liao *et al.* (2010), com o aumento da velocidade de agitação, o diâmetro médio das microcápsulas tendem a diminuir e sua distribuição de tamanho torna-se mais estreita. De acordo com Bachtisi *et al.* (1996), em geral o diâmetro médio das gotas de fase orgânica em uma dispersão líquido-líquido é determinado pelo balanço entre as forças



**Figura 1** – Micrografias das microcápsulas obtidas nas seguintes condições (a) MOMB (500 RPM, sem óleo-branco); (b) MOML (500 RPM, 0,5 g óleo) e (c) MOMH (1.000 RPM, 0,5 g óleo).



**Figura 2** – Histogramas com a distribuição do tamanho das microcápsulas MOMB (Branco, 500 RPM); MOML (500 RPM, 0,5 g óleo); MOMH (500 RPM, 0,5 g óleo).

turbulentas, que tendem a quebrar as gotas, e a tensão interfacial e forças viscosas, que tendem a manter as gotas unidas, ou seja coalescer. A coalescência ocorre quando a energia de adesão entre duas gotas é igual ou maior que a energia turbulenta causadora da dispersão (SHINNAR; CHURCH, 1960). É aparente que com o aumento da agitação a distribuição de tamanhos muda para diâmetros menores já que a energia cinética turbulenta associada com o quebramento das gotas aumenta. Ou seja, os diâmetros que foram detectados nas faixas acima de 900 µm no experimento MOML não puderam ser observadas no experimento MOMH devido à redução de tamanho causada pela elevação da taxa de agitação.

Quanto ao efeito da viscosidade da fase orgânica (MOMB e MOML), quando a taxa de agitação foi mantida constante, é possível observar que com a adição de óleo na formulação (MOML) houve um aumento na fração de microcápsulas menores que 100 µm. Hall *et al.* (2011) avaliaram o mecanismo do quebramento e gotas de silicone de diferentes viscosidades em fase aquosa e observaram que o tamanho das gotas aumentava com o aumento da viscosidade da fase dispersa. Sathyagal *et al.* (1996) também observaram que com o aumento da taxa de agitação a taxa de quebramento das gotas de fase orgânica aumentava significativamente, ou seja, tamanhos menores era obtidos. Também observara que a taxa de quebramento diminuía com o aumento na viscosidade da fase dispersa, porém a dependência da viscosidade era mais fraca do que as demais variáveis avaliadas.

É possível observar que a única diferença significativa observada (Tabelas 2 e 3) para as variáveis analisadas foi no diâmetro médio

**Tabela 2-** Análise estatística do efeito da viscosidade da fase orgânica no diâmetro médio (Dp), desvio padrão ( $\sigma$ ) e índice de polidispersão (IPD) das microcápsulas: MOMB (branco, 500 RPM) e MOML (0,5 g óleo 500 RPM).

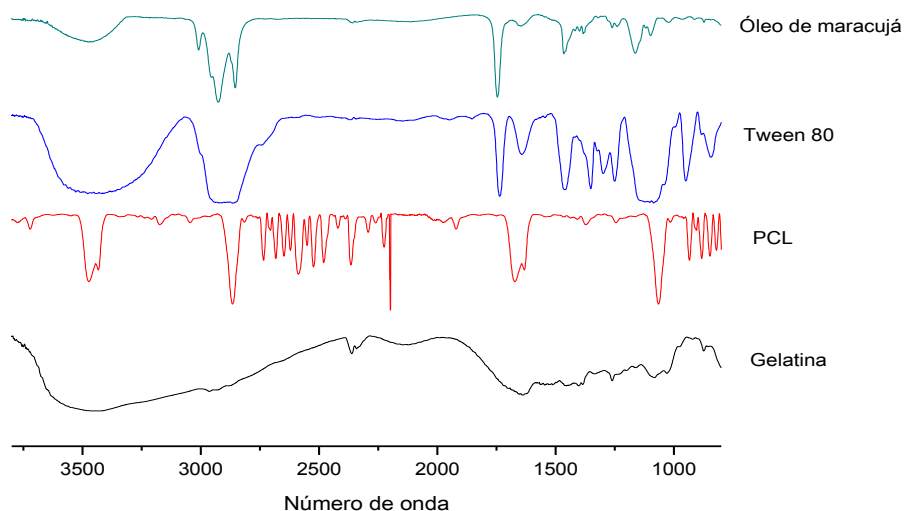
Experimento	Dp ( $\mu\text{m}$ )	$\sigma$ ( $\mu\text{m}$ )	IPD (-)	p (Dp)	p (IPD)
MOMB	278,8	11,9	2,4	0,0191	0,2598
MOML	137,4	51,4	1,3		

\*Teste t de Student (95% confiança).

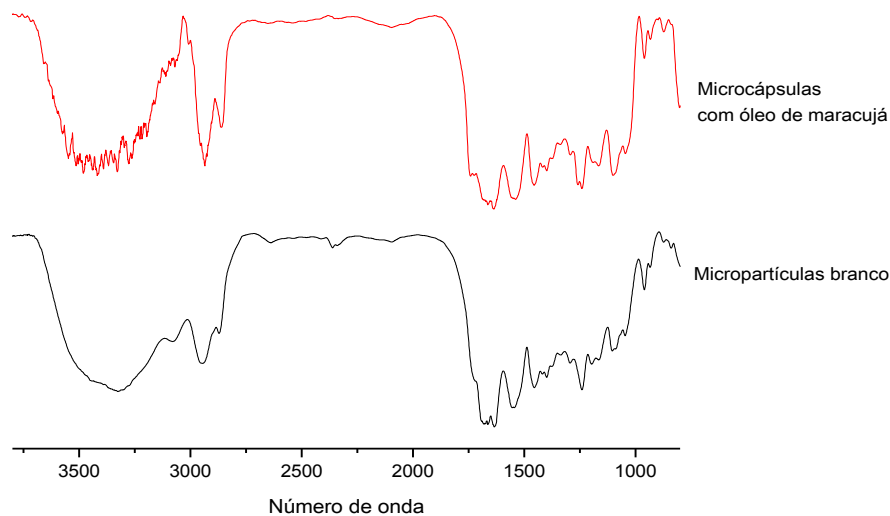
**Tabela 3-** Análise estatística do efeito da taxa de agitação no diâmetro médio (Dp), desvio padrão ( $\sigma$ ) e índice de polidispersão (IPD) das microcápsulas: MOML (0,5 g óleo, 500 RPM) e MOMH (0,5 g óleo 1.000 RPM).

Experimento	Dp ( $\mu\text{m}$ )	$\sigma$ ( $\mu\text{m}$ )	IPD (-)	p (Dp)	p (IPD)
MOML	137,4	51,4	1,3	0,8485	0,4513
MOMH	180,5	4,8	1,9		

\*Teste t de Student (95% confiança).



**Figura 3** – Espectros de Infravermelho dos componentes puros utilizados na preparação das microcápsulas.



**Figura 4** – Espectros de Infravermelho das microcápsulas com óleo de maracujá e micropartículas branco.

das microcápsulas (MOMB e MOML) em função da viscosidade da fase orgânica.

Apesar de Sathyagal *et al.* (1996) afirmarem que o efeito da viscosidade é menor, o comportamento do sistema avaliado no presente trabalho foi contrário. Possivelmente isso se deve a diferenças entre os estabilizantes utilizados, dimensões do vaso de agitação e do dispersor, etc. O tamanho das microcápsulas pode ser influenciado por vários fatores, como a geometria da hélice utilizada, a velocidade de agitação, a temperatura da reação, o tipo de surfactante utilizado, dentre outros fatores (HUANG; YANG, 2011).

### Espectroscopia de infravermelho com Transformada de Fourier

As análises de FTIR foram realizadas para obter a interação do óleo de maracujá com a casca polimérica. Na Figura 3 são apresentados os espectros de infravermelho dos componentes puros das microcápsulas e na Figura 4 estão apresentados os espectros de infravermelho das microcápsulas contendo óleo de maracujá e micropartículas branco.

Através da análise da Figura 3 foi possível identificar as bandas referentes as ligações químicas presentes nas estruturas de cada componente das formulações. O óleo de maracujá é composto por uma mistura de diferentes componentes. Ferrari *et al.* (2004) determinaram um alto teor de ácidos graxos na composição do óleo da semente de maracujá. Os autores verificaram que aproximadamente 68% destes era composta por ácido linoleico (C18:2). A banda localizada em 2.900  $\text{cm}^{-1}$  no espectro do óleo de maracujá (Figura 3) é referente ao grupamento ácido carboxílico dos ácidos graxos presentes no óleo.

Na Figura 4 pode-se notar que há um aumento na intensidade da banda localizada em 2.900  $\text{cm}^{-1}$  (ácido carboxílico) que indica a presença do óleo de maracujá nas microcápsulas. Além disso houve um deslocamento da região localizada entre 1.500 e 1.750  $\text{cm}^{-1}$  para a esquerda. Isso é um indicativo de que existe interação entre o PCL e o óleo de maracujá. Liu *et al.* (2004) afirmam que a presença de mudanças ou alterações nos espectros de

polímero-compostos encapsulados representa uma indicação de que existe interação entre os mesmos. A interação entre o composto encapsulado e a parede polimérica é de grande importância para a etapa de liberação controlada do composto encapsulado. De acordo com Huang e Brazel (2001) quando não há interação entre os componentes a liberação ocorre quase que de imediato (*Burst release*).

### CONCLUSÃO

Microcápsulas de poli( $\epsilon$ -caprolactona) contendo óleo de sementes de maracujá foram produzidas com sucesso pela técnica de emulsificação/evaporação do solvente. As microcápsulas apresentaram morfologia esférica e distribuições de tamanhos monomodais. Os diâmetros médios foram afetados significativamente pela viscosidade da fase orgânica, o que não ocorreu com a taxa de agitação. Com a análise dos espectros de infravermelho foi possível verificar interações entre a parede polimérica e o óleo das sementes de maracujá, indicando que a liberação do óleo a partir das microcápsulas pode ser controlada.

### REFERÊNCIAS

- BACHTSI, A.R., BOUTRIS, C.J. & KIPARISSIDES, C. Production of oil-containing crosslinked poly (vinyl alcohol) microcapsules by phase separation: Effect of process parameters on the capsule size distribution. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 60, n. 1, p.9–20, 1996.
- BARROS, P.P.; CASSU, S, N.; ZOPPI, R. A.; REIS, N. S.; DOTTO, P. L.; MARÃO, R. E.; CAPARROZ, P. Implantes de Blendas de Policaprolactona e Nafion® em Tíbia de Ratos. *Revista de Ciências Médicas*, v. 15, n. 2, p.123–130, 2006.
- CENTRAL DE ABASTECIMENTO DE SÃO PAULO, 2001. CEAGESP. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/produtos/produtos/maracuja>.
- CHARLES, D. J.; SIMON, J. E. Comparison of Extraction Methods for the Rapid Determination of Essential Oil Content and Composition of Basil. *Journal of American*

- Society of Horticultural Science, v. 115, n. 3, p.458-462, 1990.
- CHEN, D. R.; BEI, J. Z.; WANG, S. G. Polycaprolactone microparticles and their biodegradation. *Polymer Degradation and Stability*, v. 67, p.455-459, 2000.
- FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de Subprodutos da Industrialização do Maracujá- Aproveitamento das Sementes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, n. 1, p.101-102, 2004.
- HALL, S.; COOKE, M.; EL-HAMOUZ, A.; KOWALSKI, A. J. Droplet break-up by in-line Silverson rotor-stator mixer. *Chemical Engineering Science*, v. 66, n. 10, p.2068-2079, 2011.
- HUANG, M.; YANG, J. Facile microencapsulation of HDI for self-healing anticorrosion coatings. *Journal of Materials Chemistry*, v. 21, n. 30, p.11123-11440, 2011.
- HUANG, X.; BRAZEL, C. S. On the importance and mechanisms of burst release in matrix-controlled drug delivery systems. *Journal of controlled release*, v. 73, n. 2-3, p.121-136, 2001.
- LEIMANN, F. V.; GONÇALVES, O. H.; MACHADO, R. A. F. BOLZAN, A. Antimicrobial activity of microencapsulated lemongrass essential oil and the effect of experimental parameters on microcapsules size and morphology. *Materials Science and Engineering: C*, v. 29, n. 2, p. 430-436, 2009.
- LEIMANN, F. V.; BIZ, M. H.; MUSYANOVYCH, A.; SAYER, C.; LANDFESTER, K.; DE ARAÚJO, P. H. H. Hydrolysis of poly(hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) nanoparticles. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 128, n. 5, p. 3093-3098, 2013.
- LIAO, L.; ZHANG, W.; ZHAO, Y.; LI, W. Preparation and Characterization of Microcapsules for Self-healing Materials. *Chemical Research in Chinese Universities*, v. 26, n. 3, p. 496-500, 2010.
- LIU, J.; XIAO, Y.; ALLEN, C. Polymer-drug compatibility: a guide to the development of delivery systems for the anticancer agent, ellipticine. *Journal Of Pharmaceutical Sciences*, v. 93, n. 1, p. 132-143, 2004.
- LIU, S.; YANG, F.; ZHANG, C.; JI, H.; HONG, P.; DENG, C. Optimization of process parameters for supercritical carbon dioxide extraction of Passiflora seed oil by response surface methodology. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 48, n. 1, p.9-14, 2009.
- OLIVEIRA, E. M. S. de; REGIS, S. A.; RESENDE, E. D. de. Caracterização dos resíduos da polpa do maracujá-amarelo. *Ciência Rural*, v. 1, n. 1, pp.1-6, 2011.
- PATEL, B.; MODI, V.; PATEL, K.; PATEL, M. Preparation and evaluation of ethyl cellulose microspheres prepared by emulsification - solvent evaporation method. *International Journal for Research in Management and Pharmacy*, v. 1, n. 1, p. 82-91, 2012.
- REIS, C. P.; JERÓNIMO, A. R.; PINTO, P. S.; SILVA, C. O.; CANDEIAS, S. Hydrocortisone acetate-loaded PCL nanoparticles as an innovative dermatological therapy for atopic dermatitis. *Biomedical and Biopharmaceutical Research*, v. 10, n. 1, p.73-82, 2013.
- Reis, P. C.; Neufeld, R. J.; Ribeiro, A. J.; Veiga, F. Nanoencapsulation I. Methods for preparation of drug-loaded polymeric nanoparticles. *Nanomedicine: nanotechnology, biology, and medicine*, v. 2, n. 1, p. 8-21, 2006.
- SAHOO, S. K.; BARIK, S.; DEHURY, G.; DHALA, S.; KANUNGO, S.; BARIK, B. B.; PUHAN, KISHORE K. Evaluation of Controlled Release Theophylline Microspheres Prepared with Cellulose Acetate Using Solvent Evaporation Method. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, v. 10, n. 2, p.195-201, 2011.
- SATHYAGAL, A. N.; RAMKRISHNA, D.; LAFAYETTE, W.; NARSIMHAN, G. Droplet breakage in stirred dispersions. breakage functions from experimental drop-size distributions, *Chemical Engineering Science*, v. 51, n. 9, 1996.
- SHINNAR, R.; CHURCH, J.M. Predicting particle size in agitated dispersions. *Industrial & Engineering Chemistry*, v. 52, n. 3, p. 253-256, 1960.



SIEPMANN, J.; FAISANT, N.; AKIKI, J.; RICHARD, J.; BENOIT, J. P. Effect of the size of biodegradable microparticles on drug release: experiment and theory. *Journal of Controlled Release*, v. 96, n. 1, p. 123–134, 2004.

Staff, R. H.; Schaeffel, D.; Turshatov, A.; Donadio, D.; Butt, H-J.; Landfester, K.; Koynov, K.; Crespy, D. Particle formation in the emulsion-solvent evaporation process. *Small*, v. 9, n. 20, p. 3514–3522, 2013.

TONON, R. V., GROSSO, C. R. F.; HUBINGER, M. D. Influence of emulsion composition and inlet air temperature on the microencapsulation of flaxseed oil by spray drying. *Food Research International*, v. 44, n. 1, p. 282–289, 2011.

Veiga, C. C., Encapsulamento de óleo de café em microcápsulas de gelatina/goma arábica reticuladas por transglutaminase. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, 2013.

WINZENBURG, G.; SCHMIDT, C.; FUCHS, S.; KISSEL, T. Biodegradable polymers and their potential use in parenteral veterinary drug delivery systems. *Advanced drug delivery reviews*, v. 56, n. 10, p. 1453–1466, 2004.

ZAHEDI, G.; AZARPOUR, A. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of *Passiflora* seed oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 58, n. 1, p. 40–48, 2011.