

## DEGOMAGEM ENZIMÁTICA DE ÓLEO DE MAMONA PRODUZIDO NO VALE DO RIO PARDO

*Eduarda Torres do Amaral<sup>1</sup>*  
*William Leonardo Teixeira da Silva<sup>2</sup>*  
*Mateus Szarblewiski da Silva<sup>3</sup>*  
*Rosana de Cassia de Souza Schneider<sup>4</sup>*

### RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de realizar a otimização em escala semi-industrial de produção de óleo de mamona, que foi o objetivo de um projeto conjunto da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Indústria Mercur e Cooperativa Mista de Fumicultores do Brasil (COOPERFUMOS). Foram analisados dois lotes de óleo de mamona, sendo um extraído pela UNISC, e outro fornecido pela COOPERFUMOS. Foram feitas análises da composição físico-química de óleo de mamona produzido na região do Vale do Rio Pardo para fins de aproveitamento do óleo para utilização em indústria. O óleo bruto passou por processo de degomagem enzimática. A extração feita pela UNISC teve uma redução acima de 80% de fosfolipídios, mostrando um resultado satisfatório, bem como apresentaram valores compatíveis com as exigências para a utilização na fabricação da borracha. Já o óleo da COOPERFUMOS teve uma redução de aproximadamente 50% dos fosfolipídios iniciais. Entende-se que o óleo da COOPERFUMOS por ser verde pode ter mascarado o resultado da determinação de fosfolipídios que é por turbidimetria. Com base nestes resultados foi possível constatar que a degomagem enzimática pode ser utilizada para a purificação do óleo de mamona.

**Palavras-chave:** Óleo de Mamona. Degomagem Enzimática. Purificação.

### ABSTRACT

This work was developed in order to perform the optimization in semi-industrial scale production of castor oil, which was the objective of a project at the University of Santa Cruz do Sul (UNISC), Mercur and Cooperativa Mista de Fumicultores do Brasil (COOPERFUMOS) We analyzed two batches of oil being extracted by UNISC one and the other provided by Cooperfumos do Brasil SA. Analyses were made of the physical and chemical composition of castor oil produced in the Vale do Rio Pardo for the purpose of using the oil for use in industry. The crude oil has gone through the process of enzymatic degumming. The extraction was done by UNISC a reduction of over 80% phospholipids, showing a satisfactory result in their reduction and showed values compatible with the demands for use in the production of rubber. The COOPERFUMOS oil had a reduction of approximately 50% of its initial phospholipids, due to this, we note that it was green oil containing more impurities and require a further purification step.

**Keywords:** Castor Oil. Enzymatic Degumming. Purification.

---

<sup>1</sup> Aluna de Química Industrial na Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. <[duuudatorres@hotmail.com](mailto:duuudatorres@hotmail.com)>

<sup>2</sup> Aluno de Química Industrial na Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. <[wiltche@yahoo.com.br](mailto:wiltche@yahoo.com.br)>

<sup>3</sup> Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. <[mateusilva91@hotmail.com](mailto:mateusilva91@hotmail.com)>

<sup>4</sup> Professora do Departamento de Química e Física na Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. <[rosana@unisc.br](mailto:rosana@unisc.br)>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento regional das pequenas e médias propriedades do Vale do Rio Pardo desencadeou a procura de novas alternativas agroindustriais, sendo a plantação de mamona uma dessas culturas. Esta recebe destaque porque se desenvolve bem no clima da região e seu óleo refinado possui aplicações em diversos segmentos industriais. O óleo de mamona é um óleo vegetal, conhecido como óleo de rícino, e diferencia-se dos demais óleos vegetais pela presença de oxidrilas na estrutura do ácido graxo predominante, o ácido ricinoléico. O óleo bruto possui características físico-químicas que não tem padrão para o consumo imediato. Alguns não precisam passar por processo de purificação antes de ser consumido ou até mesmo utilizado em processo industrial.

As características físico-químicas de um óleo dependem do seu grau de insaturação, da forma isomérica, do comprimento de cadeia carbônica, e da configuração molecular dos acilgliceróis. Devido a isso, os óleos vegetais que são principalmente constituídos de triacilgliceróis irão conter ácidos graxos saturados e insaturados, substituídos ou não (SCHNEIDER, 2003).

Nos óleos em geral, os triacilgliceróis correspondem a 98% e podem ser separados nas fases saponificáveis dos óleos. Os 2% remanescentes correspondem aos componentes insaponificáveis, também denominados minoritários (SCHNEIDER et al., 2007).

Dentre os processos de purificação de óleos vegetais, podemos ressaltar os processos de clarificação, neutralização, degomagem, desodorização e adsorção, sendo estes processos utilizados na purificação. A degomagem é o primeiro passo no processo de refino de óleos vegetais, no qual são removidos os fosfolípidos e gomas mucilaginosas. A presença de fosfolípídeos pode causar a descoloração de óleo e servir como precursor de sabores. Portanto, a remoção de quase todos os fosfolípídeos é essencial para a produção de alta qualidade de óleo acabado (SUBRAMANIAN et al., 1999).

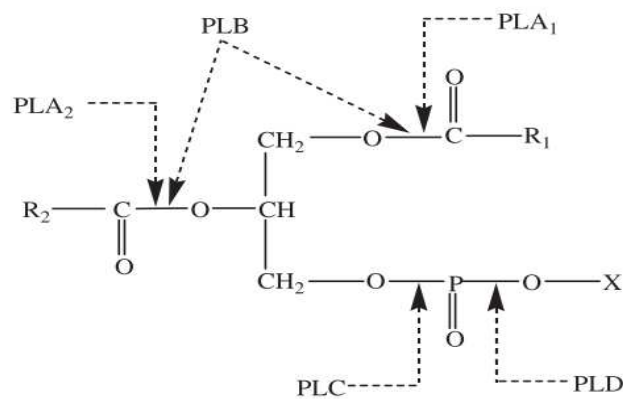
Este óleo é bastante estável em variadas condições de temperatura e pressão. Os parâmetros do óleo de mamona irão depender de suas condições de manejo e estocagem, pois podem ocorrer efeitos fotooxidativos, térmicos, podendo interferir diretamente nos resultados de análises. Para os óleos já refinados, muitas substâncias responsáveis por reações indesejáveis já são retiradas, como, por exemplo, os fosfolípídios (BRUNETON, 1991).

A degomagem enzimática foi relatada pela primeira vez em 1990 por Roehm e Lurgi sobre o comercial “*EnzyMax* processo”, no qual uma fosfolipase foi utilizada para converter os fosfolípídios não hidratados em suas formas hidratadas, as quais foram, então, removidos

por centrifugação. Em comparação com os processos tradicionais, a degomagem enzimática tem muitas vantagens (JIANG et al., 2011). Além da redução nas quantidades de ácido e base utilizados, há uma redução em efluentes gerados durante o processo de refino. Um aumento na produção e redução de custos operacionais também podem ser alcançados (DE MARIA et al., 2007). Neste processo de degomagem enzimática, desenvolvido por Lurgi, a enzima fosfolipase A1 catalisa a liberação de fosfolipídios de maneira específica. As reações são muito rápidas e conduzidas por condições muito suaves. Porém, na prática, este processo se torna oneroso devido ao alto custo das enzimas, sendo, então, um processo recomendado apenas para óleos com baixos teores de fosfolipídios. Por outro lado, um pré-processamento de degomagem com água é recomendado para óleos ricos em fosfolipídios (BADAN RIBEIRO et al., 2008).

O processo *EnzyMax*, pode ser dividido em quatro etapas, no qual a primeira delas consiste em ajustar as condições ideais para a reação da enzima, como encontrar o pH ótimo e temperatura ótima. A segunda etapa é a adição da solução enzimática; a terceira etapa é a reação da enzima; e a quarta etapa é a separação de lisofosfatídeos do óleo, acerca de 75°C (YANG et al., 2006).

**Figura 1 - Mecanismo de ação de fosfolipases (A-D). Representação generalizada de um fosfolipídio, em que X = H, colina, etanolamina, inositol, serina, etc (Jiang et al., 2011).**



As fosfolipases são uma classe de enzimas hidrolíticas que podem hidrolisar as ligações éster de fosfolipídios. As fosfolipases (A1, A2, C e D) são um grupo importante de enzimas que hidrolisam fosfolipídios, causando a liberação de uma variedade de produtos, como, por exemplo, os liso-fosfolipídios, os ácidos graxos livres, os di-acilgliceróis, colina fosfato (DE MARIA et al., 2007). Dependendo do local de hidrólise, as enzimas são classificadas como fosfolipase A, B, C, ou D, representado pela Figura 1 (KOHLENER et al.,

2006, SIMKHADA et al., 2009, JIANG et al., 2011). Os vários locais de ataque para a clivagem hidrolítica dos vários tipos de fosfolipase A1, A2, B, C e D são mostradas por flechas.

Os cinco tipos de fosfolipases mais utilizados estão disponíveis comercialmente para degomagem enzimática de óleos, entre elas: Lecitase 10L (pancreática PLA2), Lecitase Novo (PLA1 de *Fusarium oxysporum*), Lecitase Ultra (PLA1 de *Thermomyces lanuginosus* / *F.oxysporum*), Purifine (PLC de *Bacillus anthracis* / *Pichiapastoris*), e LysoMax (PLA2/LAT de *Streptomyces violaceoruber*) (YANG et al., 2008; DIJKSTRA, 2010).

As Lecitases® e as enzimas LysoMax® catalisam a hidrólise de todos os fosfatídeos comuns e diferem neste aspecto da enzima Purifine®, a qual é específica para o fosfatidil colina e fosfatidil etanolamina. Estes fosfatídeos são hidrolisados e solúveis em óleo com diacilglicerol e ésteres fosfato solúveis em água (GALHARDO; DAYTON, 2012).

Na literatura, não foi encontrado artigo de degomagem enzimática com óleo de mamona. Visando a vantagens ambientais e socioeconômicas, como grande redução de resíduos gerados e a menor utilização de soluções ácidas e básicas, foi desenvolvida uma unidade piloto de purificação de óleo de mamona, avaliando o uso da enzima *Lysomax Oil* na etapa de degomagem.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Reagentes

Os reagentes utilizados foram de grau analítico e a enzima *Lysomax Oil*, foi fornecida pela Danisco. Foram utilizados para a realização das análises isopropanol, tolueno, hidróxido de sódio, álcool 99%, hidróxido de potássio e ácido clorídrico. Para a degomagem enzimática foi utilizado hidróxido de sódio e ácido cítrico.

### 2.2 Amostras de óleo

As sementes de óleo fornecidas pela COOPERFUMOS foram prensadas em um equipamento com sistema de filtração (PE60). O sistema é composto por uma extratora (ERT60) e secadora misturadora rotativa (SMR600). O óleo, após extração, foi armazenado em geladeira para evitar a degradação.

Outra amostra de óleo foi fornecida pela COOPERFUMOS e foi obtida em um equipamento que utiliza outro processo extrativo, baseado na desintegração da semente para extrair o óleo sem a separação da semente e fruto. Esta amostra de óleo estava verde devido à presença de clorofilas do fruto.

Após a extração foram realizados testes de separação por centrifugação e, a fim de decantar o óleo mais facilmente, foi realizada a adição de álcool etílico ao óleo bruto (etapa de Solvatação); o óleo solvatado e decantado foi, por fim, centrifugado.

### **2.3 Teste de pH para degomagem**

Conforme fornecedor (Danisco), o pH ideal para a atividade enzimática no óleo deve estar entre 5 e 5,5. Para o ajuste de pH, primeiramente 300 mL de amostra de óleo bruto foram aquecidos a 60 °C; adicionou-se 1 mL de solução ácida (ácido cítrico 25%) sob alta agitação com auxílio de um mixer durante 30 s.

A amostra foi dividida em três tubos de centrífuga de 100 mL numerados; no tubo 1 a 3 foram adicionados 0,25, 0,33 e 0,41 mL de solução básica (NaOH 10%) respectivamente. Foi acrescentado água deionizada até completar 100 mL e então centrifugou-se por 5 min.

A seguir foram separadas duas fases, a fase oleosa superior contendo a amostra e a inferior contendo a fase aquosa. A fase aquosa foi utilizada para a análise de pH. A dosagem de solução básica que resultou em pH próximo a 5,2 foi selecionada para o teste de degomagem.

### **2.4 Degomagem enzimática do óleo de mamona em escala laboratorial**

Com base no teste de pH, o óleo foi aquecido a 75 °C, adicionou-se 0,67 mL de solução de ácido cítrico 25% e misturou-se por 30 s em um *mixer*. Após a mistura, o óleo ficou por 10 minutos em repouso. À mistura foi adicionado 0,64 mL de solução de soda cáustica 10%, e agitado por 10 s em um *mixer*. Para a adição da solução enzimática a temperatura foi reduzida a 55 °C. Adicionou-se 2,21 mL da solução enzimática, e 0,92 mL de água deionizada. O sistema de degomagem enzimática assim obtido foi mantido a 55 °C durante 6 h. Após este período de reação, o óleo foi aquecido a cerca de 75 °C, e centrifugado por 10 min a 3000 rpm. O óleo separado foi armazenado para análise.

## 2.5 Análise de fosfolipídios

Para determinação do teor de fosfolipídios, o óleo foi aquecido à 80 °C e filtrado. O volume de 1,67 mL de óleo foi avolumado com acetona em balão volumétrico de 50 mL, agitado por 10 s e submetido à leitura de turbidez em um turbidímetro empregando acetona como branco. A determinação foi realizada conforme a Equação 1.

### Equação 1

$$P = (5,89 \times \text{NTU}) + 316,4$$

onde P= fósforo, mg L<sup>-1</sup>

NTU= (turbidez da amostra – turbidez do branco)

## 2.6 Degomagem enzimática em escala piloto

O equipamento utilizado para o teste de degomagem enzimática em escala piloto está apresentado na Figura 2. A metodologia utilizada foi a mesma da escala laboratorial, porém as dosagens de ácido cítrico 25%, hidróxido de sódio 10%, solução enzimática 1% e água, foram ajustadas para o uso de 20 L de óleo.

**Figura 2 – Unidade de degomagem do óleo de mamona com controle de agitação e aquecimento.**



## **2.7 Análises do óleo de mamona bruto e degomado**

Os óleos foram analisados conforme métodos físico-químicos clássicos e por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas empregando derivatização com  $\text{BF}_3$  – metanol (SCHNEIDER et al., 2004).

### **2.7.1 Índice de acidez do óleo (ASTM D 664)**

Para a determinação do índice de acidez nos óleos extraídos, pesou-se 5 g de cada amostra em um erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 64 mL de uma solução de isopropanol/tolueno (1:1) e 3 gotas de indicador fenolftaleína. Em seguida, titulou-se as amostras com uma solução básica de NaOH  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  previamente padronizada. A partir dos resultados obtidos na titulação, foi calculado o índice de acidez.

### **2.7.2 Índice de saponificação do óleo**

Pesou-se em um balão de fundo redondo cerca 2 g de amostra, adicionou-se 20 mL de KOH alcoólico a 4%, adaptou-se ao um tubo refrigerante de refluxo; aquecendo em ebulição durante 30 minutos, então se resfriou e adicionou-se 2 gotas de fenolftaleína; titulou-se com HCl  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , até que desapareceu a coloração rósea.

### **2.7.3 Índice de refração do óleo**

Os índices de refração dos óleos foram determinados conforme o método proposto pela AOCS Cc (Tp 1a-64), com o refratômetro de *Abbé* a uma temperatura de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  (AOCS, 2006).

### **2.7.4 Peso específico do óleo (AOCS To 1b-64)**

Para a realização do peso específico seguiu-se o método AOCS (To 1b-64). A análise foi realizada em um picnômetro com capacidade de 1 mL de volume, pesando-se este vazio e após completado com água deionizada e introduzido em um banho-maria a  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  por 30 minutos. Na sequência, pesou-se o picnômetro com a água; depois de limpo e seco foi

adicionado o óleo e repetido o mesmo procedimento realizado com a água. Assim, procedeu-se o cálculo da relação de massa de óleo com a da água (AOCS, 2006).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Óleo Bruto

O óleo de mamona extraído na Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC por prensagem apresentou, em média, 50,3% com relação a massa de semente inicial e sem a separação da borra gerada na extrusão da semente. Na Tabela 1 é possível identificar que o início do processo de extração é prejudicado devido à necessidade de aquecimento do sistema por intermédio da pressão exercida, gerando uma grande quantidade de borra. Sucessivamente, a extração vai melhorando e, na terceira batelada de grão, apesar da temperatura do grão ser menor, a extração é realizada com sucesso.

Este óleo, por conter borra, é centrifugado ou filtrado em filtro prensa antes de ser degomado. Para a filtração é importante que o óleo esteja quente. Na degomagem, parte do material em suspensão também é retirado devido à centrifugação e à remoção em água. Na extração, as dificuldades encontradas devido ao tamanho da semente podem interferir na etapa de degomagem.

A borra residual é fina e de difícil deposição por decantação, por isso, o óleo apresenta-se com mais impurezas suspensas, que se separam na degomagem.

**Tabela 1 – Teor de óleo de mamona extraído na planta piloto da UNISC.**

<b>Tempo (min)</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Óleo (%)</b>
34	100	10	-
22	95	10	-
14	89	10	48,8
26	84	10	49,2
17	85	10	49,4
40	90	10	53,0
25	82	10	50,8
13	77	10	49,0
33	79	15	52,3



Uma alternativa à dificuldade de decantação do óleo foi a adição de etanol ao meio e, portanto, redução da viscosidade. Esta opção para a separação da sujidade pode ser um fator determinante do uso deste óleo para fins industriais porque podem ficar resíduos de etanol no meio. Para tanto, o tempo de decantação otimizado foi de 5h. As propriedades físico-químicas de ambos os óleos brutos, extraídos na UNISC e recebido da COOPERFUMOS, são apresentados na Tabela 2 em comparação com valores apresentados pela AOCS para óleo de mamona.

**Tabela 2 – Análise do óleo bruto de mamona da Cooperfumos e Unisc em comparação com os valores apresentados pela AOCS para óleo de mamona.**

Teste	UNISC	COOPERFUMOS	AOCS
Acidez (mg g <sup>-1</sup> KOH)	4,08 ± 0,4	5,8 ± 0,3	4 ± 0,1
Densidade (g mL <sup>-1</sup> )	0,960	0,980	0,958 - 0,968
Saponificação(mg g <sup>-1</sup> KOH)	166,9 ± 9,0	181,0 ± 3,4	176-187
Índice de refração	1,459	1,481	1,473 - 1,477

O índice de acidez está diretamente relacionado ao estado de conservação do óleo e, se estiver elevado, indica que houve hidrólise dos triacilgliceróis, liberando ácidos graxos livres. Valores menores podem ser encontrados quando a semente e o óleo são cuidadosamente armazenados.

Com relação ao índice de saponificação, o valor de referência é 176-187 mg g<sup>-1</sup> KOH; os valores encontrados para os óleos da UNISC e da COOPERFUMOS foram de 166 e 181 mg g<sup>-1</sup> KOH, respectivamente. A diferença encontrada nos resultados está relacionada ao processo de extração, pois a semente utilizada no processo foi produzida na mesma lavoura e na mesma safra. Este parâmetro do óleo está ligado à quantidade de ácidos graxos que podem ser produzidos a partir dos acilgliceróis e, portanto, se houver mais triacilgliceróis, o índice de saponificação deve ser maior. É possível acompanhar o efeito do aquecimento de um óleo pelo índice de saponificação.

O índice de refração é característico para cada tipo de óleo e está relacionado com o grau de insaturação das cadeias, compostos de oxidação e tratamento térmico. Segundo especificações internacionais, o índice de refração do óleo de mamona refinado é de 1,473-1,477. Por conseguinte, as amostras apresentaram resultados de 1,459 e 1,481 (CECCHI, 2003). Supõe-se que a diferença está relacionada à presença de outros compostos no óleo.

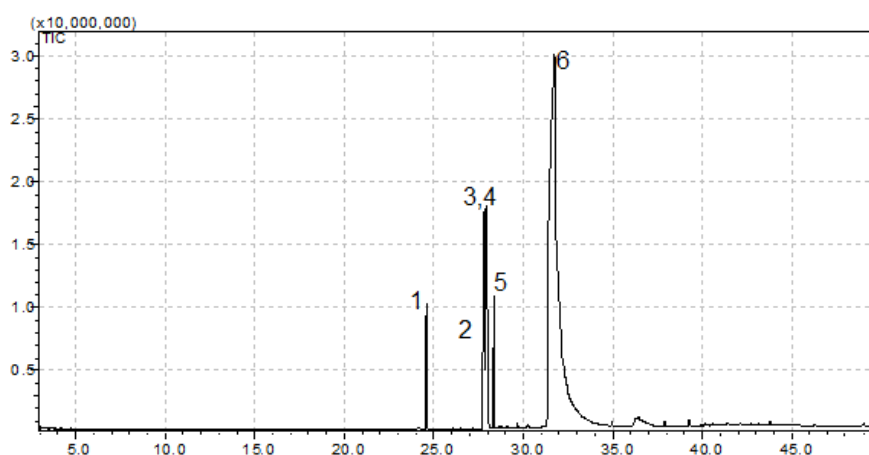
Visando a reconhecer a composição do óleo de mamona, os compostos presentes foram caracterizados através de padrões externos e por similaridade com a biblioteca presente no *software* para os ésteres metílicos dos ácidos graxos contidos na Tabela 3.

**Tabela 3 – Ésteres metílicos derivados dos ácidos graxos identificados por similaridade com a biblioteca de espectros contidos no óleo de mamona estudado.**

Ácido graxo	Nº do pico	Tempo de retenção (min)
Palmítico (C16:0)	1	24,6
Linoléico (C18:2)	2	27,9
Linolênico (C18:3)	3	-
Oléico (C18:1)	4	27,8
Estearico (C18:0)	5	28,5
Ricinoléico (12-OH 9-C18:1)	6	32,2

A Figura 3 apresenta o cromatograma com os 6 compostos encontrados no óleo de mamona. No entanto, também foram identificados outros ésteres metílicos dos ácidos palmitoléico (C16:1), heptadecanóico (C17:0), eicosenóico (C20:1) e araquídico (C20:0), que correspondem a quantidades inferiores a 0,2% dos ácidos graxos totais. Estes não podem ser observados na respectiva figura devido ao baixo percentual apresentado por eles em relação aos seis componentes majoritários. Nos cromatogramas, o pico eluído em 32,2 min corresponde ao ácido ricinoléico, o qual representa em torno 77% do total de ácidos graxos identificados, o que se considera baixo em relação a outras amostras identificadas anteriormente pelo grupo de pesquisa do laboratório de oleoquímica (LAOL) da UNISC, com 87 a 89% (Schneider et al., 2004). Acredita-se que este resultado esteja relacionado com o envelhecimento da semente.

**Figura 3 – Cromatograma do íon total obtido por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas dos ésteres metílicos do óleo de mamona.**



### 3.2 Degomagem em escala laboratorial

A eficiência da degomagem do óleo foi avaliada a partir da determinação do teor de fosfolipídios através da medida da turbidez, em triplicata. A redução de fosfolipídios foi de 80% para as amostras extraídas na UNISC; e 50 % para as amostras extraídas pela COOPERFUMOS, apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 – Teor de fosfolipídios encontrados nas amostras de óleo degomado da UNISC e COOPERFUMOS em escala laboratorial.**

Amostra	COOPERFUMOS	UNISC
Óleo Bruto (NTU)	715,0	410,0
Óleo Degomado (NTU)	60,3 ± 0,0	75,8 ± 5,7

A qualidade do óleo obtido está representada na Tabela 5. Comparando o óleo degomado com os parâmetros de referência do óleo comercial para o óleo de mamona, observa-se que as amostras continuaram apresentando diferenças entre seus índices de saponificação, o índice de acidez diminuiu e o índice de refração mostrou que o óleo está mais puro.

**Tabela 5 – Análises dos índices de saponificação, acidez e iodo e refração dos óleos degomados da UNISC e COOPERFUMOS.**

Teste	Óleo comercial	UNISC	COOPERFUMOS
Saponificação (mg g <sup>-1</sup> KOH)	182	156,8 ± 5,6	182,2 ± 2,1
Acidez (mg g <sup>-1</sup> KOH)	4	3,6 ± 0,0	3,21 ± 0,4
Índice de Refração	1,473 - 1,477	1,477	1,474

Em comparação com valores apresentados no laudo fornecido pela empresa Mercur para parâmetros de qualidade do óleo de mamona, podemos salientar que as amostras apresentaram-se com potencialidade de uso industrial. Porém, o óleo verde apresenta mais limitações devido à presença de cor. A aplicabilidade dependerá do tipo de transformação a que será submetido.

### 3.3 Degomagem Escala Piloto

Para a realização da degomagem em escala piloto, foi utilizado o equipamento da Figura 4, que apresentou alguns problemas, principalmente a difícil centrifugação do óleo

bruto ou com pouco tempo de decantação, devido a sua elevada viscosidade e material sólido suspenso, que saturava rapidamente o recipiente da centrífuga. Foi necessário aquecer o óleo para facilitar a sua centrifugação, devido a alta viscosidade.

Os resultados obtidos na degomagem enzimática em escala piloto encontram-se nas Tabelas 6 e 7, comparados aos valores sugeridos pela *American Oil Chemist's Society* (AOCS) e pelo laudo do óleo comercial recebido pela Mercur, parceira do projeto.

**Figura 4 – Unidade de secagem e centrifugação do óleo de mamona.**



**Tabela 6 – Qualidade do óleo de mamona degomado em escala piloto.**

Teste	UNISC Degomado	COOPERFUMOS Degomado	AOCS	Óleo Comercial
Acidez (mg KOH g <sup>-1</sup> )	3,6 ± 0,0	4,2 ± 0,1	4 ± 0,1	4
Densidade (g mL <sup>-1</sup> )	0,96	0,96	0,958 - 0,968	0,961
Saponificação (KOH g <sup>-1</sup> )	190,9 ± 13,0	185,05 ± 2,1	176 - 187	182
Cor	0	0	0	-
Índice de refração	1,477	1,474	1,473 - 1,477	1,477

**Tabela 7 – Teor de fosfolipídios encontrados nas amostras de óleo degomado da UNISC e COOPERFUMOS na escala piloto.**

Amostra	COOPERFUMOS	UNISC
Óleo Bruto (NTU)	715	389
Óleo Degomado (NTU)	62,5 ± 0,6	70,5 ± 3,6

Da mesma forma que para a escala laboratorial, a redução dos fosfolipídios para as amostras da UNISC foi de 81,9%, e de 47,12% para a amostra da COOPERFUMOS. Os óleos analisados a partir da extração na planta piloto da UNISC apresentaram-se com aparência e resultados analíticos similares aos obtidos com óleo comercial. Já o óleo proveniente da

COOPERFUMOS apresentou-se verde e, portanto, exige mais uma etapa de purificação que está sendo estudada pelo grupo de pesquisa.

Em comparação com valores encontrados no óleo comercial e conforme os valores da AOCS para essas características químicas de qualidade, podemos salientar que as amostras apresentaram resultados muito próximos aos do óleo comercial, viabilizando a utilização deste processo de purificação do óleo de mamona no protótipo de escala piloto.

### 3 CONCLUSÕES

Foi possível concluir que o método de degomagem com a enzima *Lysomax Oil* é apropriado para o refino do óleo de mamona com a finalidade de uso na indústria de borracha. Com a determinação dos fosfolipídios, foi possível concluir que o processo de degomagem enzimática a partir da enzima *Lysomax Oil* para a amostra do óleo extraído na UNISC apresentou uma redução acima de 80% dos fosfolipídios mostrando ser um processo eficiente. Para o óleo da COOPERFUMOS, a redução foi determinada em 50%. Constatase que a avaliação deste último pode ter sido interferida pela coloração verde devido ao processo de extração utilizado.

Dentre as principais dificuldades encontradas ao decorrer dos testes, destaca-se a dificuldade de decantação do óleo bruto em função da sua alta viscosidade à temperatura ambiente. Assim, devido ao processo lento de deposição do material particulado, foi utilizada adição de etanol absoluto a fim de solubilizar as moléculas e reduzir a viscosidade deste óleo; somente após esta etapa foi possível a realização das demais. No entanto, esta alternativa de adicionar etanol pode comprometer a utilização do óleo. Dependendo da finalidade, pode ser prejudicial para o processo, se tornando um fator determinante da viabilidade industrial.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPERGS, ao CNPq pelas bolsas de iniciação científica e pela bolsa produtividade (306178/2012-5), ao Programa FAP-UNISC e, a SCIT- RS pelo suporte financeiro. Um agradecimento especial as parceiras do projeto, indústria Mercur SA e a Cooperativa Mista de Fumicultores do Brasil por disponibilidade de informações e amostras.

## REFEFÊNCIAS

AOCS. *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*. Urbana: AOCS, 2006.

BADAN RIBEIRO, A. P.; BEI, N.; GUARALDO GONÇALVES, L. A.; CUNHA PETRUS, J. C.; VIOTTO, L. A. The optimisation of soybean oil degumming on a pilot plant scale using a ceramic membrane. *Journal of Food Engineering*, v. 87, n. 4, p. 514-521, 2008.

BRUNETON, J.. *Elementos de fitoquímica y de farmacognosia*. Zaragoza: Acribia, 1991.

CECCHI, H. M. *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. Campinas: UNICAMP, 2003.

DE MARIA, L.; VIND, J.; OXENBOLL, K. M.; SVENDSEN, A.; PATKAR, S. Phospholipases and their industrial applications. *Appl Microbiol Biotechnol*, v. 74, n. 2, p. 223-300, 2007.

DIJKSTRA, A. J. Enzymatic degumming. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 112, n. 11, p. 1178-1189, 2010.

GALHARDO, F.; DAYTON, C. *Enzimatic Degumming*. Nova York: Bunge, 2012.

JIANG, F.; WANG, J.; KALEEM, I.; DAI, D.; ZHOU, X.; LI, C. Degumming of vegetable oils by a novel phospholipase B from *Pseudomonas fluorescens* BIT-18. *Bioresource Technology*, v. 102, n. 17, p. 8052-8056, 2011.

KOHLER, G. A.; BRENOT, A.; HAAS-STAPLETON, E.; AGABIAN, N.; DEVA, R.; NIGAM, S. Phospholipase A2 and phospholipase B activities in fungi. *Biochim Biophys Acta*, v. 1761, n. 11, p. 1391-1399, 2006.

SCHNEIDER, R. D. C. D. S. *Extração, caracterização e transformação do óleo de rícino*. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

SCHNEIDER, R. D. C. D. S.; ALVES, D. M.; LARA, L. R. S.; PONS, E. L.; CARAMÃO, E. B.; MARTINELLI, M. Componentes minoritários presentes em óleo de mamona (*Ricinus communis* L.) determinados por CG-DEM. *Tecno-Lógica*, v. 11, n. 1, p. 2-6, 2007.

SCHNEIDER, R.; BALDISSARELLI, V.; TROMBETTA, F.; MARTINELLI, M.; CARAMAO, E. Optimization of gas chromatographic-mass spectrometric analysis for fatty acids in hydrogenated castor oil obtained by catalytic transfer hydrogenation. *Analytica Chimica Acta*, v. 505, n. 2, p. 223-226, 2004.

SCHNEIDER, R. D. C. D. S.; ZANON BALDISSARELLI, V.; TROMBETTA, F.; MARTINELLI, M.; BASTOS CARAMÃO, E. Optimization of gas chromatographic-mass spectrometric analysis for fatty acids in hydrogenated castor oil obtained by catalytic transfer hydrogenation. *Analytica Chimica Acta*, v. 505, n. 2, p. 223-226, 2004.

SIMKHADA, J. R.; LEE, H. J.; JANG, S. Y.; KIM, J. H.; LEE, H. C.; SOHNG, J. K.; YOO, J. C. A novel low molecular weight phospholipase D from *Streptomyces* sp. CS684. *Bioresour Technol*, v. 100, n. 3, p. 1388-1393, 2009.

SUBRAMANIAN, R.; NAKAJIMA, M.; YASUI, A.; NABETANI, H.; KIMURA, T.; MAEKAWA, T. Evaluation of surfactant-aided degumming of vegetable oils by membrane technology. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 76, n. 7, 1999.

YANG, B.; ZHOU, R.; YANG, J.-G.; WANG, Y.-H.; WANG, W.-F. Insight into the Enzymatic Degumming Process of Soybean Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 85, n. 5, p. 421-425, 2008.

YANG, J.-G.; WANG, Y.-H.; YANG, B.; MAINDA, G.; GUO, Y. Degumming of Vegetable Oil by a New Microbial Lipase. *Food Technol. Biotechnol.*, v. 44, n. 1, p. 4, 2006.