

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

RODRIGO MENEGHETTI SIMÕES

**EXTRAÇÃO DA SERICINA, A PARTIR DOS CASULOS
DO BICHO DA SEDA**

BAURU
2014

RODRIGO MENEGHETTI SIMÕES

**EXTRAÇÃO DA SERICINA A PARTIR DOS CASULOS
DO BICHO DA SEDA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao centro de Ciências Exatas e Sociais aplicadas como Parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Química, sob orientação do Prof. Dr. Aroldo Geraldo Magdalena.

BAURU
2014

Simoès, Rodrigo Meneghetti.

S593e

Extração da sericina, a partir dos casulos do bicho da seda /
Rodrigo Meneghetti Simoes. -- 2014.

26f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Aroldo Geraldo Magdalena.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) –
Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

1. Proteína. 2. Sericina. 3. Extração sericina. I. Magdalena,
Aroldo. II. Título.

RODRIGO MENEGHETTI SIMÕES

**EXTRAÇÃO DA SERICINA A PARTIR DOS CASULOS DO BICHO DA
SEDA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Química, sob a orientação do Prof. Dr. Aroldo Geraldo Magdalena.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Aroldo Geraldo Magdalena
Universidade do Sagrado Coração

Prof^a. Ms^a. Bárbara do oliveira Tessarolli
Universidade do Sagrado Coração

Prof^a. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 05 de dezembro de 2014.

Dedico este trabalho a minha família e amigos, pelo apoio, companheirismo e dedicação durante toda minha graduação. Também dedico a todos o professores que contribuíram para minha formação durante a graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente ao professor Aroldo, que me guiou de maneira louvável durante a execução desse projeto, agradeço também aos técnicos do Laboratório de Química da Universidade do Sagrado Coração, Matheus e Lajos, que me deram grande suporte dentro do laboratório e minha família, a qual me proporcionou a oportunidade de cursar química.

RESUMO

Neste trabalho foi realizado a extração da proteína sericina a partir dos casulos do bicho da seda, *Bombyx mori*. A extração da proteína foi realizada em água destilada à quente, em torno de 80°C, em dois diferentes tempos de contato dos casulos com a água, 15 e 90 minutos. Para a obtenção da sericina, foi necessário o tratamento da solução pós-extração com carvão ativo, ureia com aquecimento da solução em torno de 85°C, para a remoção da cor e odor da solução, e posteriormente foi realizado o tratamento de dialise contra a água destilada para a remoção da ureia e outros interferentes. Os resultados obtidos mostraram que a metodologia empregada na extração da proteína sericina, foi eficiente. Além disso, os resultados obtidos mostraram que existe uma dependência da massa da proteína sericina obtida em função do tempo de exposição dos casulos, no sistema, em torno da temperatura de 80°C.

Palavras-chave: Proteína. Sericina. Extração sericina.

ABSTRACT

In this work the extraction of sericin protein was carried out from the cocoons of the silkworm, *Bombyx mori*. The extraction of the protein was performed in hot distilled water at around 80 °C, at two different times of contact of water with the cocoons, 15 and 90 minutes. To obtain sericin powder required the treatment of post-extraction solution with active carbon, ureia and heating the solution around 85 °C to remove color and odor of the solution, and then the treatment was carried out dialysis against distilled water to remove the urea and other interferences. The results showed that the methodology used in the extraction of sericin protein powder was efficient. Furthermore, the results show that there is a dependence on mass of the sericin protein obtained as a function of time of exposure of the cocoons, in the system, around 80 °C.

Keywords: Protein. Sericin. Sericin extraction

SUMÁRIO

| | | |
|----------|-------------------------------|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 8 |
| 1.1 | PROTEÍNAS | 8 |
| 1.2 | FIO DA SEDA | 11 |
| 1.3 | SERICINA | 12 |
| 1.4 | APLICAÇÕES | 15 |
| 2 | OBJETIVOS | 16 |
| 3 | METODOLOGIA | 17 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 20 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 23 |
| | REFERÊNCIAS | 24 |

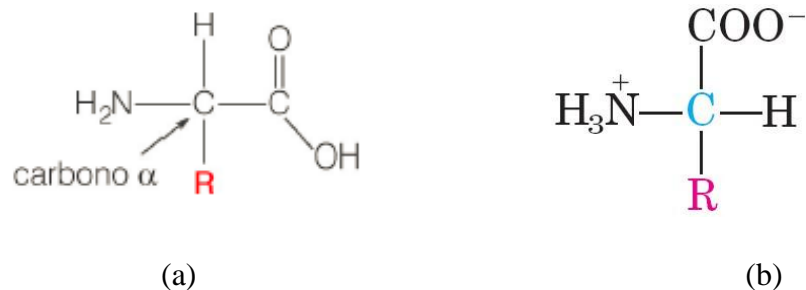
1 INTRODUÇÃO

1.1 PROTEÍNAS

As proteínas são macromoléculas que estão presentes em todas as células vivas. Aproximadamente metade da massa seca do organismo humano é composto por proteínas. Estas, estão presentes, como componente principal de todos os tecidos animais, da pele, das unhas, das cartilagens e dos músculos, dentre outros¹. Toda e qualquer proteína, seja qual for sua função, são quimicamente semelhantes, sendo compostas pelas mesmas unidades fundamentais, os aminoácidos¹. Pode-se associar as proteínas com os polímeros. Uma vez que os últimos são macromoléculas formadas a partir da união de vários monômeros, sejam eles iguais ou diferentes. De forma similar, as proteínas, são constituídas pela ligação dos aminoácidos (monômeros), portanto as proteínas são consideradas polímeros naturais.

A figura 1-a mostra a estrutura geral dos aminoácidos, que são moléculas orgânicas, contendo as funções amina e ácido carboxílico em sua estrutura. Estas funções orgânicas estão ligadas ao mesmo átomo de carbono, denominado de carbono α . Ainda, neste átomo de carbono α está ligado a um átomo de hidrogênio e uma cadeia lateral “R” característica para cada aminoácido. A cadeia lateral é o que difere os aminoácidos em sua estrutura, tamanho, cargas elétricas e solubilidade em água e outras propriedades físico-químicas. As cadeias laterais são também responsáveis por forças estabilizadoras, advindas de interações fracas (ligações de hidrogênio, hidrofóbicas, eletrostáticas etc.), que mantêm as estruturas conformacionais enoveladas das proteínas².

Figura 1 - (a) Estrutura geral dos aminoácidos com destaque para o carbono α e para a cadeia lateral “R” característica para cada aminoácido². (b) Representação da forma zwitteriônica de um aminoácido¹.

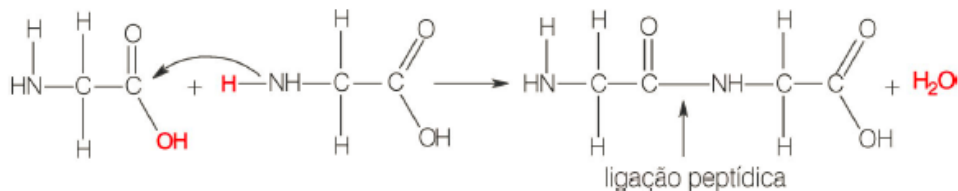


Fonte: Francisco Júnior e Francisco (2006, p.927); Brown (2005, p.927).

A forma ionizada, também chamada de zwitteriônica, predomina em pH neutro. Nesta forma, há uma transferência de um próton do grupo carboxila para o grupo amina. Como pode-se observar na figura 1-b.

As proteínas são formadas por aminoácidos que estão ligados covalentemente uns nos outros através de uma ligação denominada de ligação peptídica e a cada aminoácido em um peptídeo ou proteína é chamado de resíduo. Essa ligação é formada por uma reação de condensação entre o grupo carboxílico de um aminoácido e um grupo amina de outro aminoácido, como pode-se observar na reação de condensação entre as duas moléculas do aminoácido glicina mostrada na figura 2².

Figura 2 - Reação de condensação entre duas moléculas do aminoácido glicina demonstrando a formação da ligação peptídica².



Fonte: Francisco Júnior e Francisco (2006, p.2)

Moléculas de proteínas são relativamente grandes por serem formadas pela união sequencial de dezenas, centenas ou milhares de aminoácidos e podem ser formadas por uma ou mais de uma cadeia polipeptídica^{3,4}. Um exemplo é a proteína muscular Conectina que contém um alto peso molecular devido aos quase 27 000 aminoácidos em sua estrutura o que confere um alto peso molecular para esta proteína de aproximadamente 3.000.000. A maioria das proteínas celulares possui menos de 2.000 aminoácidos³.

A distribuição das moléculas de aminoácidos, resíduos, ao longo de uma proteína é chamado de estrutura primária. A estrutura primária fornece uma identidade única para cada proteína. Considerando duas proteínas com os mesmos aminoácidos em sua composição, mas se a sequência destes aminoácidos for diferente, então as duas proteínas são diferentes^{1,5}.

O formato adotado pela cadeia de aminoácidos, numa proteína, é chamada de estrutura secundária. A ordem dos aminoácidos na cadeia controla a estrutura secundária, pois suas forças intermoleculares seguram as cadeias juntas. A estrutura secundária mais comum em proteínas animais é a hélice α , uma conformação helicoidal de uma cadeia da proteína fixada por ligações de hidrogênio entre os respectivos resíduos de aminoácidos. Pode-se ter a

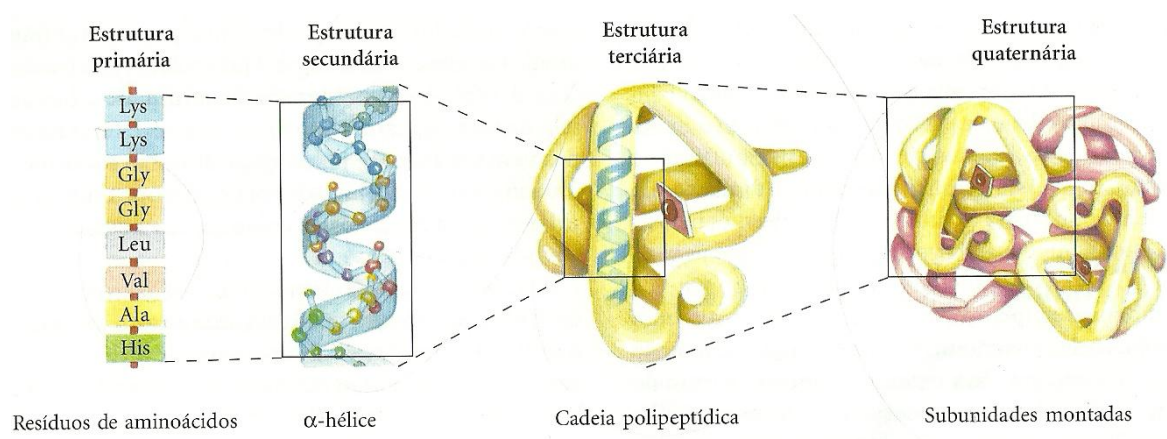
estrutura secundária de folha pregueada β e ao mesmo tempo, uma proteína pode alternar sua estrutura secundária, como é no caso da seda, onde verifica-se regiões em α -hélice e em outras folhas pregueadas β ⁵.

A forma em que a estrutura secundária, α -hélice, as folhas pregueadas β e outras regiões, estão dobradas devido à interação dos resíduos de aminoácidos localizados em partes diferentes da proteína são chamados de estrutura terciária⁵.

As proteínas podem também ter uma estrutura quaternária, onde as unidades polipeptídicas vizinhas se ajustam num arranjo específico. A molécula da hemoglobina, tem uma estrutura quaternária de quatro unidades polipeptídicas⁵.

A Figura 3 esquematiza as quatro estruturas de uma proteína⁶.

Figura 3 - Esquema da estrutura primária, secundária, terciária e quaternária em uma proteína⁶.



Fonte: Lehninger (2011).

De acordo com a Figura 3 observa-se que a proteína é uma longa cadeia de aminoácidos providos de funções biológicas. Para se tornar ativa ela precisa assumir a devida conformação, ou seja, adquirir uma estrutura tridimensional específica, como mostrado na figura 3. Este processo, a passagem de uma cadeia amorfa para uma proteína ativa, é chamada de enovelamento. O processo reverso é a desnaturação. Proteínas desnaturadas podem perder sua solubilidade e precipitar. Algumas proteínas desnaturadas podem eventualmente se re-enovelar, porém para a maioria isto não ocorre.

A informação sobre como será a estrutura de uma proteína está contida em sua própria estrutura primária; pois esta estrutura tridimensional formada é sempre a forma mais estável, de menor energia, que a cadeia pode assumir. A forma mais estável varia de acordo com o meio. Em um solvente polar, por exemplo, uma forma estável terá os aminoácidos de cadeia lateral polar expostos ao meio e os de cadeia lateral apolar escondidos no núcleo da proteína;

para um solvente apolar vale o contrário. O enovelamento é guiado pelas forças de Van der Waals, contribuições da energia livre de Gibbs, formação de pontes de hidrogênio e pontes dissulfeto.

A desnaturação é um processo que se dá em moléculas biológicas, principalmente proteínas, expostas a condições diferentes àquelas em que foram produzidas, como variações de temperatura, mudanças de pH, força iônica, entre outras. A proteína perde a sua estrutura tridimensional e, portanto, as suas propriedades. Este processo pode ser irreversível.

1.2 FIO DA SEDA

O fio de seda é fabricado a partir do casulo da lagarta de diversas mariposas. A lagarta mais comum é a *Bombyx mori*, mais conhecida como bicho-da-seda da amoreira, que responde por 95% da produção mundial. A sericultura moderna é mecanizada e o processo de produção é basicamente o mesmo há 5 mil anos. A descoberta da seda pelo homem é repleta de lendas. Para Confúcio (551-479 a.C.), a honra coube à imperatriz Hsi-Ling-Shi, em 2640 a.C. que quando saboreava o chá da tarde, um casulo do bicho-da-seda teria caído na bebida fervente; a imperatriz percebeu que, amolecido, o casulo poderia ser desenrolado, formando um fio. A lenda é tão fantasiosa que pode até ser verdadeira⁷.

Os chineses tiveram exclusividade na fabricação da seda por três milênios. Ciente do valor comercial do tecido que pode ser usado em dias quentes ou frios, o governo chinês proibiu a exportação de ovos de mariposas e sementes de amoreiras, condenando à morte os traficantes. Os europeus só desvendaram o mistério em 552, quando o imperador romano Justiniano enviou alguns monges à China, em missão de espionagem. Na bagagem, os supostos religiosos esconderam ovos de bicho-da-seda dentro de bordões de bambu. Constantinopla tornou-se o primeiro centro de seda da Europa. Nos séculos seguintes, a sericultura disseminou-se por todos os continentes⁷.

No Brasil, as primeiras amoreiras foram plantadas em Minas Gerais, por ordem de Maria I, a Louca, que reinou de 1777 a 1792, quando foi declarada mentalmente incapaz. Mas a produção de seda teve início apenas no Segundo Império. Em 1703, Portugal havia assinado um tratado com a Inglaterra obrigando suas colônias a importar tecidos ingleses, o que protelou o surgimento da indústria brasileira. A sericultura nacional só se desenvolveu a partir do final da Segunda Guerra Mundial. Mas o país correu para recuperar o tempo perdido. Atualmente, o Brasil é o quarto produtor mundial de um mercado ainda dominado pelos chineses, produtores de quase a metade da seda comercializada no mundo⁷.

O *Bombyx mori*, durante sua vida, passa por quatro estágios: ovo, larva, pupa (crisálida) e imago (mariposa). A larva, alimenta-se com folhas de amoreira, dentro de mais ou menos quatro semanas, cresce mais de 10 mil vezes em relação ao seu peso inicial (0,5 mg). Após esse período se inicia a construção gradual do casulo. Esse processo dura em média de 3 a 6 dias. Para a formação do casulo, mostrado na figura 4, a larva secreta dois componentes principais: a fibroína, uma fibra filamentososa; e a sericina, com a função de unir os filamentos de fibroína uns aos outros. Com esses dois componentes principais forma-se um casulo rígido e protetor. Dentro deste ocorrerá a metamorfose da larva⁸.

A seda, como muitas fibras de origem natural, é uma proteína. Essa proteína possui grupos R, como verificado na figura 1, constituído por moléculas de aminoácidos. A sequência de aminoácidos é composta por basicamente, em 80%, pela repetição dos aminoácidos glicina – serina – glicina – alanina – glicina - alanina⁹.

Figura 4 - Fotografia do casulo do fio da seda, *Bombyx mori*, sedido pela empresa Bratac S/A.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.3 SERICINA

A seda é formada de duas proteínas chamadas de fibroína e sericina, está última sendo globular na natureza. A fibroína tem sido usada por um longo período de tempo na manufatura de vestimentas e agora tem sido investigada como produto biomédico para aplicações especializadas. Sericina tem de ser removido a partir de fibroína para adquirir brilho, maciez, suavidade, brancura e durabilidade. Ele é removido pelo processo de desgomagem, durante o qual é a sericina é hidrolisada ou solubilizada com a ajuda de diversos agentes e meios de comunicação que causam perda de peso de cerca de 20 e 25% em seda. É estimado que cerca de 1 milhão (peso fresco) de casulos são produzidos

mundialmente, do qual aproximadamente 50.000 toneladas de sericina é descarregado e/ou perdido na água por ano. Soluções de resíduos de sericina contém alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (4,840 mg/L) e demanda química de oxigênio (DQO) (8870 mg/L) além disso, o teor de nitrogênio é cerca de 11% criando um enorme fardo ambiental. Então existe a necessidade de desenvolver métodos que impedem degomagem causando problemas ambientais.

Tabela 1 - Composição dos aminoácidos na proteína sericina¹⁰.

| Amino Ácido | g amino ácido/100g proteína | Porcentagem total de amino ácido |
|-------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Ser | 20,21 | 27,3 |
| Asp | 13,93 | 18,8 |
| Gly | 7,91 | 10,7 |
| Thr | 5,57 | 7,5 |
| Glu | 5,29 | 7,2 |
| Arg | 3,64 | 4,9 |
| Tyr | 3,41 | 4,6 |
| Ala | 3,17 | 4,3 |
| Val | 2,82 | 3,8 |
| Lys | 1,54 | 2,1 |
| His | 1,27 | 1,7 |
| Leu | 1,25 | 1,7 |
| Phe | 0,94 | 1,3 |
| Ile | 0,94 | 1,3 |
| Pro | 0,90 | 1,2 |
| Met | 0,36 | 0,5 |
| Cys | 0,24 | 0,3 |
| Trp | 0,32 | 0,4 |
| Total | 73,94 | |
| Hidrofílica | 57,69 | 70% |
| Hidrofóbica | 21,93 | 30% |
| Aromáticos | 4,90 | 6,6% |

Fonte: Wu, Wang, e Xu (2007)

Nota: *Porcentagem de aminoácidos totais (%) expressa como uma proporção de uma quantidade de tipo aminoácido vs quantidade total de aminoácidos.

A sericina é a segundo tipo de proteína do fio da seda, como já discutido, que contém 18 aminoácidos, incluindo os aminoácidos essenciais, como mostrado na tabela 1¹⁰, e é caracterizado pela presença de 32 % de serina. A quantidade total do grupo hidroxil no aminoácido na sericina é 45,8 %. Existem 42,3 % de aminoácidos polares e 12,2 % de resíduos de aminoácidos não polares. A sericina contribui em cerca de 20 a 30% (m/m) do total do peso do casulo. O principal objetivo da sericina no casulo do fio da seda é envolver a

proteína fibroína. Na presença da sericina as fibras são duras e resistentes e se tornam macias e lustrosas depois que a sericina é removida. A sericina ocorre principalmente na forma amorfa e sua estrutura está organizada na forma de folhas pregueadas β ¹¹.

A proteína sericina pode ser classificada, em três frações, dependendo da sua solubilidade em três frações: Sericina A, B e C. A sericina A é a camada externa e é insolúvel em água quente. Ela contém aproximadamente 17,2 % de nitrogênio e os aminoácidos como serina, tionina, glicina e ácido aspártico. A sericina B é a camada do meio e sob hidrólise ácida obtém-se os aminoácidos da Sericina A, na adição de triptofano. A sericina B contém 16,8% de Nitrogênio. A sericina C é a camada mais interna, que é adjacente a fibroína, o qual é insolúvel em água quente e pode ser removida da fibroína pelo tratamento por ácidos/bases diluídos a quente¹¹.

A sericina, como já discutido, contém uma quantidade relativamente grande de aminoácidos hidrofílicos e uma estrutura amorfa. É solúvel em água morna, e sua solubilidade aumenta com o aumento da temperatura⁸. A sericina possui uma ampla faixa de massa molecular, variando de 10 a mais de 300 kDa (kiloDalton)^{8,11}. Dependendo do método utilizado na extração, há pequenas variações no percentual de aminoácidos na solução de sericina extraída, porém, o componente principal de aminoácidos na solução de sericina continua o mesmo. Pode-se verificar na tabela 1 a composição média dos aminoácido dependendo do tratamento de extração⁸.

A sericina tem propriedades sol-gel e é facilmente dissolvida em água em torno de 50-60°C e retorna a fase gel no resfriamento¹¹. Existem mais resíduos de aminoácido com caráter ácido do que básico e o ponto isoelétrico é aproximadamente 4,0. Além disso a solubilidade da sericina na água diminui quando as moléculas de sericina estão transformadas do estado enovelado aleatoriamente para a estrutura de folhas pregueadas β . A extração da sericina pela água quente apresenta um peso molecular de 24000 obtido por separação, ao passo que quando produzida por Spray-drying apresenta uma molécula de sericina no intervalo de 5000-50000, com ação enzimática 300-10000 e 50000 quando extraído com solução aquosa de uréia a 100°C^{11,12}.

A sericina, que até recentemente era considerado um produto problema da indústria de formação de seda, agora é atribuído com várias propriedades importantes, dentre os quais se destacam: absorção de umidade, propriedades de resistência UV, propriedades anticoagulantes, atividades antioxidantes e ação inibitória da tirosinase. Dado o elevado valor comercial do produto, não é necessário desenvolver métodos de degomagem que não degradem a sericina. Então, recuperando a sericina da água de reuso, o que induz a redução do

impacto ambiental do tratamento de seda e, ao mesmo tempo produz um importante reagente valioso para a indústria alimentícia, farmacêutica e indústria de cosméticos, levando a consideração social e benefícios econômicos⁵.

1.4 APLICAÇÕES

A proteína sericina possui aplicação importante em toda a faixa de sua massa molecular. A sericina de baixa massa molecular, inferior a 60kDa, são solúveis em água fria e podem ser recuperados nos estágios iniciais de produção da seda crua. Esta sericina é caracterizada pela sua atividade biológica, além de possuírem propriedades antioxidante, anticoagulante e prevenir câncer de pele, sendo assim são muito utilizada em cosméticos. Já a sericina de alta massa molecular, de 60 a 300kDa, estão sendo estudadas para utilização como materiais médicos, materiais biodegradáveis, polímeros compostos, biomembranas funcionais, hidrogéis e fibras funcionais⁸.

Um creme contendo 8% de sericina, para o tratamento de feridas, mostrou-se primeiramente a diminuição da área da ferida e, em seguida não mostrou nenhum efeito tóxicos nos ratos, aparentando ser seguro e biocompatível. Como consequência as feridas tratadas com a pomada de sericina apresentaram menores inflamações cutâneas do que aquela verificada como grupo controle, obtendo-se assim uma rápida cicatrização⁸. Além disso, a sericina, na concentração de 0,2 a 20%, foi capaz de diminuir a secura das unhas, tornando-as brilhantes e mantendo ou melhorando a sua saúde⁸.

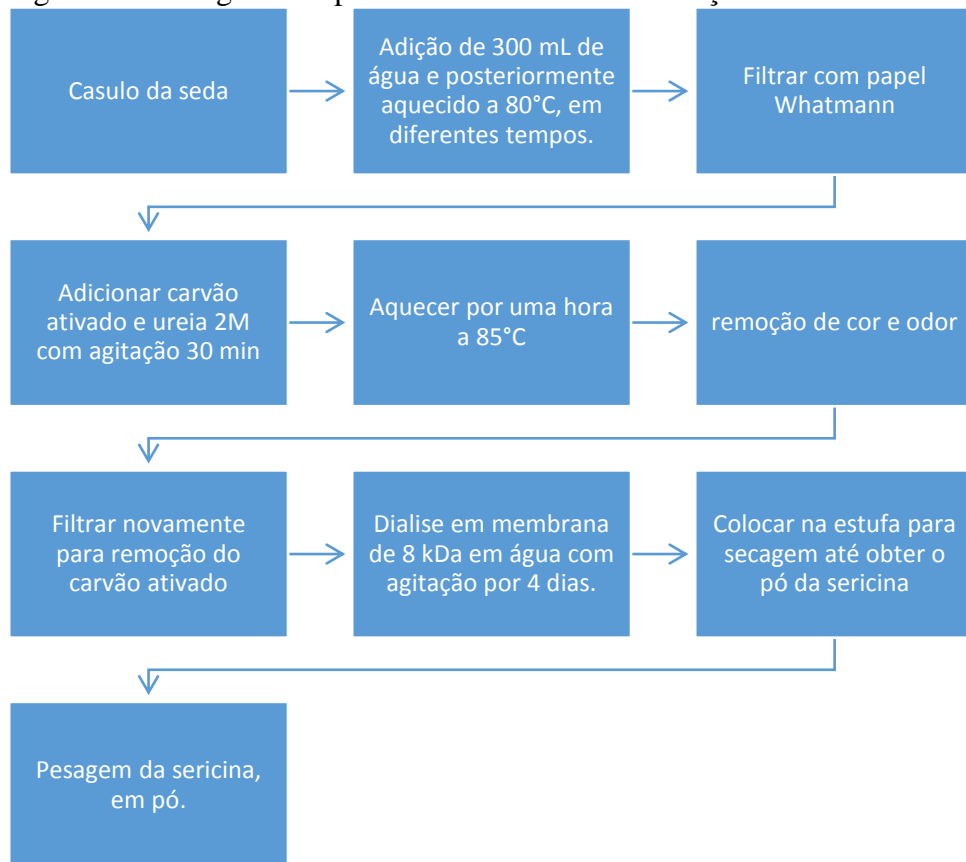
Em testes realizados com cabelos humanos foi observado que a proteína sericina que tiveram maior afinidade ao cabelo formou um filme transparente na superfície capilar, protegendo-os dos danos causados por fatores externo, conferindo brilho e elasticidade, e facilitando a penetração e reparação do cabelo danificado⁸.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi a extração da sericina, em solução aquosa a quente, a partir dos casulos do bicho da seda.

3 METODOLOGIA

Figura 5 - Fluxograma experimental realizado na extração.



Fonte: Elaborado pelo autor

A metodologia empregada neste trabalho foi adaptada de AGRAWAL, P. e BLUSHAN, S.¹³. Os sistemas passaram por uma filtração, com auxílio de papel de filtro Whatmann, em seguida, 100 mL de água foram adicionados em cada grupo, em seguida foi transferido para outro béquer e adicionado 700 mg de carvão ativo e 20 mL de ureia 2,0 M e um agitador magnético a qual ficou em agitação constante durante 30 min. Logo após este período de agitação, os sistemas foram aquecidos até a temperatura de 85°C, por um período de uma hora, para a remoção da cor, odor e efetiva extração da sericina. A solução foi filtrada novamente com auxílio de papel de filtro Whatmann para remoção do carvão ativado e em seguida os sistemas foram dialisados, contra a água e com agitação constante, em uma membranas de 8 kDa, da marca SPECTRAPOR, durante 4 dias, trocando a cada 24h a água destilada do meio. Após este período, os sistemas foram retirados da dialise e colocados num béquer que foi levado para estufa para secagem de toda a água destilada e assim obter a sericina em pó.

Os casulos do fio da seda foram doados pela empresa Bratac S/A para a realização deste projeto.

Primeiramente foram escolhidos 30 casulos e divididos em dois grupos de 15 unidades cada um: Grupo A e grupo B. A tabela 2 mostra a massa dos grupos contendo os casulos e a Figura 6 mostra a ilustração dos 15 casulos no grupo A. Vale ressaltar que embutido nesta massa se encontra a massa da lagarta do bicho da seda, que se encontra no interior dos casulos.

Tabela 2 - Massa dos casulos do fio da seda.

| Grupos/massas dos casulos | Massa dos 15 casulos | Massa média por casulo |
|---------------------------|----------------------|------------------------|
| Grupo A | 12,116g | 807mg |
| Grupo B | 12,801g | 854mg |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a pesagem dos casulos, foram inseridos 300 mL de água destilada em cada grupo, como pode-se observar na Figura 7. Logo após. Os sistemas foram aquecidos com auxílio de uma chapa de aquecimento a temperatura de 80°C e mantido nesta temperatura por 15 minutos (grupo A) e 90 minutos (grupo B). Após o aquecimento completo em cada grupo, estes foram deixados em repouso para resfriar.

Figura 6 - Fotografia dos 15 casulos do grupo A num béquer.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 – Fotografia dos 15 casulos do grupo A num béquer, com a adição de 300 mL de água destilada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 8 mostra a coloração da solução antes e depois do aquecimento realizado em torno de 80°C. Nesta figura fica nítido a mudança da coloração de incolor para amarelo claro. Este resultado indica que a sericina foi extraída do casulo.

Figura 8 – Casulos antes (a) e depois (b) do aquecimento em torno de 80°C para os casulos do grupo A.



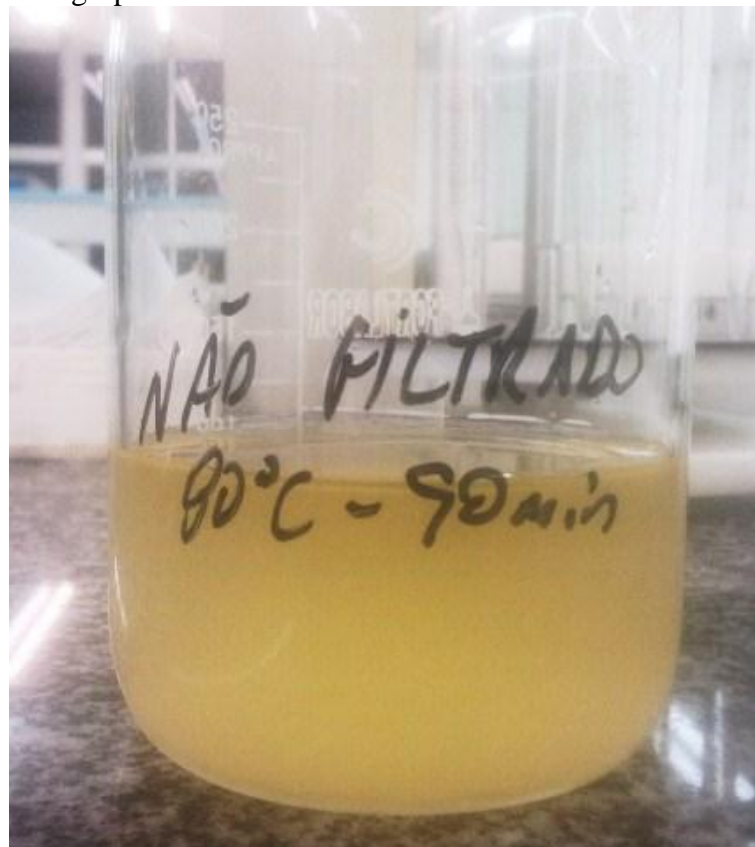
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a remoção da coloração e forte odor, a solução foi tratada com carvão ativado e ureia. A ureia aqui tem papel duplo, pois ao mesmo tempo em que atua na extração da sericina¹¹ ela também corrobora para remoção da coloração e do odor. Como o carvão ativado tem uma alta área superficial, o que contribui para a remoção do odor e coloração que ficam adsorvidos em seus poros.

O carvão ativo foi separado da solução através de uma simples filtração enquanto que a ureia foi extraída do sistema através da dialise, juntamente com qualquer outro sal iônico presente nesta. Quando o sistema foi colocado em aquecimento dentro da Estufa, não foi sentido, nenhum odor da ureia, ou amônia, o que indica que toda ureia foi dialisada do sistema.

Foi realizado a extração em dois tempos diferentes 15min e 90min, pois a solubilidade da proteína é proporcional a temperatura, então a coloração da solução que ficou a 90 minutos na temperatura de 80°C foi mais intensa daquela verificada para a figura 8-b que pode ser comparada com a figura 9. Este resultado comprova que a temperatura tem um papel decisivo na extração da proteína sericina dos casulos do fio da seda.

Figura 9 - Fotografia do sistema de extração da sericina, logo após, o aquecimento a 80°C para os casulos do grupo B.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A massa da sericina em pó, que é mostrada na Figura 10, foi mensurada logo após toda a evaporação das soluções dos grupos A e B, as massas obtidas por secagem em estufa estão mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 - Massa da sericina, sólida.

| Grupos/massas extraída dos casulos | Massa extraída dos 15 casulos | Massa média extraída por casulo |
|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Grupo A | 27,3 mg | 1,82 mg |
| Grupo B | 36,3 mg | 2,42 mg |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Estes resultados confirmam a extração da sericina como descrito na literatura¹³ e ainda corrobora a discussão acerca que o sistema do grupo B, 90 min, extraiu mais a proteína sericina do que o sistema do grupo A, 15 min. É importante ressaltar as massas obtida na tabela 3, foi de uma solução de 100 mL de solução (15 casulos), o que sugere que quanto maior for o número de casulos e o volume de água, maior será a massa da proteína sericina que poderá ser obtida.

O que abre grandes perspectivas para os estudos sobre metodologias rentáveis para a extração deste produto, uma vez que além de ser muito rentável economicamente, pode ser reagente para outros sistemas como visto nas aplicações desta proteína.

Figura 10 – Sericina sólida resultante da evaporação dos sistemas A e B.



Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos mostraram que a metodologia empregada, segundo AGRAWAL, P. e BLUSHAN, S.¹³, na extração da proteína sericina, foi eficiente. Além disso, verificou-se que existe uma dependência da massa da proteína sericina obtida em função do tempo de exposição dos casulos, no sistema, em torno da temperatura de 80°C.

REFERÊNCIAS

- 1 BROWN, T. L. et al. **Química: a ciência Central**. 9. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 972p.
- 2 FRANCISCO JÚNIOR.; W. E.; FRANCISCO, W. Proteínas: Hidrólise, Precipitação e uma tema para o ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 24, p. 12-16, nov. 2006.
- 3 ALMEIDA, V. V. et al. Análise quantitativa de proteínas em Alimentos por meio da reação de complexação do íon cúprico. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 34-40, fev. 2013.
- 4 MARZZOCO, A.; TORRES, B.B. **Bioquímica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- 5 ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2001. 914p.
- 6 LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed. 2011. 1274p.
- 7 GUIMARÃES, B. Como é fabricada a seda? **SUPER interessante**, São Paulo, edição 193, out. 2003.
- 8 AGUIAR, I. C. S. **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes de sericina reticulados com dimetiloluréia**. 45 f. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2011.
- 9 FANTONI, R. F. Como a Poliamida substituiu a seda: uma história da descoberta da poliamida 66. **Polímeros**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 1-6, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v22n1/a03v22n1.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.
- 10 WU, J. H.; WANG, Z.; XU, S. Y. Preparation and characterization of sericin powder extracted from silk industry wastewater. **Food Chemistry**, Barking, v. 103, n. 4, p. 1255-1262, 2007.
- 11 PADAMWAR, M. N.; PAWAR, A. P. Silk sericin and its aplicaticons: A Review. **Journal of Scientific & Industrial Research**, New Delhi, v. 63, p. 323-329, apr. 2004.
- 12 ZHANG, Y. Q.; et al. Immobilization of L-asparaginase on the microparticles of the natural silk sericin protein and its characters. **Biomaterials**, Guilford, v. 25, n. 17, p. 3751-3759, aug. 2004.
- 13 AGRAWAL, P. e BLUSHAN, S. Preparation of sericin nano particles from waste of silk industry. **International Journal of Science Research**, Raipur, v. 1, n. 3, p. 116-120, 2012.