



Verificação teórica do potencial nanotecnológico da queratina no cabelo humano

Theoretical verification of the nanotechnological potential of keratin in

Gabriela Zambrzycki*, Rosilene Aparecida Prestes[†],

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo teórico sobre o uso do cabelo humano para um possível potencial nanotecnológico. O cabelo humano é um resíduo sólido com algumas vantagens, tais como a facilidade da coleta, do transporte e do armazenamento. Além de ter em abundância e podendo ser encontrado facilmente. O cabelo humano possui a queratina, uma proteína com potencial nanotecnológico. Para a realização dessa pesquisa, foi feita uma seleção de artigos com base em algumas palavras chaves “nanoqueratina” “nanokeratin” “nanopartícula queratina” e “nanoparticle keratin”. As bases de dados utilizadas foram o Google Acadêmico, Scielo, Periódicos Capes e Web of science. A seleção dos artigos foi feita sob base de alguns critérios: estudos nos últimos 15 anos; estudos de queratina a partir do cabelo humano; estudos sobre extração da queratina; estudos sobre microrganismos produtores de queratinases e por fim, estudos sobre a formação de nanoqueratina. Dessa forma, é possível concluir que de acordo com os estudos, ainda se tem poucas informações sobre nanoqueratina e sua viabilidade. E há uma dificuldade da escolha do método de extração da queratina, que depende de alguns fatores como temperatura, pH, uso de um sistema que apresente uma alta estabilidade, fácil manuseio nos processamentos e também viabilidade econômica e ambiental.

Palavras-chave: Nanotecnologia, nanoqueratina.

ABSTRACT

This study aimed to conduct a theoretical study on the use of human hair for a possible nanotechnological potential. Human hair is a solid residue with some advantages, such as ease of collection, transportation and storage. Besides having in abundance and can be found easily. Human hair has keratin, a protein with nanotechnological potential. For this research, a selection of articles was made based on some key words "nanokeratin" "nanokeratin" "nanoparticle keratin" and "nanoparticle keratin". The databases used were Google Scholar, Scielo, Capes Journals and Web of science. The selection of articles was made based on some criteria: studies in the last 15 years; keratin studies from human hair; studies on keratin extraction; studies on keratin-producing micro-organisms and finally studies on the formation of nanokeratin. Thus, it is possible to conclude that according to the studies, there is still little information about nanokeratin and its viability. And there is a difficulty in choosing the keratin extraction method, which depends on some factors such as temperature, pH, and use of a system that presents a high stability, easy handling in processing and also economic and environmental viability.

Keywords: Nanotechnology, nanokeratin.

* Engenharia química Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil; gabiizaamb@gmail.com

[†] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Ponta Grossa; represtes@yahoo.com.br



1 INTRODUÇÃO

Resíduos sólidos é formado por todo material que tem valor econômico agregado por possibilitar o reaproveitamento do mesmo em processos produtivo. O cabelo humano é um resíduo biológico, apresenta uma facilidade em ser coletado e transportado, sendo um material que não precisa de armazenamento específico, como a refrigeração. Está classificado como resíduo comercial, e de acordo com pesquisas realizadas em um salão ele é o quarto (12%) resíduo mais gerado por ano em um salão de beleza perdendo para o metal (26%), a cera (16%) e o plástico (14%). Ainda sobre o cabelo humano, quimicamente são compostos por 85% de proteína insolúvel em água (queratina), responsável pela resistência mecânica e estrutura (POZEBON, 1999)

A queratina pode ser encontrada na estrutura do cabelo humano, segundo MATYAŠOVSKÝ et al. (2018) o cabelo é uma fibra natural, queratinizada, em sua estrutura se forma duas hélices enroladas formando uma microfibrilas. A queratina é composta por aminoácidos que formam ligações peptídicas sendo difíceis de romper. Estudos e patentes onde as queratinas são utilizadas como matéria-prima para produção de filmes, produção de coberturas produzidas a partir de proteínas, tais como proteína de soja, gelatina e proteínas do leite para aplicações em alimentos, como também na elaboração de biomateriais e também com uso de agente hemostático e cicatrizante (MOORE et al., 2006). A queratinase é a enzima que é capaz de degradar a queratina quebrando as ligações peptídicas. Essa enzima tem diferentes aplicações, como na medicina, indústrias de alimentos, têxtil, de couro, nos cosméticos (ARRUDA, 2010).

Os materiais nanotecnológicos, por sua vez, possuem propriedades físicas, químicas e biológicas das estruturas e seus componentes em dimensões em nanoescala (OGLE; BYLES, 2014). Materiais nanoestruturados ou nanoestruturas, nanopartículas, nanocompósitos, nanocápsulas, materiais nanoporosos, nanofibras, nanofios, nanotubos, filmes finos, entre outros, podem ser agrupados ao termo nanomatéria. (MILANEZ, 2014).

Dessa forma, torna-se necessário o estudo e uso de um sistema de soluções que apresente uma alta estabilidade, fácil manuseio nos processamentos e também viabilidade econômica e ambiental. Para conseguir quebrar essa estrutura e poder ser feita a extração da queratina (ARRUDA, 2010; DA SILVA, 2012). Assim, neste presente projeto o objetivo se constituiu em analisar os estudos sobre a viabilidade de agregar valor ao resíduo cabelo humano para um possível potencial nanotecnológico.

2 MÉTODO

Para a realização deste trabalho foi efetuada uma revisão bibliografia para avaliar os conhecimentos atuais da literatura publicada sobre queratina, enzima queratinase e nanoqueratina ao desenvolvimento de um procedimento em etapas a serem seguidas por experimentos práticos que comprovassem a eficiência da degradação da queratina de cabelo humano por método enzimático.

Desta forma, as palavras-chave utilizadas no idioma português e inglês foram queratina, cabelo humano, queratinase, *keratinase*, micro-organismos queratinolíticos, isolamento de micro-organismos, nanoqueratina, *nanokeratin*, nanopartícula queratina e *nanoparticle keratin*. E também outras variáveis de seleção foram avaliadas como:

- 1) Estudos nos últimos 15 anos;
- 2) Estudos de queratina a partir do cabelo humano;



- 3) Estudos sobre extração da queratina;
- 4) Estudos sobre microorganismos produtores de queratinases;
- 5) Estudos sobre a formação de nanoqueratina.

3 RESULTADOS

A queratina classificada como proteína fibrosa podendo ser encontrada no cabelo, lã, penas de animais e outros tecidos epiteliais. Sendo formada por unidades de aminoácidos, sua massa molecular é em média de 10000g/mol, isto se dá à alta estabilidade mecânica e sua conformação rígida, devido aos resíduos de cisteína que são de 7% a 20% e a formação de pontes dissulfeto intermolecular ou intramolecular, pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas (MOORE et al., 2006). Na sua estrutura, tem cinco tipos de ligações: ligação iônica, ligação de hidrogênio, força de Van der Waals, ligação peptídica ou éster e ligação dissulfeto (LIMA, 2016). Tem um alto peso molecular que formam cadeias pela condensação de L-aminoácidos.

No estudo de MOORE et al., (2006) sobre queratina de penas de frango atentam a extração, caracterização e preparação de filmes. Devido às ligações dissulfetos e a alta quantidade de aminoácidos hidrofóbicos as queratinas não são solúveis em solventes polares e apolares. A sua extração, é feita somente se as pontes dissulfetos e as pontes de hidrogênio forem quebradas. Assim, existem alguns métodos para extrair a queratina do cabelo, que envolvem a cisão simultânea de ligações peptídicas (hidrólises ácidas e básicas), redução das pontes dissulfeto com soluções de sulfato de sódio alcalino ou a combinação de tratamentos enzimáticos e químicos com o uso de hidróxido de amônio. Já os processos que não tem cisões peptídicas, em que somente pontes dissulfeto são rompidas, incluem sulfitólises ou oxidação de pontes dissulfeto com ácido perfórmico (MOORE, et al., 2006).

Segundo o estudo de Martelli (2005) para a solubilização da queratina, as pontes devem ser quebradas e o método segundo a autora mais utilizada para a redução das ligações dissulfetos é o uso de tióis como o 2-mercaptoetanol. Sendo altamente dependente do pH, os ânions tiolato são formados em pH alcalinos, sendo o pH 9,0 o melhor para a ativação do 2-mercaptoetanol, sendo que em pH ácido, esta reação não ocorre. Ainda no estudo de MOORE et al., (2006) a caracterização das proteínas pode ser feitas por eletroforese (SDS-PAGE). Em que, soluções aquosas de queratina já extraídas foram caracterizadas por eletroforese em gel de poliacrilamida. Essas amostras foram desnaturadas a 100°C por 10min de solução de mercaptoetanol, Tris-HCl 0,5 mol L⁻¹ (pH 6,8), glicerol, SDS 10% (m/v) e azul de bromofenol 0,1% (m/v). Já no estudo de Zimmerman (2017) a quantificação foi determinada pelo método de Bradford, que consiste na adição do reagente de Bradford nas amostras.

Na maioria dos estudos, como já explicado, o método de extração da queratina não está associado a cabelo humano. Entretanto, para o cabelo também pode se utilizar esses métodos descritos abaixo, como foi o caso no estudo de Zimmerman (2017), sobre a extração e quantificação de queratina do cabelo para obtenção de bioplásticos. Em que, utilizou uma solução de Tris-HCl- tris(hidroximetil) aminometano hidrocloreídrico - (pH 8,5), tioureia, ureia, e 2-mercaptoetanol. De acordo com Arruda (2010), soluções de uréia e 2-mercaptoetanol estão sendo as mais comuns para a extração e posteriormente quebra das pontes dissulfeto. Porém, segundo a autora o custo desses reagentes pode tornar inviável sua utilização, pois reduz a produção em grande escala numa indústria, por exemplo. Dessa forma, torna-se necessário o estudo e uso de um sistema de solução que apresente uma alta estabilidade, fácil manuseio nos processamentos e também viabilidade econômica e ambiental.



Após extração da queratina, a degradação desta proteína ocorre por enzimas específicas aptas a hidrolisar as ligações peptídicas, essas enzimas são denominadas queratinases e são produzidas por diversos microrganismos. Vê a necessidade de estudos para isolar microrganismos produtores de queratinas e estudar as condições para produção da enzima queratinase (ARRUDA, 2010).

De acordo com Silva (2015), o termo nanotecnologia foi empregado pela primeira vez em 1972. Ainda de acordo com sua pesquisa, tem um aumento de pesquisas relacionado à nanotecnologia ao passar dos anos. Porém, quando se trata de nanoqueratina, como a Tabela 1 mostra o baixo índice de pesquisas e estudos relacionados utilização da nanoqueratina. Como visto as palavras chaves nanoqueratina, *nanokeratin*, nanopartícula queratina e *nanoparticle keratin* apresentam um número extremamente baixo de quantidade de resultados. A base de dados que mais apresentou pesquisas foi o Google Acadêmico, com a palavra chave “nanoparticle keratin”.

Tabela 1- Levantamento do número de publicações por base de dados referente as palavras chaves “nanoqueratina”, “nanokeratin”, “nanopartícula queratina”, “nanoparticle keratin”.

| Base da pesquisa | Quantidade de resultados por palavra-chave | | | |
|------------------|--|-------------|-------------------------|----------------------|
| | Nanoqueratina | Nanokeratin | Nanopartícula queratina | Nanoparticle keratin |
| Periódicos Capes | 0 | 5 | 1 | 2542 |
| Google Acadêmico | 13 | 67 | 933 | 12100 |
| Web of Science | 0 | 2 | 0 | 40 |
| Scielo | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Autoria própria (2021).

Estudos como de ANNESI et al. (2021), sobre nanopartículas protegidas com queratina biocompatíveis e biomiméticas permitem a inativação de bactérias mesofílicas por meio de terapia fototérmica mostram a utilização da nanoqueratina na medicina. Outros estudos como Cavalcante (2017), sobre a síntese de hidrogéis de colágeno, nanoqueratina e biopatita provenientes de sub-produtos da indústria avícola mostram a utilização da nanoqueratina no campo da engenharia de tecidos. Outras pesquisas são destinadas a nanopartículas na área de biocompatibilidade e biodegradabilidade de colágeno (SOUZA, 2018).

Tendo em vista essas pesquisas, é possível observar que nenhum arquivo foi levantado referente à obtenção da nanoqueratina pela extração da queratina do cabelo humano por método enzimático. O único estudo que apresentou a atividade de uma enzima para a composição da nanoqueratina foi o de ZHANG et al. (2020), sobre a obtenção de nanopartículas de queratina extraídas de lã por meio da hidrólise enzimática, porém para isso utilizou-se a enzima esperase, não a enzima queratinase.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho tinha como objetivo avaliar a viabilidade de agregação de valor ao cabelo humano descartado de salões de beleza para a forma de nanoqueratina a fim de potencializar tanto o quesito sustentável do material como econômico ao país. Com a realização das pesquisas concluí-se que apesar dos



estudos existentes sobre extração de queratina ser concentrados na indústria avícola, a pequena quantidade de estudos referentes à extração no cabelo humano. É possível verificar também dificuldade da escolha do método de extração da queratina, que depende de alguns fatores como temperatura, pH, uso de um sistema que apresente uma alta estabilidade, fácil manuseio nos processamentos e também viabilidade econômica e ambiental. Já sobre os estudos sobre nanoqueratina não foram encontradas pesquisas relacionadas a obtenção da nanoqueratina extraída do cabelo humano, com a utilização da enzima queratinase. Tem-se uma baixa quantidade de publicações sobre o tema.

REFERÊNCIAS

MOORE, Geovana R.P. et al. Queratina de penas de frango: extração, caracterização e obtenção de filmes. *Food Science and Technology*. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000200027/> Acesso em: 10 fev. 2021.

ANNESI, Ferdinanda et al. Biocompatible and biomimetic keratin capped Au nanoparticles enable the inactivation of mesophilic bacteria via photo-thermal therapy, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Volume 625, 2021, 126950. 2021.

RODRIGUES, Laura Bittencourt. Extração de queratina de resíduos de lã ovina a partir de sulfitólise com o agente redutor sulfeto de sódio. 2016. Disponível em: <https://tconline.feevale.br/tc/php/trabalhos.php?codcurso=2854&cod=269/> Acesso em: 15 jun. 2021.

MATYASOVSKÝ, Ján. et al. Antioxidant Activity of Keratin Hydrolysates Studied by DSC. *Journal American Leather Chemists Association*. Lubbock, Texas, vol. 114, 2019, 20 - 28.

LIMA, Cibele Rosana Ribeiro de Castro. Caracterização físico-química de fibras capilares e ingredientes cosméticos para proteção. 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9139/tde-31052016-160629/pt-br.php/> Acesso em: 15 jun. 2021.

OGLE, OE; BYLES, N. Nanotechnology in Dentistry Today. *West Indian med. j.*, Mona, v. 63, n. 4, pág. 344-348, agosto de 2014. Disponível em: http://westindies.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0043/ Acesso em: 21 jun. 2021.

MILANEZ, Douglas Henrique; ALVES Antonio Carlos Conserva; MORATO, Roniberto do Amaral; DE FARIA, Lopes; INNOCENTINI, Leandro; GREGOLIN, José Angelo Rodrigues. Análise de bases de dados e termos de busca para estudos bibliométricos e monitoramento científico



em nanocelulose. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465645971008/> Acesso em: 25 jun. 2021.

ZHANG, Yipeng; ZHANG, Nan; WANG, Qiang; WANG, Ping; YU, Yuanyuan. A facile and eco-friendly approach for preparation of microkeratin and nanokeratin by ultrasound-assisted enzymatic hydrolysis, *ultrasonics Sonochemistry*, Volume 68, 2020, 105201.2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417720300195#/> Acesso em: 12 jul. 2021.

CAVALCANTE, F. L. Síntese de hidrogeis de colágeno, nanoqueratina e bioapatita provenientes de sub-produtos da indústria avícola. 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/34899/> Acesso em: 15 jul. 2021.

ARRUDA, Milena Nakagawa de. Extração, caracterização e modificação química da queratina extraída das penas de frango, 2010. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.readcube.com/articles/10.11606%2Fd.9.2013.tde-11092013-150522/> Acesso em 15 jul. 2021.

YONG, Liu et al. Preparation and characterization of electrospun human hair keratin / poly (ethylene oxide) composite nanofibers. 2014, v. 19, n. 4. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/zkmSMTcNzJ5x9z3WP7Qgdqf/abstract/?lang=en#/> Acesso em: 12 jul. 2021.

SILVA, Ana Carolina Costa da. Nanotecnologia em diagnóstico e terapia no Brasil. Dissertação (mestrado) – **Instituto de pesquisas energéticas e nucleares**. 2015. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-15092015-125401/pt-br.php/> Acesso em: 12 ago. 2021.

SOUZA, F. F. P. Biocompatibilidade e biodegradação de colágeno, nanoqueratina e bioapatita derivados da indústria avícola. 2018. 73 f. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/30528/> Acesso em: 10 fev. 2021.

POZEBON, Dirce; DRESSLER, Valderi L.; CURTIUS, Adilson J. Análise de cabelo: uma revisão dos procedimentos para a determinação de elementos traço e aplicações. **Química Nova**. 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40421999000600011/> Acesso em: 15 fev. 2021.

SILVA, Elisabete Miranda da. Caracterização físico-química e termoanalítica de amostras de cabelo humano. 2012. **Instituto de Química**, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46136/tde-11092012-091254/pt-br.php/> Acesso em: 15 fev. 2021.