

ヘアカラーと同時に毛髪強度を向上させる補修技術を開発
～強い酸化環境下でも、没食子酸がタンパク質に強固な架橋を形成～

美容室向けヘアケア・化粧品メーカーの株式会社ミルボン(本社：東京都中央区 代表取締役社長：坂下秀憲)は、植物性フェノール化合物^{*1}の一種である没食子酸^{*2}を用いて、ヘアカラー中のような強い酸化力をもつ環境下でタンパク質に架橋^{*3}を形成させる補修技術を開発しました。また、この方法を活用すると毛髪強度が向上することを確認しました。なお本研究の成果は以下の学会にて発表しました。

【外部発表】

発表学会：35th IFSCC Congress
 発表タイトル：Innovative protein cross-linking technology using natural polyphenols to restore hair structure: Recovery of hair strength using quinone cross-linking in hair dye treatments containing hydrogen peroxide
 発表日：2025年9月15～18日

【研究の背景】

毛髪の約85%を占めるタンパク質は、ヘアカラーなどによって損傷を受けます。損傷が進行すると、洗髪時にタンパク質が毛髪の外へ流出しやすくなり、毛髪の強度が低下して切れ毛や枝毛の原因となります。

このような課題に対して、これまでにミルボンではヘアカラー後の毛髪に着目し、損傷したタンパク質の流出を抑える補修技術を開発してきました。その技術では、植物性フェノール化合物を用いてタンパク質に架橋を形成させることで、毛髪内部のタンパク質を保持し、ダメージの進行抑制が可能であることを報告しています(図1 灰色)。ヘアカラー直後の美しい状態を分子レベルで形状記憶する技術を開発[2020年11月20日リリース]

今回、「ヘアカラー後」に架橋形成させる(図1 灰色)だけでなく、「ヘアカラー中」にも架橋形成させられる(図1 緑色)と、損傷毛髪に対する“事後的な”補修に加え、損傷と同時に“予防的な”補修まで可能になり、より毛髪を健やかな状態に導くことができると考えました。しかし、一般的なヘアカラー剤は毛髪の色味を変えるために強い酸化力をもっており、架橋形成の反応にとっては過酷な環境である可能性があります。そのためヘアカラーと同時に、架橋形成反応が正しく進みにくいことが予測されました。そこで今回、ヘアカラー中のような強い酸化環境下でもタンパク質に強固な架橋を形成させることで、ヘアカラーと同時に毛髪補修まで可能にする技術の確立に取り組みました。

	これまでの取り組み領域	本研究の取り組み領域
	ヘアカラー後	ヘアカラー中
現象	ヘアカラーで損傷したタンパク質が日々の洗髪で流出する	毛髪タンパク質がヘアカラーで損傷する
対策	ヘアカラー後の日々のケアで、タンパク質に架橋を形成させて“事後的に”補修	ヘアカラーと同時に、タンパク質に架橋を形成させて“予防的に”補修

図1 ヘアカラーによるタンパク質損傷を補修する架橋技術の活用幅が拡大する概念図

【研究の成果】

強い酸化環境下において、没食子酸がタンパク質に架橋形成する条件を確認

植物性フェノール化合物の 1 つである没食子酸について、タンパク質に対する架橋形成能力を確認しました。SDS-PAGE^{*4}、および毛髪引張試験を行ったところ、没食子酸はタンパク質に対する架橋形成能力がある一方で、ヘアカラー剤のような強い酸化環境下では架橋形成能力が劣ることが確認されました。

ヘアカラー剤のような強い酸化環境下には、多くのラジカル種^{*5}が存在することが知られています。ラジカル種は非常に反応性が高く、周囲の物質と容易に反応するため、さまざまな副反応を引き起こす可能性があります。そのため、過剰なラジカル種の存在が、架橋形成反応に悪影響を及ぼしているのではないかと考えました。そこで、過剰なラジカル種の働きを抑制することが知られるキレート剤^{*6}を加えたところ、没食子酸によるタンパク質の架橋形成が促進されることを SDS-PAGE で確認しました。また、毛髪の強度を向上させることも確認できました(図 2)。

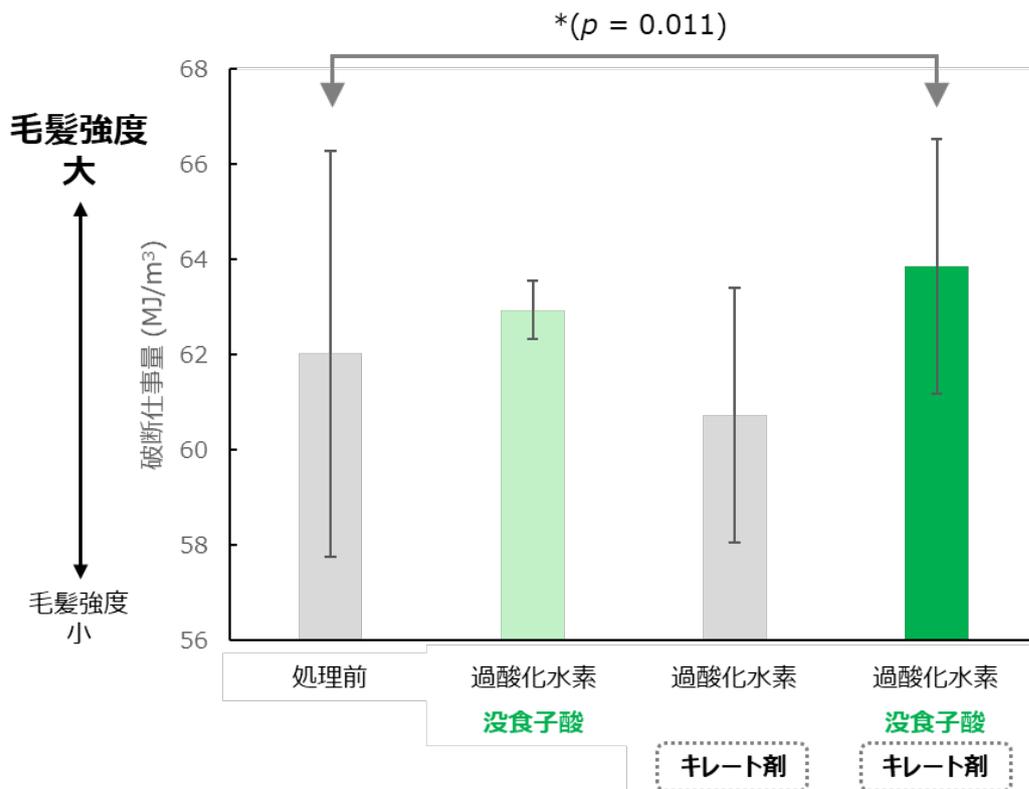


図 2 毛髪引張試験の結果

没食子酸は過酸化水素が存在する強い酸化環境下では毛髪の強度を向上させにくい(左から 2 番目)が、キレート剤の共存で有意に強度を向上させた(右端)。

【今後の展望】

美しい髪色を表現すると同時に、タンパク質に架橋形成して毛髪強度を向上させる、高い毛髪補修機能を有するヘアカラー剤の開発に活用していきます。

《補足》 タンパク質の架橋形成を確認する方法

タンパク質に他の物質が結合すると分子質量が大きくなります。SDS-PAGEを用いて分子質量の変化を確認しました。モデルタンパク質に没食子酸を作用させると分子質量が大きくなりますが、過酸化水素による酸化環境下では、その効果が小さくなることを確認できました(図 3a)。

また、過酸化水素による酸化環境下においてキレート剤を併用し、同様の試験を行いました。その結果、キレート剤の併用によって、タンパク質の分子質量が大きくなることを確認できました(図 3b)。

これらの結果から、強い酸化環境下でない場合は没食子酸を介してタンパク質間に架橋形成が起こり、強い酸化環境下ではキレート剤の共存で、同様の架橋形成が促進されると考えられます(図 4)。

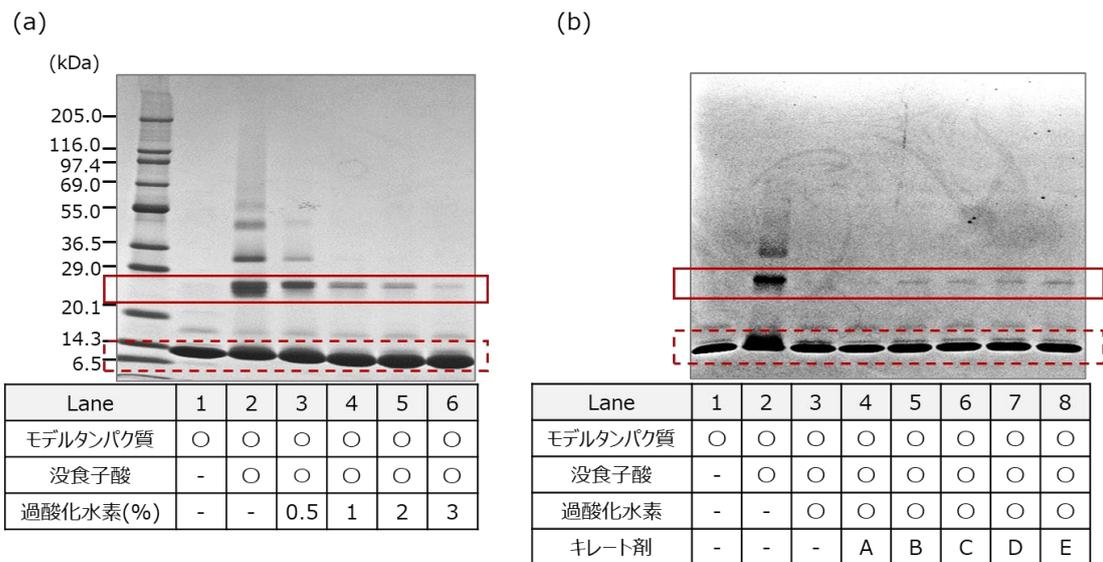


図 3 モデルタンパク質、没食子酸、過酸化水素、キレート剤で得られた生成物の SDS-PAGE パターン

(a)没食子酸により、14 kDa 付近のバンドが、約 2 倍の 28 kDa 付近にシフトした(Lane 2)

過酸化水素の濃度に依存して、28 kDa 付近へのシフトが抑制された(Lane 3~6)

(b)没食子酸により生じるバンドのシフト(Lane 2)は過酸化水素で阻害される(Lane 3)が、

キレート剤を併用するとバンドがシフトした(Lane 4~8)

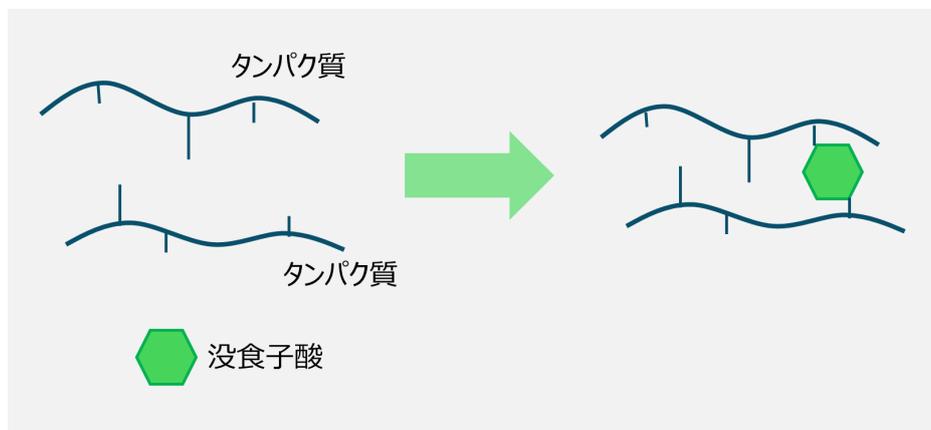


図 4 没食子酸を介してタンパク質間に架橋が形成される一例のイメージ図

《用語解説》

*1 フェノール化合物

ベンゼン環などの芳香族環に水酸基(-OH)がついている物質の総称。多くの植物に含まれており、生体防御において重要な機能を担っている。

*2 没食子酸

植物から産出されるフェノール化合物の一種であり、食品添加物や酸化防止剤として使用されている。

*3 架橋

2つの分子間、もしくは1つの分子内に橋を架けるように化学的な結合を形成すること。

*4 SDS-PAGE (ドデシル硫酸ナトリウム-ポリアクリルアミドゲル電気泳動)

サンプル中に含まれるタンパク質を、その大きさ(重さ)に基づいて分離する手法。

*5 ラジカル種

反応性が高く、孤立した不対電子を有する原子や分子、またはイオンのこと。フリーラジカル(遊離基)とも呼ばれ、活性酸素などがその代表例。

*6 キレート剤

金属イオンと安定な錯体を形成することで、その金属の反応性を抑制する化合物。ラジカル捕捉剤とは異なるが、金属イオンが関与するラジカル生成を間接的に抑制する働きももつ。

■リリースに関するお問い合わせ先

株式会社ミルボン

広報室 東京都中央区京橋 2-2-1 京橋エドグラン

TEL 03-3517-3915 FAX 03-3273-3211

株式会社ミルボン／本社：東京都中央区、社長：坂下秀憲、証券コード：4919（東証プライム）