

アリルイソチオシアネートによる カットレタスの褐変抑制

塩見 朱加*・山崎 真未**・太田 義雄***

Inhibitory Effect of Allyl Isothiocyanate on Enzymatic Browning of Shredded Lettuce

Ayaka SHIOMI, Mami YAMAZAKI and Yoshio OHTA

Key words : カットレタス shredded lettuce, 褐変抑制 inhibition of browning,
アリルイソチオシアネート allyl isothiocyanate

緒 言

野菜・果実の加工において酵素的褐変を抑制することは品質保持において大切である¹⁻³⁾。野菜の中でもレタスは結球野菜中で最も鮮度保持が難しいひとつである⁴⁾。特にレタス収穫後の切り口（茎部）の褐変は商品性低下につながるが、このレタス切り口の褐変防止については茨木ら⁴⁻⁶⁾により研究されている。一方、カット野菜も多く流通しているが、カットレタスの切り口の褐変が品質劣化の大きな問題である^{1,2)}。そのため、流通段階における商品性の維持に効果的な鮮度保持技術が求められている。現在流通しているカットレタスの褐変防止は、低温管理が主体であるが、近年、細田ら⁷⁻⁹⁾によりタマネギ搾汁液によるカットレタスの褐変抑制が報告されている。われわれも前報¹⁰⁾で野菜・果実のポリフェノールオキシダーゼ（PPO）活性を指標としてイソチオシアネート（ITC）のPPO活性抑制について検討した。その結果、特に抑制効果の大きい組み合わせとしてアリルイソチオシアネート（AITC）とレタスの組み合わせを見つけた。そこで、本研究ではカットレタスの褐変に対するAITCの抑制の有効性と実用化の可能性について検討した。

方 法

1. 原料および試薬

レタスは市販の新鮮なものを実験前に購入し、供試した。AITC（東京化成）およびエタノールは特級試薬を用いた。

2. AITC 溶液の調製

AITCは水に均一に分散しにくいいため、少量のエタノール（1 ml）に溶解させた。レタスの浸漬は全量 300 ml の蒸留水にそれぞれ所定の AITC 添加濃度になるよう添加し溶解させた。AITC の添加試験区としては 0.0 mM, 0.25 mM, 0.50 mM および 1.0 mM の 4 試験区を調製した。

3. AITC 添加試験区への浸漬

レタスの浸漬方法については、太田ら¹⁾に準じて行った。概要は、軽く水洗したレタス中肋の三枚の葉を手でちぎって四等分し、それを各 AITC 添加試験区（0.0 mM, 0.25 mM, 0.50 mM, 1.0 mM）に 3 分間浸漬し、水切り後、ポリ袋に詰め冷蔵保存（5℃）した。対照区の 0.0 mM は、エタノール 1 ml のみを水 300 ml に添加した溶液に浸漬した。

4. 評価

レタスの保存中の色調変化および異臭については、経時的に 0～6 日間、官能的に観察評価した。色調は肉眼的に評価するとともに写真撮影を行った。異臭について脱気包装は行わず、毎回官能的に評価を行なった。

結果および考察

1. カットレタスの色調の変化

貯蔵中のカットレタスの経時的色調変化については、貯蔵 0～2 日間は対照区、AITC 添加試験区ともに大き

* 広島文化学園短期大学食物栄養学科

** 中国学園大学現代生活学部人間栄養学科

*** 広島文化学園短期大学食物栄養学科（非常勤講師）

な変化は認められなかった。しかし、貯蔵3～4日目になると対照区と AITC 0.25 mM 添加試験区のレタス葉全体にくすみと切り口にやや褐変が認められはじめた。そのほかの AITC 添加試験区では、変化は認められなかった。

貯蔵4日目の対象区と AITC 0.5 mM 添加試験区レタスの観察写真を Fig. 1 に示した。肉眼的評価において AITC 添加試験区のカットレタスの方が対照区に比べて明らかに褐変が抑制されていることがわかった。

一方、AITC 0.50 mM と 1.0 mM との添加濃度による差異は明確ではなく、両試験区とも貯蔵6日目まで褐変は認められなかった。このことから、AITC の浸漬濃度は 0.50 mM 以上であれば良いと思われる。貯蔵6日目にはどの試験区においてもレタスにややしおれが認められたため、以後の実験は中止した。カットレタスは鮮度低下の早い野菜のひとつであり、流通においては鮮度が保持は4～5日間あれば十分と思われる¹⁾。

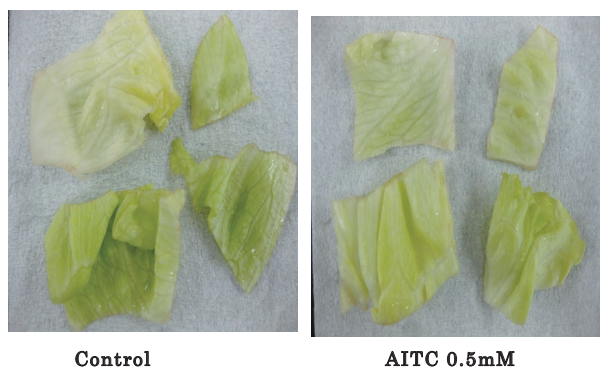


Fig. 1 Comparison of browning of shredded lettuce stored for 4 days at 5°C among control and treated with 0.5 mM AITC

2. においの変化

貯蔵0～6日間においてどの試験区においても異臭は認められなかった。AITC の添加においては AITC の分解物によるニンニク臭の報告¹¹⁾ もあるが、今回浸漬した AITC 濃度では刺激臭および異臭は特に感じられなかった。

レタスはアブラナ科の野菜ではないため、レタス中には AITC はほとんど含まれないが、キャベツと同様に少量の AITC でカットレタスでも褐変抑制効果が認められた。

3. レタスの褐変抑制メカニズム

遅延型褐変であるレタスの酵素的褐変では、二種類の誘導酵素が関与している¹²⁾。植物組織が傷付くと二種の酵素であるフェニルアラニンアンモニアーゼ (PAL) と PPO が誘導され、その活性化が褐変反応と深く関わっている。PAL は基質であるポリフェノール化合物量を増やす酵素であり、傷害初期に活性が高まることが知られている。PPO は、生成された基質であるポリフェノール

化合物を酸化させ、褐色成分に変える酵素であり、PAL にやや遅れて活性が徐々に高まる¹²⁾。酵素的褐変作用を抑制するには、この PAL、PPO のどちらか一方を、または両方の酵素活性を強力に阻害すれば良い^{4,12)}。カットキャベツでは AITC により、PAL 活性の誘導が抑制され、傷害面でのポリフェノール総量の上昇が抑制され褐変が抑制されることが明らかにされている^{13,14)}。レタスの褐変に関与する酵素活性については茨木ら⁶⁾、壇ら¹⁵⁾ および Hisaminato ら¹⁶⁾ により詳細な報告があり、茨木らは、AITC は PAL と PPO の両方の活性を抑制し、特に PPO 活性を強く抑制することが報告している⁶⁾。われわれも PPO 活性抑制を指標に AITC を検索したことから考察すると、カットレタスでは AITC による PPO 活性抑制が褐変抑制に大きく寄与していると考えられる。これは、カットキャベツの AITC の褐変抑制メカニズムとは異なっていた。このことから、同じ遅延型褐変でも植物の種類により、PAL、PPO 酵素の特性の違いもあり、その褐変抑制メカニズムには相違があることがわかった。

今回の結果より、カットレタスの褐変抑制に有効な AITC の 0.50 mM は、茨木らが報告⁶⁾ しているレタス茎切り口への塗布の濃度 (500 ppm : 約 5 mM) の 1/10 の濃度である。可食部のカットレタスにおいては、レタス茎褐変より非常に低濃度の AITC 浸漬で防止が有効であることがわかった。AITC の添加量が 10 mg/100 ml (1.0 mM) 以上になると分解物の異臭が感じられたり、味覚においても分解物の苦みを感じられるとの報告もある¹⁷⁾ が、今回の 0.50 mM 溶液の浸漬では、におい、味覚ともに特に問題はなかった。

また、AITC の他の機能としては抗菌作用があることが知られている^{18,19)}。特に、AITC 蒸気での利用の方がより低濃度で有効であるとの報告^{20,21)} もあり、今回の濃度 (0.5 mM) での使用でも褐変抑制とともに衛生面での効果も期待できる。

以上のことから、カットレタスの褐変は AITC への短時間浸漬により実用的に抑制できることが初めて明らかになった。しかも非常に低濃度の短時間処理で効果が認められることから、製造工程中に導入可能な処理法であると考えられる。

要 約

カット野菜の品質劣化の要因として、切り口の酵素的褐変が大きな問題となっている。この問題を解決するひとつの方法としてカットレタスについてアリルイソチアネート (AITC) による褐変抑制の効果について検討した。その結果、カットレタスの褐変は AITC の低濃度 (0.50 mM 以上) 浸漬により強く抑制された。AITC 浸漬によるレタスに異臭は感じられず、AITC によるカットレタスの褐変防止とその実用的利用が可能であると思われる。

文 献

- 1) 太田英明, 菅原 渉: 業務用カットレタス製造と品質保持に関する研究, 日本食品工業学会誌, **34**, 432-438 (1987).
- 2) 菅原 渉, 河野澄夫, 椎名武夫, 太田英明: カットレタスの貯蔵・流通技術, 日本食品低温保蔵学会誌, **13**, 92-98 (1987).
- 3) 永田雅靖: カットキャベツの生理・生化学, 日本食品工業学会誌, **41**, 741-746 (1994).
- 4) 茨木俊行, 平野稔彦, 鶴 暁子, 松本明芳: レタスの切口褐変防止に関する研究 第1報, レタスの褐変酵素について, 福岡県農業総合試験場研究報告, **B-10**, 19-22 (1990).
- 5) 茨木俊行, 平野稔彦, 鶴 暁子: レタスの切り口褐変防止に関する研究 第2報, 九州農業研究, **54**, 218 (1992).
- 6) 茨木俊行, 鶴 暁子, 中村 駿, 松本明芳: フェニルアラニンアンモニアラーゼ活性およびポリフェノールオキシダーゼ活性の抑制によるレタス切り口の褐変防止法, 福岡県農業総合試験場研究報告, **14**, 95-98 (1995).
- 7) 細田 浩, 岩橋由美子, 興座宏一: カットレタスの褐変に及ぼすタマネギ搾汁液の阻害作用, 園芸学雑誌, **69**, 512-516 (2000).
- 8) 池田浩暢, 細田 浩, 岩橋由美子: タマネギ搾汁液によるカットレタスの褐変阻害機構, 日本食品保蔵科学会誌, **28**, 3-8 (2002).
- 9) 細田 浩, 大見和枝, 坂上和之, 田中健治: タマネギオイルによるカットレタスの褐変抑制とその活性成分, 園芸学雑誌, **72**, 451-456 (2003).
- 10) 山崎(今村)真未, 影山智絵, 太田義雄: 野菜・果実のポリフェノールオキシダーゼ活性に及ぼすイソチオシアネート類の影響, 中国学園大学紀要, **20**, 107-112 (2021).
- 11) 川岸舜朗: グルコシノレート—その酵素的分解および分解物の反応性と毒性, 日本食品工業学会誌, **32**, 836-846 (1985).
- 12) 村田容常: 酵素的褐変とその制御, 化学と生物, **45**, 403-410 (2007).
- 13) 永田雅靖, 矢野晶充, 西條了康: アリルイソチオシアネートによるカットキャベツの褐変抑制機構, 日本食品工業学会誌, **39**, 322-326 (1992).
- 14) 永田雅靖, 田中喜之, 平井正志, 西條了康: アリルイソチオシアネートがカットキャベツのPAL活性を抑制する機構について, 日本食品工業学会誌, **40**, 52-55 (1993).
- 15) Kazuhiro DAN, Masayasu NAKATA and Ichiji YAMASHITA: Changes in Phenylalanine Ammonia-lyase and Polyphenol Oxidase Activities with Occurrence of Browning in Shredded Lettuce during Storage, *Food Preservation Science*, **25**, 209-213 (1999).
- 16) Hiromi MISAMINATO, Masatsune MURATA and Seiichi HOMMA: Relationship between the Enzymatic Browning and Phenylalanine Ammonia-lyase Activity of Cut Lettuce, and the Prevention of Browning by Inhibitors of Polyphenol Biosynthesis, *Biosei. Biotechnol. Biochem.*, **65**, 1016-1021 (2001).
- 17) 太田義雄, 高谷健市: アリルからし油およびエタノールの広島菜漬に対する保存効果, 日本食品工業学会誌, **29**, 672-674 (1982).
- 18) 木苗直秀, 小嶋 操, 小郡三千代: ワサビのすべて, 95-101 (2006), 学会出版センター, 東京
- 19) Kaori KANEMAKU and Teijiro MIYAMOTO: Inhibitory Effects on the Growth of Several Bacteria by Brown Mustard and Allyl Isothiocyanate, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **37**, 823-829 (1990).
- 20) Kenji ISSHIKI, Keiko TOKUDA, Risaburo MORI and Saiko CHIBA: Preliminary Examination of Allyl Isothiocyanate Vapor for Food Presevatins, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **56**, 1476-1477 (1992).
- 21) 古谷香菜子, 一色賢司: アリルイソチオシアネート蒸気の湿度による抗菌力差の検討, 日本食品科学工学会誌, **48**, 738-743 (2001).

Summary

The enzymatic browning is a major problem for the preservation of shredded vegetables during storage. The effect of allyl isothiocyanate (AITC) on the enzymatic browning of shredded lettuce was evaluated. When shredded lettuce was dipped for 3 min in very dilute AITC solution (>0.50 mM), browning of shredded lettuce stored at 5°C was suppressed compared to the water-dipped, control sample, during storage at 5°C . Browning of shredded lettuce treated with AITC was suppressed for 6 days at 5°C , while control sample turned to brown during 3 days storage at 5°C .

From the results, it was suggested that AITC was considered to act as an effective inhibitor to prevent it from enzymatic browning and its use.