

スポットライト

～第7回「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

果実の褐変過程におけるビタミンC定量法の検討と劣化防止物質の探索

青森県立弘前中央高等学校自然科学部

小野菜々子 小林七海 柴田匠美 佐藤望愛留

青森県は全国随一のリンゴの産地で、リンゴを昼食時などに食べています。しかし、切ってから時間が経つと変色してしまいます。このような果物や野菜の変色は「褐変」として知られており、リンゴに含まれるポリフェノールが酵素作用のもとで酸化されることで引き起こされます⁽¹⁾。一方、栄養素であるビタミンCも容易に酸化されやすい物質です。褐変を防ぐために、切ったリンゴを食塩水や食酢に浸す方法が知られています。しかし、この方法だと風味の変化、また、青森県の課題である塩分摂取量の抑制という課題があります。

そのため、風味を変えずにリンゴの褐変を抑え、かつ、ビタミンC酸化も抑えることができる食品添加物を探索することが必要と考えました。そこで本研究では、まず、酸による酵素失活を用いたリンゴ液中のビタミンC量の経時変化の簡易的な評価法を検討しました。そして、この評価法と吸光度測定を組み合わせることで酵素の酸化によるリンゴの劣化度を評価し、劣化を防止する物質を探索しました。

ビタミンC(L-アスコルビン酸：以後、図中ではAsAと略記)の定量はヨウ素滴定法で行いました。リンゴをミキサーで破碎・搾汁して作製したリンゴ液にデンプン指示薬を添加し、ヨウ素溶液 2.30×10^{-4} mol/Lで滴定することで、リンゴ100gに含まれるビタミンC量を決定しました。本実験では、リンゴを切ってから時間が経つと褐変してしまうという挙動を調査するため、リンゴ液搾汁後からの経過時間に対してビタミンC量がどのように変化するかを調査しました。

ヨウ素滴定法で、正確にビタミンCのみの定量を行えるかどうかを確認するため、試料への硫酸の添加の有無によって滴定結果がどのように変わるかを調査しました。標準試薬のビタミンCのみを添加した水溶液の場合、2.0 mol/L硫酸1 mLの有無で反応量に変化はありませんでしたが、リンゴ液の場合は、硫酸を添加した場合は、無添加に比べて反応量が大幅に少なかったです。硫酸無添加の場合は酵素が失活していないため、ヨウ素によって、ポリフェノールとビタミンC両方の酸化が進行した(ヨウ素の消費量が多い)一方で、硫酸添加の場合は、酵素が失活してポリフェノールは酸化されず、ビタミンCのみが酸化された(ヨウ素の消費量が少ない)とみられます。図1で硫酸添加後のリンゴ液中の反応量はリンゴ100gに含まれているとされるビタミンC 10 mg

に相当し、硫酸を添加することで正確にビタミンCのみを定量することができたと考えられます。なお、リンゴを搾汁してから硫酸を未添加のまま放置し、30分経過後に硫酸を添加したものは30分で急激に反応量が減少していたため、上記の考察を支持する結果となりました。以上の結果から、リンゴ中のビタミンC量のみを選択的にヨウ素滴定法で測定するためには、硫酸の添加が必要と考えました。そこで、硫酸を加えて作製したリンゴ液に含まれるビタミンCの挙動を調査しました。図2に示すように硫酸を添加せずにリンゴ液を作製すると、時間が経つにつれ、反応量が減少しました。一方で、硫酸を添加して作製すると、反応量の減少が抑制されました(図2)。そのため、滴定直前に硫酸を添加すると、リンゴ液作製時から滴定するまでに酸化されたビタミンC量を簡易的に測定できるといえます。

褐変を抑制するために、食酢とともによく用いられる食塩

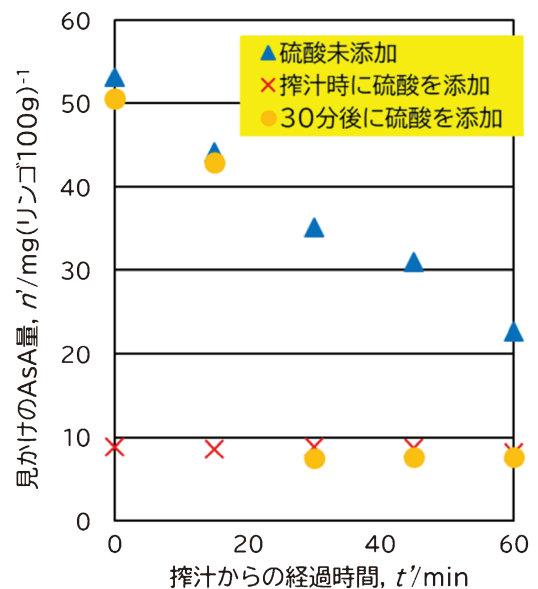


図1 リンゴ液に対するヨウ素溶液の反応量。硫酸添加依存性。(オンラインカラー)

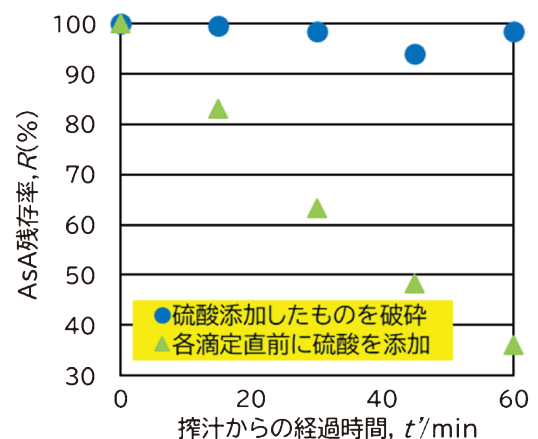


図2 ビタミンC残存率の変化。(オンラインカラー)

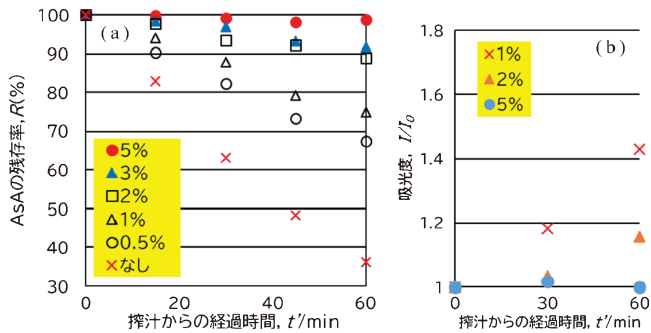


図3 (a) ビタミンC残存率のNaCl添加量依存性. (b) 吸光度のNaCl添加依存性. (オンラインカラー)

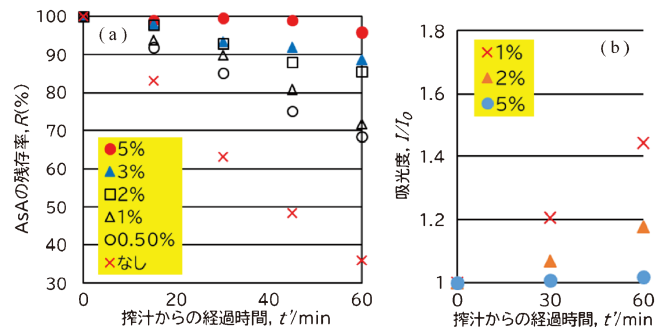


図4 (a) ビタミンC残存率のKCl添加量依存性. (b) 吸光度のKCl添加依存性. (オンラインカラー)

(NaCl)が酸化劣化による褐変をどの程度抑制できるのかを、ビタミンC量の経時変化と分光光度計を用いた波長480 nmにおけるリンゴ液の吸光度測定により評価しました。リンゴ液中のポリフェノールが酸化されると、リンゴ液が褐変し、液の色は濃くなります。吸光度測定では、吸光度が高いほど溶液の色が濃く、褐変が進行していると考えました。

リンゴ液搾汁時にリンゴの質量に対して5%の質量のNaClを添加し、上述のヨウ素滴定法によりビタミンC量を定量した結果を図3(a)に、その際の吸光度測定の結果を図3(b)に示します。実験結果から5%のNaCl添加では、褐変が抑制されるだけでなく、ビタミンC量も保持されていました(図3(a))。これは、ポリフェノールの酸化による褐変機構とビタミンCの酸化機構は類似しているためと考えられます⁽¹⁾⁽²⁾。

NaClに代わる褐変防止物質の探索のため、塩化物イオンを含み減塩塩の成分であるKCl, MgCl₂, CaCl₂, そしてNa⁺を含み食品添加物としても用いられるNaHCO₃の4種類と同様の評価を行いました。図4~7(a)に示す通り、4種類とも、5%の添加では、1時間経過後もリンゴ液中のビタミンC量を保持することができました。一方褐変についてはKCl, MgCl₂, CaCl₂の添加では5%で褐変を抑制できていましたが(図4~6(b)), NaHCO₃は5%の添加でも褐変を抑制できませんでした(図7(b))。そのため、上記塩化物が酸化的劣化を抑制する食塩の代替物質として、機能することが可能であるといえます。NaClが酵素の酸化を抑制するのは、Cl⁻が酵素側鎖のCu²⁺に配位するためであり、減塩塩もCl⁻を供給することができたため、褐変を抑制できたと考えられます⁽¹⁾。

さらに、褐変しやすいモノでも、同様の測定を行いました。リンゴと同様に、5%のKCl, MgCl₂, CaCl₂添加によって、褐変・ビタミンC量の減少ともに抑制することができ、本研究の成果は他の果実に対しても適用可能であることが示唆されました。

本研究は、私たちにとって身近な題材であり、意欲的に取り組むことができました。今回発表を聞いてくださった方々から、リンゴの種類による実験結果の違いや実食したらどう

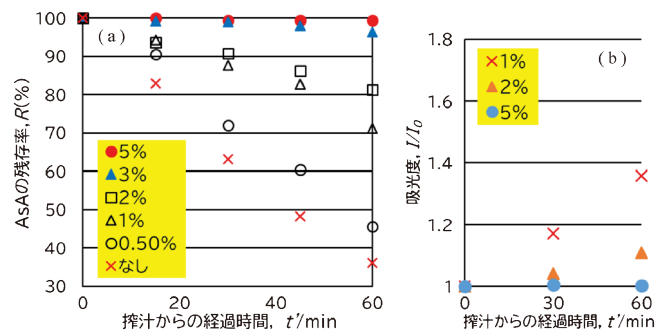


図5 (a) ビタミンC残存率のMgCl₂添加量依存性. (b) 吸光度のMgCl₂添加依存性. (オンラインカラー)

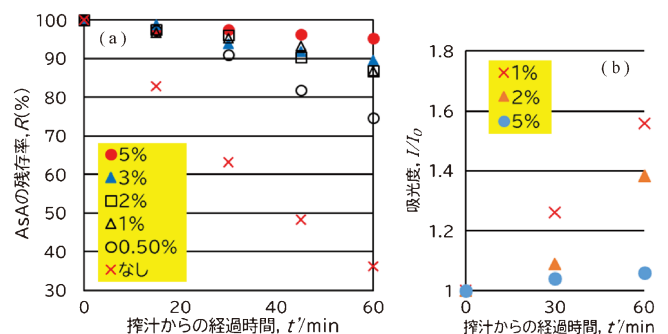


図6 (a) ビタミンC残存率のCaCl₂添加量依存性. (b) 吸光度のCaCl₂添加依存性. (オンラインカラー)

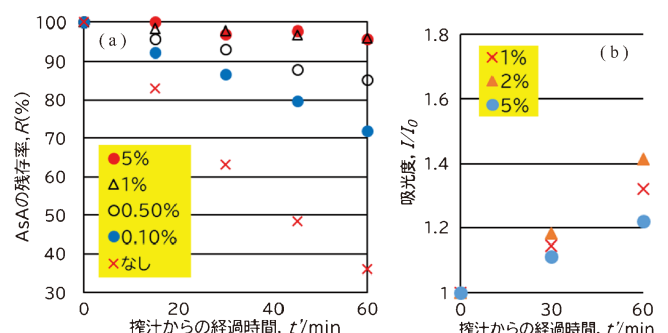


図7 (a) ビタミンC残存率のNaHCO₃添加量依存性. (b) 吸光度のNaHCO₃添加依存性. (オンラインカラー)

かという質問を頂きました。また、実際にリンゴを食べる場合は、本研究で扱った時間よりも時間が経過しているため、さらに長時間の測定を実施していく必要があると感じました。参加して得られたものを活かし、研究を更に深めていきたいと思えます。

文 献

- (1) M. Murata : 日本食品科学工学会誌, **45**(1998), 177-185.
- (2) T. Kihara : 中部大学応用生物学部紀要, **4**(2005), 29-34.

(2022年5月30日受理)[doi:10.2320/materia.61.902]
(〒036-8154 弘前市大字蔵主町7番地1)



～美しい金属の写真～

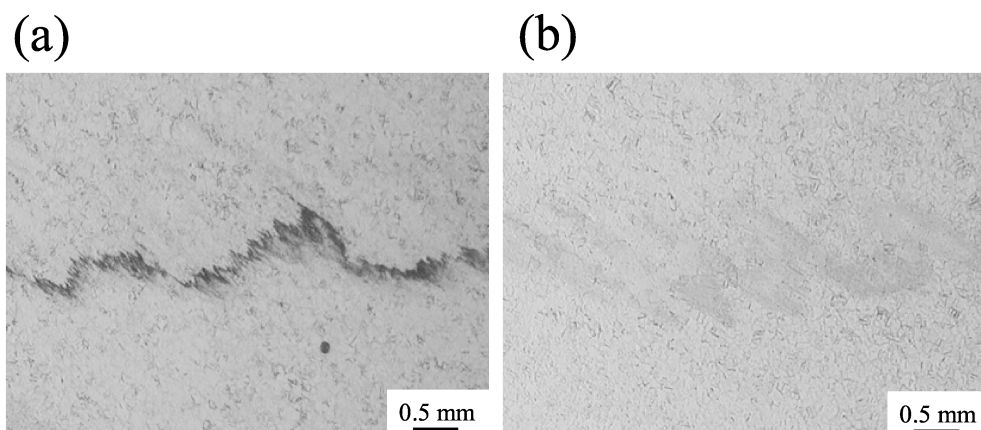


Fig. 3 OM images at positions of concentrated W in stir zone of (a) FSW-asweld and (b) FSW-STA.

<Heat Treatment to Improve Fatigue Strength of Friction Stir Welded Ti-6Al-4V Alloy Butt Joint: Masaaki Nakai, Mitsuo Niinomi, Yu Ishida, Huihong Liu, Hidetoshi Fujii and Takashi Ninomiya: Mater.Trans., **58** (2017), 1223-1226. より転載>