

野菜の鮮度測定方法の開発および鮮度保持方法の研究

石川県立金沢泉丘高等学校 2年

小田 郁久美 山口 洵 常田 知希 中田 健誠

1. 要旨、概要

現在、家庭での食料の保存には冷蔵庫を用いるのが一般的である。しかし、より良い状態で食料の鮮度を保持できる新たな方法があるのではないかと考え、従来の方法を検証するとともに、野菜の鮮度を保持する方法についてより詳しく研究することにした。よって本研究の目的は、野菜の鮮度をより長い期間保持する方法を見つけることである。これにより、家庭における長期保存、また、野菜の長距離輸送に役立つだろうと考えられる。野菜の鮮度には統一的な定義がないため、本研究では糖度、見た目の腐敗の度合いの2つの観点を鮮度の指標に採用した。そして保存前の処理と保存温度を変え、それぞれ鮮度の変化を調べた。実験の結果、高温処理を行うと、糖度の減少は抑えられるが、腐敗が進んだ。対照的に、低温処理を行うと、糖度は減少するが、腐敗は抑えられた。つまり、鮮度の2つの基準である糖度の減少率と腐敗の程度には、常温保存したときに負の相関があることが分かる。これはつまり、糖度の消費活性とバクテリアに対する抵抗力に相関があることを示唆している。結果から、糖度の減少を抑えるためには低温処理が、腐敗を抑えるためには高温処理が必要であると考えられる。しかし、低温処理と高温処理を両方行うというのは矛盾したことである。そこで、糖度の消費を抑えつつバクテリアに対する抵抗力は維持するための生鮮野菜の密封パックを用いた保存を現在検討している。

2. 目的

現在、家庭での食料の保存は冷蔵庫を用いるという方法が一般的である。しかし、より良い状態で食料の鮮度を保持できる新たな方法があるのではないかと考え、従来の方法を検証するとともに、野菜の鮮度を保持する方法についてより詳しく研究することにした。

これまでのところ、野菜の鮮度保持方法につ

いてはさまざまな研究が行われている。低温保存や加熱処理はもちろん、ラップでの包装などは、私たちも普段からよく利用している方法である。その中で50℃洗い、70℃蒸し、カテキンに着目した。50℃洗いでは、野菜がヒートショックを受け、熱耐性を持つタンパク質を生成することにより、自己防衛の体制を取るため、保存性が高まる。また、酸化による変色や水分蒸発、熟成が抑えられる。50℃が最適温度といわれており、50℃以上の高温であればお湯の温度によって細胞の温度が上昇し、全体の温度も上がり細胞の生命活動を停止することになる。50℃以下の低温であれば菌が増殖しやすく、含まれている腐敗菌が多くなる。70℃蒸しでは、栄養素・旨味成分・香りが高まる。さらにゆっくり蒸すことでデンプンが糖にかわり、甘味が増す。また、50℃洗い、70℃蒸しどちらも野菜の色を変化させる酵素を壊す。これにより腐敗を抑えることができるのだ。カテキンには菌の細胞膜を破壊する働きがあり、カビや細菌などに対し殺菌作用を発揮する。

鮮度保持方法の開発は、家庭での食品のさらなる長期保存を可能にし、また産地からの従来以上の長距離輸送を可能にする。さらに、世界の食料問題にも一定の貢献をもたらすことが期待される。

3. 仮説

経験上、ゆでた(100℃処理を行った)トウモロコシは甘みが減っていくと思われる。また保存方法については、常温で保存すると、トウモロコシが傷んだり、カビが生えたりしやすくなるため、冷蔵庫での保存が適していると考えられる。さらに、先行研究より野菜の鮮度保持には50℃処理、または、70℃処理が有効であるとされている。そのため、50℃処理や70℃処理を行うと、ゆでたものよりも甘みが保たれやすくなると考えられる。

4. 方法

今回の実験にはトウモロコシを用い、「糖度」と「見た目の腐敗度合い」の2つを鮮度とした。糖度は、減少の幅が小さいほど鮮度が大きいとする。見た目の腐敗の度合いは、カビの生え方、痛み方などから判断した。保存中のトウモロコシの粒を採取し、その搾出液の糖度を測定する。

(1 回目の実験)

まず、トウモロコシを 50℃加熱、70℃加熱、100℃加熱で処理したもの、そして対象実験用の未処理（非加熱）のもの4つに分ける。ここで、本研究では 50℃処理、未処理を低温処理、70℃処理、100℃処理を高温処理と呼ぶことにする。50℃処理では5分間、70℃・100℃処理では15分間その温度の水でゆでる。50℃処理の時間のみ5分と短いのは世間で提唱されている50℃洗いを参考にしたためである。そして、常温、野菜室、冷蔵庫、チルド、冷凍庫の5つの環境で保存した。本研究では、野菜室、冷蔵庫、チルド、冷凍庫の4つを低温保存と呼ぶことにする。そして6日間の糖度の変化を毎日計測し、7日後には腐敗の度合いを、腐敗していないものを0点、全体が腐敗したものを10点とし、0～10点で点数化した。

(2 回目の実験)

1回目と同様の実験を再度行った。ただし、前処理の温度は変えず、前処理の温度による変化の比較を可能にするために50℃処理の時間を他と同じ15分間に変更した。また、先に行った1回目の実験では野菜室、冷蔵庫、チルドなどの低温保存での結果が類似していたため、普段野菜を保存する野菜室のみに絞った。そして、新たな保存方法に「カテキン水につけておく」を追加した。これはお茶などに含まれるカテキンが鮮度保持に有効であるとされているためである。その対照実験として「水につけておく」も追加した。よって、2回目の実験の保存方法は常温、野菜室、冷凍庫、カテキン水、水の5つである。ここでは、粉末緑茶水溶液をカテキン水とする。1回目の実験と同様に、6日間の糖度の変化を計測し、7日後には腐敗の度合いを0～10点で点数化した。

5. 結果

(1 回目の実験)

図1（最終項）は、常温保存での糖度の変化の様子をグラフに表したものである。

冷凍庫での保存では、初回測定と最終測定での糖度の減少率はそれぞれ100℃処理5.26%、70℃処理9.84%、50℃処理4.44%、未処理3.92%となり、処理温度にかかわらず、糖度は大きく減少しないという結果となった。他の低温保存でも同様な結果となった。一方、常温保存では、減少率はそれぞれ100℃処理15.4%、70℃処理22.5%、50℃処理71.6%、未処理63.8%となった。したがって、100℃処理、70℃処理の高温処理を施したのものにはそれほど大きな糖度の減少は見られなかったが、50℃処理、未処理の低温処理のものは糖度の減少が大きいという結果となった。

図2（最終項）は、腐敗の度合いの点数をグラフにしたものである。

これに示されるように、低温保存ではほぼ腐敗しないが、常温保存では大きく腐敗するという結果になった。さらに、常温保存の中でも、低温処理では腐敗が小さく、高温処理では大きくなっていた。実際に、低温保存での腐敗は単なる傷みが主だったが、常温保存での腐敗はそれに加えてカビが大きく発生していた。

(2 回目の実験)

図3、4、5（最終項）は例として常温保存、水につけて保存、カテキン水につけて保存、の糖度の変化をグラフに表したものである。

1回目と同様に、低温保存では糖度の減少率は小さくなり、常温保存では、100℃処理、70℃処理の高温処理も小さくなった。そして、これもまた1回目と同様に、常温保存の50℃処理、未処理の低温処理では大きくなった。

水につけて保存とカテキン水につけて保存のグラフの概形は類似しており、違いが少ないといえる。

また、糖度の減少率は全体的に1回目の実験より小さくなった。これは使ったトウモロコシの個体差や、気温などの環境要因によりトウモロコシの活性度や糖度計の示す値が変化したためだと考えられる。

図6（最終項）は、常温保存での腐敗の度合いをグラフに表したものである。

1回目の実験同様、低温保存ではほとんど腐

敗せず、また常温保存では大きく腐敗した。高温処理での腐敗が大きいというのも、1回目と同じ結果であった。水とカテキン水では、大きな差は見られなかった。

全体の結果をまとめると以下ようになった。

表1

	低温保存		常温保存	
	低温処理	高温処理	低温処理	高温処理
糖度の減少	小	小	大	小
腐敗の度合い	小	小	小	大

6. 考察

呼吸ではグルコースが消費される。今回測定した糖度はBrix値と呼ばれており、それは主にグルコースの量を反映している。したがって糖度の減少は、主にトウモロコシの呼吸のためだと考えられる。低温下では呼吸にかかわる酵素の活性が低下するため、呼吸作用が抑制される。そのためグルコースが消費されず、冷凍庫や野菜室などの低温保存では糖度が減少しなかったと考えられる。

また、タンパク質変性の温度は60℃前後であることが知られている。そのため実験前に70℃、100℃などの高温処理を行った場合、呼吸にかかわる酵素などのタンパク質が変性したため呼吸が行われず、糖度が減少しなかったと考えられる。

本実験での腐敗は多くがカビによるものであった。カビの繁殖は低温環境では活発ではなくなるため、低温保存ではカビの発生・増殖が抑えられ、腐敗の度合いが小さくなったのだと考えられる。

70℃、100℃といった高温処理のものには、未処理、50℃といった低温処理のものよりもカビが多く発生した。それは高温処理で呼吸のシステムとともに植物の生体防御システムまで壊れたからだと考えられる。生態防御システムとは、ヒトなどでいう皮膚や粘膜に当たるものであり、植物では主に細胞壁がその役割を担っている。

カテキンには菌の細胞膜を破壊する働きがあり、カビなどの菌などに対し殺菌作用があるといわれている。したがって本来なら腐敗が抑えられるはずだが、それにも関わらず腐敗が大きかったのは、カテキンの吸収、添加方法などに問題があったためだと考えられる。

7. 結論

トウモロコシの鮮度には糖度、腐敗の度合いという2つの要素がかかわっており、鮮度を保持するには糖度の減少を抑え、腐敗を防ぐことが必要である。

糖度の減少を抑えるにはその原因である呼吸を抑える必要がある。そのためには低温保存、あるいは高温処理が有効である。また腐敗の度合いを抑えるには、カビなどの菌の活動の抑制、あるいは植物の生体防御システムの維持が必要である。そのため、菌の活動を抑えるには低温保存、生体防御システムの維持には低温処理が有効である。

本実験から、50℃処理や70℃処理されたもののほうが100℃処理のものよりも糖度の減少率が大きくなっている。また、低温保存をすると常温保存の場合と比べ糖度の減少率、腐敗を抑えることができるといえる。よって、今回、私たちが立てた仮説は処理方法に関しては異なっていたが、保存方法については実証された。前処理の温度にかかわらず、低温保存により、糖度の減少と腐敗の度合いの両方を抑制することが可能であるということが実証された。

8. 展望

今回の実験では低温保存が鮮度の保持に最も適しているという結果であった。しかし、冷蔵庫はいつ、どこでも使用できるわけではないため、私たちは常温下でも鮮度保持が可能な保存方法を開発し、世界各国での長距離輸送を可能にし、食糧問題への一定の貢献を目指す。

高温処理を行った場合、呼吸のシステムとともに植物の生体防御システムまで壊してしまうため、糖度の減少は抑えられるが、腐敗は抑えられなくなる。それに対して高温処理せずに生体防御システムを維持させようとするれば、呼吸システムも維持されてしまうため糖度が減少してしまう。つまり、糖度の減少と腐敗の2つを

抑えることは、細胞のシステムの破壊と維持を両立させるといふ矛盾したことであり、加熱による処理では実現が難しいとわかった。そこで、加熱処理せずに常温保存でも生体防御システムを維持しながら呼吸を抑える方法が必要となる。

その方法として「密封パック」を使う方法を考えた。これにより細胞のシステムを破壊せずに呼吸を止めることと、生体防御システムの維持の両立が可能になるかもしれない。

また、今回の実験ではトウモロコシをつかったが、他の野菜についても同じ仕組みで鮮度が落ちていくと考えられる。その場合、この「密封パック保存」はほとんどの野菜に有効であることが期待される。それを確かめるためには、他の野菜についても実験、検証していくことが必要となる。

その代表として、ニンジンを考えている。ニンジンもまた、トウモロコシと同様に、日が経つにつれて糖度が減少していくことが知られている。また、トウモロコシとは違い、一年中市場に出回っているため、いつでも研究することが可能である。

また糖度の他にも指標にできる栄養素があると考えられる。野菜の収穫後減少していくと思われるクロロフィル濃度を分光光度計で測定する方法や、ビタミンを滴定する方法などが考えられ、試していきたいと考えている。

8. 謝辞

今回研究を行うにあたり多くの先生方、特に北陸先端科学技術大学院大学の小田和司助教授には多くのアドバイスや指導をしていただきました。ありがとうございました。

9. 参考文献

中道謹一、青果物の鮮度保持システム

<http://www.pref.kagawa.lg.jp/agrinet/dougubako/keiei/ryutu/1.pdf#search=%E6%A4%8D%E7%89%A9+%E5%91%BC%E5%90%B8+%E9%AE%AE%E5%BA%A6>

日本カテキン学会

<http://www.catechin-society.com/>

伊藤要子、ヒートショックプロテイン (HSP70) の魅力、2014

https://www.jstage.jst.go.jp/article/onki/77/3/77_222/_pdf

平山一政、低温スチーミング調理、2013

https://www.jstage.jst.go.jp/article/cookeryscience1995/30/4/30_381/_pdf

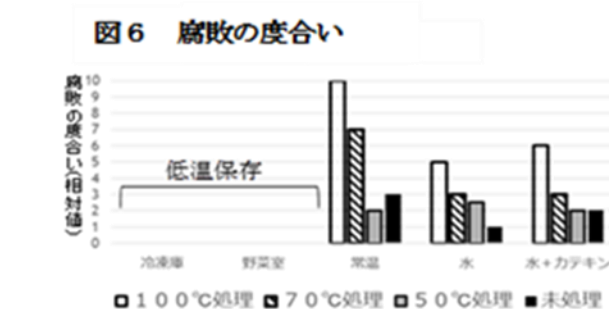
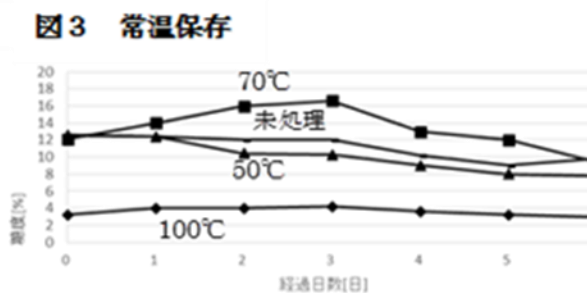
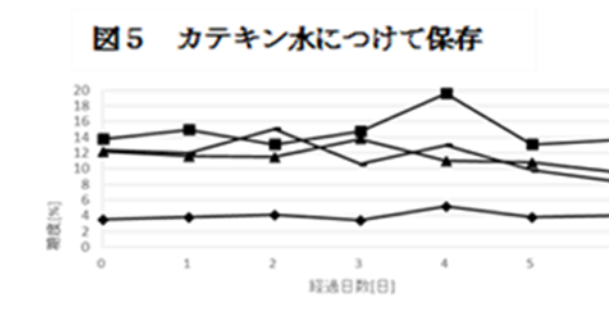
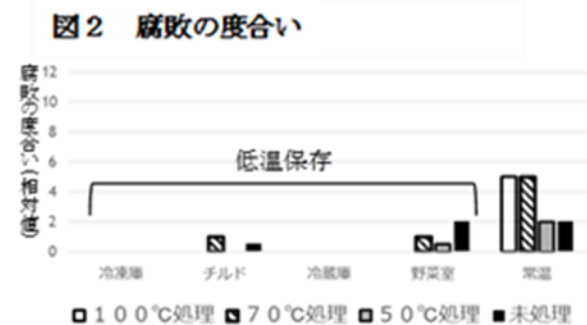
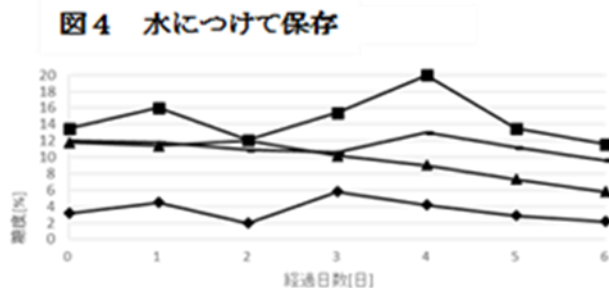
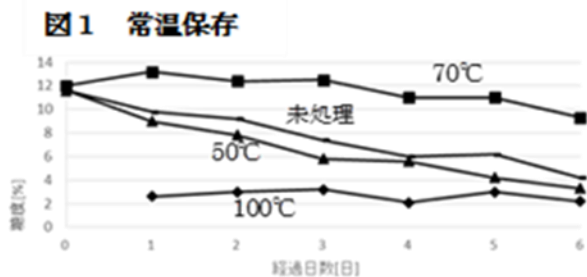


表2

	100°C	70°C	50°C	未処理
野菜室	-16.7%	2.44%	18.2%	16.7%
常温	15.4%	22.5%	71.6%	63.8%