

柑橘類を新鮮な状態で熟成させ食べるための ph コントロール手法と装置の提案

本山理梨子（早稲田大学人間科学部, rkpin.m@akane.waseda.jp）

玉城絵美（早稲田大学人間科学学術院, JST さきがけ, hoimei@acm.jp）

西村昭治（早稲田大学人間科学学術院, kickaha@waseda.jp）

Suggestion of ph control technique to eat aging citrus in fresh state

Ririko Motoyama (Faculty of Human Science, Waseda University)

Emi Tamaki(Presto-JST, Faculty of Human Science, Waseda University)

Syoji Nishimura (Faculty of Human Science, Waseda University)

Citrus fruits have problem that Citrus fruits isn't eaten in the best time. This is because the near time to rot and time to ripening of citrus. However, if citrus can be aging just before eating, it is possible to prepare the aged fresh citrus. On the other hand, given the external stimulus to the citrus, ph value of citrus fruits decrease, and citrus is the aging state.

In this study, in order to aging citrus state, we suggest a method giving external stimulus to the citrus just before eating, comparative experiments were carried out. 1 factor, and 3 levels, Analysis of variance and Multiple comparison is performed to examine the difference of the ph value of citrus (grapefruit).

Level is (1) do nothing, (2) shake by hand, (3)giving low-frequency by device A.

A result, when the 5% significance level, significant difference was observed. Method to make the most citrus aging condition was proposed device B.

キーワード：柑橘類, ph 値, 熟成,
(Keywords : citrus, ph, aging)

1. 背景

野菜や果物は熟成したところに消費者の手元に届き食べられるのが理想的だが、現実には熟成前に食べざるを得なかったり、熟成を待つ間に腐敗してしまったりする。なぜならば、野菜や果物の多くは熟成前に収穫、出荷されるからだ。

特に、柑橘類は腐敗と熟成の時期が近いゆえに、最適期に上手く食べられない問題がある。ここでの熟成とは、柑橘類の果肉(可食部)の ph 値が上がることを定義する。柑橘類は皮をむくまで中身がわか

らない上に、熟成時期のコントロールが難しい。

上記を解決するため提案されている手法があるので、以下に列挙して説明する。

1. 太陽光に当てる

プロセス：柑橘類を太陽光に数日当てる。

原理：光刺激により、柑橘類の ph 値が上がる。

メリット：時間とともに熟成が高まる。(ph

値が上がる)

デメリット：熟成するまでに少なくとも数日必要で、時間がかかる。放置している間に果肉を確認できず、腐敗に気付けない可能性がある。

2. 特殊な袋(MA 包装)にいれて太陽に当てる[1]

プロセス：袋に入れて太陽光に数時間から数日当てる。

原理：光刺激で柑橘類を熟成する(ph 値を上げる)ことができる上、袋が柑橘類の呼吸を抑えるので、鮮度を保てる。

メリット：熟成が高まる。鮮度が保てる。

デメリット：成熟するまでに少なくとも数時間から数日必要で、時間がかかる。成熟する時間帯が不明なため、家庭で手軽にできない。

3. エチレングスとともに袋に入れる[2]

プロセス：りんごやバナナなど、エチレングスを発生させるものと一緒に柑橘類を袋に入れる。1日～数日放置しておく。

原理：エチレングスは植物ホルモンの一種で、果実の老化や熟成に作用するため、柑橘類の熟成を高められる。

メリット：成熟が早まる。

デメリット：成熟するまでに少なくとも数時間から数日必要で、時間がかかる。成熟する時間帯が不明。エチレングスを発生させるもの（りんご、バナナ等）が必要。

4. 温めた後に冷却[3]

プロセス：40 度程度のお風呂に 10 分ほどつけたのち、1 時間程度冷蔵庫で冷却する。

または、柑橘類の表面に切り込みを入れた後、電子レンジにかけて、1 時間程度冷蔵庫で冷却する。

原理：柑橘類をお湯につけると「アコニターゼ」という酵素が働く。この働きにより、みかんの酸を分解し、ph を下げることができる。

メリット：熟成が高まる(ph 値をあげる)。数十分で熟成させることができる。

デメリット：温めた後は 1 時間ほど冷やす必要がある。

「熟成」とは ph 値を上げ、酸味を下げ、口に入れたときに相対的に甘く感じる状態を指す。以上の手法の特徴について表 1 にまとめる。

「鮮度」とは、加工の際に新鮮さが保てるかどうかを表す。例えば果実が痛むことで呼吸が促され、ph 値が上がる場合は熟成は「○」となるが、鮮度は「×」となる。

「加工終了タイミングコントロール」とは、自分の食べたい時間に合わせて、ph 値を上げる作業の終了タイミングをコントロールできるかを表している。

「加工時間」は ph 値を上げる作業を開始してから、実際に食べられる状態になるまでの時間を表している。

「冷蔵庫への設置の容易さ」は、冷蔵庫内部への設置可能性について表している。

手法をまとめると、「熟成」、「鮮度」、「加工終了タイミングコントロール」、「加工時間」については既存の手法によっては解決できる。ただし、「冷蔵庫への設置の容易さ」については、どれも満たされていない。

表 1 既存の提案手法と本研究の特徴

	熟成	鮮度	加工終了タイミングコントロール	加工時間	冷蔵庫への設置の容易さ
1.太陽光	○	×	×	数日	×
2.特殊な袋	○	○	×	数日	×
3.エチレングス	○	×	×	1 日～数日	×
4.温めた後に冷却	○	○	○	数時間	×
本研究	○	○	○	数時間	○

2. 研究目的

本研究の目的は、消費者が食事をする直前に柑橘類を熟成し、鮮度を保った柑橘類を気軽に手に入れるようにすることである。消費者の食前は、柑橘類は基本的に冷蔵庫に保存されているので、熟成を促す加工は冷蔵庫に設置したいと考えている。つまり、研究の目的は熟成、鮮度維持、加工終了タイミングコントロールが全て可能、かつ加工時間が短く、冷蔵庫への設置が可能である手法を提案することである。

本研究では、食べる直前に外部刺激を与え柑橘類の pH 値を上げることにより熟成状態を作り出す手法を比較し、最適な方法とその装置について提案する。pH 値を上げることで酸味が減り、熟成して美味しく感じる。



「冷蔵庫からすぐ取り出すと、未熟成で食べごろでない。」



「本研究の提案装置を冷蔵庫につけることができれば、消費者が食べたい時に熟成させることができる。」

図 1：本研究の目的の概要

3. 提案手法

本研究の目的を満たす手法と装置として、「低周波を与える装置 A」、「柑橘類を転がし、物理的な衝撃を与える装置 B」を提案する。

〈3・1〉低周波を与える装置 A

プロセス：10Hz の低周波を 6 時間与える

原理：低周波は音として物理的な刺激となり、グレープフルーツに衝撃を与えることができる。衝撃により、pH 値が上がり、熟成状態を作り出すことができる。



図 2：低周波を与える装置 A の外見[5]

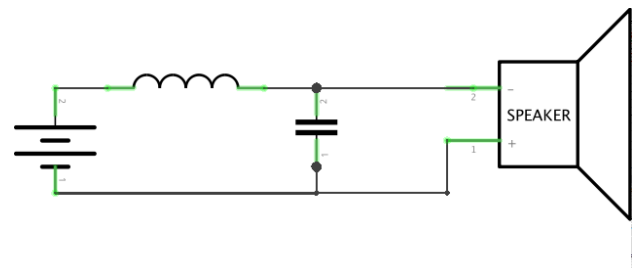


図 3：低周波を与える装置 A の回路図

4. 比較実験

(1) 何もしない、(2) 手で揺らす、(3) 低周波を与える提案装置 A、という 3 水準で、グレープフルーツの pH 値に差が見られるかどうか対応のない 1 要因の分散分析による比較を実施した。さらに、多重比較を行い、差がある水準について考察した。

<水準の説明>

- (1) 何もしない。
- (2) 5 分間手でグレープフルーツを揉む。
- (3) Audacity で 10Hz の低周波を 6 時間出力。PC と装置 A をつなぎ、装置 A から出される低周波をダンボールに入れたグレープフルーツに当てた。

<実験手順>

[step1]物理的な刺激を与える(ただし水準(1)は何もしない)

[step2] 半分に切って果肉を掻き出す(薄皮は除く)

[step3] 果肉を潰し、果汁を出す

[step4] pH 計の測定部分を 3 分間果汁に浸し、値を測定する



図 4：実験手順

<実験対象>

年間を通じて入手しやすいという理由で、グレープフルーツを用いた。個数は 20 個用いた。

<測定器詳細>

マザーツール デジタル PH メータ PH-201

<実験に関する統計的数値>

実験については効果量 $\eta^2=0.80$ 、有意水準 5.0%、検定力 0.70 とし、1 水準あたり 20 個のグレープフルーツの pH 値を測定した。

5. 実験結果

〈5・1〉分散分析

有意水準 5.0%の時有意な差が見られた。最も pH 値を下げ、熟成状態を作り出す手法は(2)手で揺らすと判明した。

表 2：平均と分散

	平均	分散
(1)何もしていない	3.324	0.019
(2)手で揺らす	3.677	0.013
(3)提案装置 A	3.426	0.010

表 3：分散分析の結果

要因	自由度	平方和	平均平方和	F 値	P 値
F	2	1.324	0.662	44.172	$P < .001$
誤差	57	0.854	0.01		

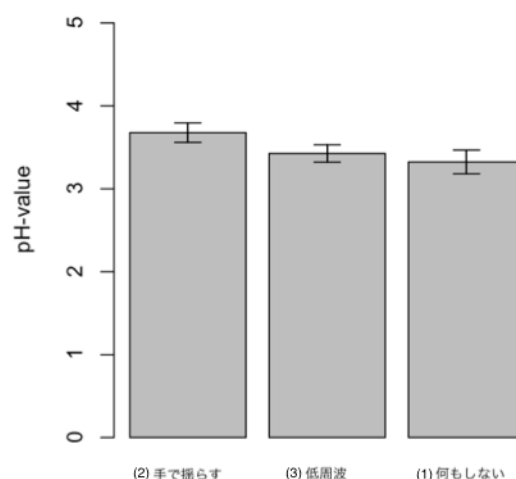


図 5：pH 値の平均

分散分析の結果、F 値(2,57)=44.17, $p < .001$ なので、要因 F の、平均値は差があったといえる。

〈5・2〉多重比較分析

それぞれの水準の組み合わせについて、多重比較の分析を実施した。

表 4：多重比較分析結果

	平均差	信頼区間下限値	信頼区間上限値	P 値
(2)手で揺らす × (1)何もしていない	.353	.260	.446	.000
(3)提案装置 A × (1)何もしていない	.102	.008	.195	.028
(3)提案装置 A × (2)手で揺らす	-.251	-.344	-.158	.000

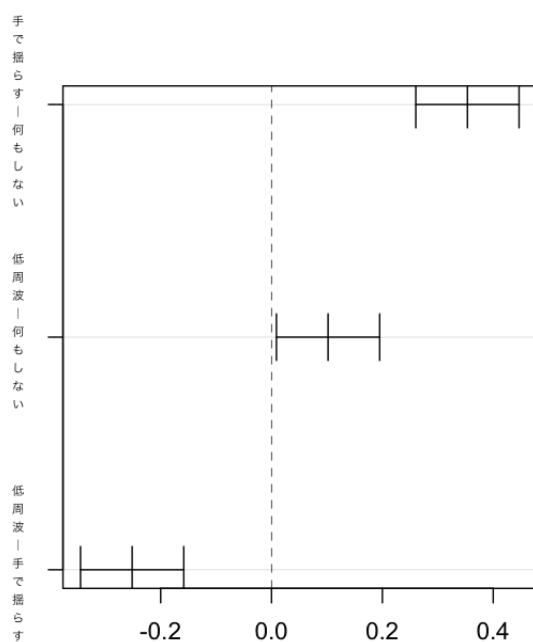


図 6：95%信頼区間における各水準組み合わせの
平均値差

「(1)何もしない×(2)手で揺らす」を比較すると、有意水準 5.0%で平均値に有意な差があると言える。また「(1)何もしない×(3)提案装置 A」を比較すると $p = .028$ であり、 $.028 < .05$ であるので有意水準 5.0%のとき平均値に有意な差があると言える。そして、「(2)手で揺らす×(3)提案装置 A」を比較すると有意水準 5.0%のとき有意な差があると言える。

以上により、「(2)手で揺らす×(3)提案装置 A」はどちらも pH 値を上げる効果があったといえる。「(2)手で揺らす×(3)提案装置 A」の間では、「(2)手で揺らす」の方がより pH 値を上げる効果があった。

6. 結論

柑橘類は腐敗と熟成の時期が近いゆえに、最適期に上手く食べられない問題がある。しかし、食べる直前に熟成を高めることができれば、新鮮な状態で美味しく食べることができる。本研究では、食べる直前に外部刺激を与え柑橘類の pH 値を上げることにより熟成状態を作り出す手法を比較し、最適な手法とその装置について提案する。(1)何もしない、(2)手で揺らす、(3)低周

波を与える提案装置 A、という 3 水準で、グレープフルーツの pH 値に差が見られるかどうか対応のない 1 要因の分散分析による比較を実施した。結果、有意水準 5.0%のとき有意な差がみられた。提案装置 A は pH 値を上げ、熟成状態を作り出す手法として適していることが分かった。

それぞれの水準の組み合わせについて、多重比較の分析を実施した。「(2)手で揺らす(3)提案装置 A」はどちらも pH 値を上げる効果があったといえる。「(2)手で揺らす(3)提案装置 A」の間では、「(2)手で揺らす」の方がより pH 値を上げる効果があった。結果、提案装置 A は手で揉むほどではないが、本研究の目的を解決すると結論づけられた。

7. 将来展望

<解明>

本研究結果にて、柑橘類に衝撃を与えると pH 値が上がり熟成状態になることが分かった。しかし、衝撃を与えている時間に対して、時間に対数として pH 値が上がるのか、時間に比例して pH 値が上がるのかは不明である。時間によって、pH 値がどのように変化しているのかは今後検証する必要がある。

また、他の食物にも応用することができれば、柑橘類だけでなく、様々な食べ物を、自分の好きな時期に熟成することができる。

<装置提案>

家庭用の冷蔵庫に設置し、各消費者がそれぞれ自由に生活に合わせて、柑橘類を食べる直前に pH 値を上げることができる。

家庭用冷蔵庫には、熱を排出するため等、様々な目的で使われるモーターがついている。普段、これらは冷蔵庫の中に隠され、存在が確認できないようになっている。しかし、冷蔵庫の中に別室を設け、このモーターから漏れる低周波を効率的に再利用できれば、エネルギーの再利用ができ、かつ柑橘類の成熟も高めることができる。

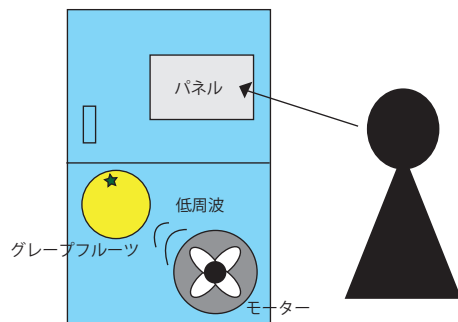


図 7：冷蔵庫への装置取り付けイメージ

また，他の食物にも応用することができれば，柑橘類だけでなく，様々な食べ物を，自分の好きな時に成熟状態にすることができる．

文 献

- [1] 「鮮度を保つしくみ」
<<http://www.sumibe.co.jp/product/p-plus/fresh/index.html>>(2016/07/05 アクセス)
- [2] 早生温州みかんのエチレングス処理による着色と熟成促進による品質改良効果について（あとで詳しく）
- [3] 「冬の定番！酸っぱいみかんを甘する方法まとめ」
<<http://matome.naver.jp/odai/2135452892282139501>>(2016/07/05 アクセス)
<http://www.ringodaigaku.com/blog/2010/06/post-145.html>
- [4] 「冷蔵庫の中を見る人のイラスト」
http://www.irasutoya.com/2014/02/blog-post_8298.html(2016/07/10 アクセス)
- [5] Ibanez IBZ10B