

水煮カットレンコンの青変防止法

中川 力夫*

1. 目的

レンコンは、本県の主要野菜の一つであるが、輪切りにしたレンコン（以下カットレンコンという。）を水煮するとレンコンが青く変色する（青変）現象がみられ、水煮カットレンコンの商品価値を低下させるので、青変防止法について明らかにする。

最初に、レンコン汁に鉄イオンを添加し、液体を青紫色に発色させ、その後変色防止剤（アスコルビン酸、酢酸、フィチン酸）を添加して、どの試薬が発色を軽減するか検討し、成績の良かった試薬を用いて、実際に水煮を行い、さらに試薬の濃度を変えて最適な青変防止法を確立する。

2. 実験方法

2.1 レンコン汁への鉄イオン及び変色防止剤添加試験

1) レンコン〔実生〕（茨城県玉里村より平成10年3月12日購入）について以下の操作を行った。

↓

剥皮後、おろし金ですりおろし、ガーゼ1枚で濾過後、濾液を遠沈(12,000rpm, 30min)し、上澄み液を130ml以上回収し、まず1本の共栓付試験管に4ml入れる。（以後これをレンコン汁という。）

↓

次に上澄み液を60mlずつ2つのビーカーに入れ、それぞれ2価鉄溶液15mlと3価鉄溶液15mlを添加し発色させる。（以後2価鉄溶液で発色させたものをA液、3価鉄溶液で発色させたものをB液という。）

↓

発色させた2種類の液を遠沈（12,000rpm, 30min）し、各々の上澄み液と前述のレンコン汁を9本の共栓付試験管に下表（表A）の手順で入れ試験管ごと沸騰水中に入れ5分加熱、放冷後発色程度を調査。

2価鉄溶液→ Fe^{2+} の濃度が20mg/100mlとなるように硫酸第一鉄アンモニウムを蒸留水で希釈したもの。（表Aの操作で最終的には添加した Fe^{2+} の濃度が0.2mg/10mlとなる。）

3価鉄溶液→ Fe^{3+} の濃度が20mg/100mlとなるように塩化第二鉄を蒸留水で希釈したもの。（表Aの操作で最終的には添加した Fe^{3+} 濃度が0.2mg/10mlとなる。）

表 A

試験管No.	操作1	操作2	操作3
1	A液5ml (レンコン汁+ Fe^{2+})	蒸留水5ml	-
2	"	1%アスコルビン酸1ml	蒸留水4ml
3	"	1%酢酸1ml	"
4	"	1%フィチン酸1ml	"
5	B液5ml (レンコン汁+ Fe^{3+})	蒸留水5ml	-
6	"	1%アスコルビン酸1ml	蒸留水4ml
7	"	1%酢酸1ml	"
8	"	1%フィチン酸1ml	"
9	レンコン汁4ml	蒸留水6ml	-

2) 調査はサンプルの加熱前と加熱後で発色（青変）程度と吸光度（測定波長は572nm）について行った。発色（青変）程度は青変度数（青変なし-1, やや青変-2, 青変あきらか-3, やや強く青変-4, 強く青変-5）で表した。

2.2 変色防止剤（0.1%濃度）を用いたカットレンコン水煮試験

1) レンコン（2.1の実験に用いたものと同じ。）を剥皮し厚さ7mm前後に輪切りにした。〔2.1で成績が良かった試薬（アスコルビン酸、酢酸、フィチン酸）〕の0.1%濃度（アスコルビン酸0.1% (w/v), 酢酸、フィチン酸0.1% (v/v)）の溶液を1試薬について600mlずつ調整し、600mlの溶液を1Lビーカーに入れ、カットレンコン5枚を入れ、1Lビーカーごと沸騰水中に30分入れ加熱し、水切り、放冷後、青変状況を調査した。なお蒸留水600mlを対照区とした。

2) 調査は加熱前と加熱後で、色調（ L^* , a^* , b^* , E^*ab ）と青変度数（青変なし-1.0, やや青変-2.0, 青変明らか-3.0, やや強く青変-4.0, 強く青変-5.0とし0.5単位で表示）について行った。色調は色差計でカットレンコン1枚につき6箇所測定し、5枚の平均を求めた。
 E^*ab は各処理区の加熱前を基準とした。青変度数は5枚のカットレンコン全体を肉眼観察して決定した。

2.3 変色防止剤の濃度別のカットレンコン水煮試験

1) レンコン（茨城県玉里村より平成10年5月8日購入）を2.2の試験と同じ方法で処理してカットレンコンとし、〔2.2で成績が良かった試薬（酢酸、フィチン酸）〕の濃度別水煮試験を行った。水煮

用の試薬の濃度は0.1, 0.2, 0.3% (v/v)の3段階に設定し, 各々600mlずつ調整し, 600mlの溶液を1Lビーカーに入れ, カットレンコン5枚を入れ, 1Lビーカーごと沸騰水中に30分入れ加熱し, 水切り, 放冷後, 青変状況を調査した。なお蒸留水600mlを対照区とした。

- 2) 調査は加熱前と加熱後で, 青変度数 (青変なし - 1.0, やや青変 - 2.0, 青変明らか - 3.0, やや強く青変 - 4.0, 強く青変 - 5.0とし0.5単位で表示) について行った。
青変度数は各処理区のカットレンコンを1枚ずつ肉眼で調査し, 5枚の平均を求めた。

3. 結果及び考察

3.1 レンコン汁への鉄イオン及び変色防止剤添加試験

- 1) レンコン汁2価鉄, 3価鉄を混合しただけのもの (試験管No. 1, No. 5) は加熱前の時点でやや強く青変していた。加熱後はレンコン汁と2価鉄の混合液 (試験管No. 1) は青変が見られなくなったが, レンコン汁と3価鉄の混合液 (試験管No. 5) は加熱後もやや青変が見られた。 (表1)
- 2) レンコン汁に2価鉄又は3価鉄を混合したものにそれぞれ最終濃度が0.1%になるようにアスコルビン酸, 酢酸, フィチン酸を添加した場合 (試験管No. 2~4, No. 6~8) は添加した直後 (加熱前) で青変が見られなくなり, 加熱後も青変が見られなかった。 (表1)

今回の試験から0.1%濃度のアスコルビン酸, 酢酸, フィチン酸のいずれもレンコン汁の青変を改善する効果 (発色が消える) があることがわかった。今後はこれらの3種類の試薬がレンコンの水煮の青変防止効果があるか否かを検討する必要がある。

3.2 変色防止剤 (0.1%濃度) を用いたカットレンコン水煮試験

- 1) 加熱前を基準とした E^*_{ab} の数値は小さい順に酢酸<アスコルビン酸<フィチン酸<対照であったが, 加熱後の青変度数から青変防止効果のあった順序を判断すると, フィチン酸>酢酸>アスコルビン酸>対照であった。 (表2)

E^*_{ab} の数値と肉眼観察による青変度数は一致しないので次回の試験からは肉眼観察のみとした方が良くと思われた。

- 2) 3種類の試薬とも0.1%濃度では青変防止効果は不十分であったが, 3種類のなかで比較的成绩が良かったのはフィチン酸と酢酸であった。
今後はフィチン酸と酢酸の濃度を高めて青変防止に最適な濃度を検討する必要がある。

3.3 変色防止剤の濃度別のカットレンコン水煮試験

- 1) 加熱前と加熱後の青変度数の変化から, 0.2%, 0.3% (v/v) の濃度の酢酸とフィチン酸が青変防止に十分な効果があることがわかったが (表3), 今回の試験では0.3%濃度のフィチン酸で処理し

たカットレンコンが黄変してしまった。またフィチン酸ほどではないにせよ0.3%濃度の酢酸で処理したレンコンにも黄変が見られた。

- 2) 1) の黄変の原因を検討するため, Fe^{2+} + フィチン酸 (Fe^{2+} 濃度が0.7mg/100mlとなるように硫酸第一鉄アンモニウムを0.3% (v/v) フィチン酸溶液で希釈したもの) と Fe^{3+} + フィチン酸 (Fe^{3+} 濃度が0.7mg/100mlとなるように塩化第二鉄を0.3% (v/v) フィチン酸溶液で希釈したもの) と0.3% (v/v) フィチン酸溶液をそれぞれ, 試験管に入れ, 試験管ごと沸騰水浴中で加熱したところ, 3種類の溶液とも黄変は見られず, また2.1のレンコン汁への鉄イオン及び変色防止剤添加試験の結果から加熱後の発色の明らかな Fe^{3+} イオンを添加したカットレンコンを水煮した場合でも黄変は見られなかったことから, 0.3%濃度のフィチン酸, 酢酸でカットレンコンを水煮すると鉄以外のレンコン中の成分が変性したため黄変現象が見られたと考えられる。

以上のことから水煮カットレンコンの青変防止には0.2% (v/v) 濃度のフィチン酸と酢酸が最適であるといえる。

4. 要 約

カットレンコン水煮時の青変防止法を明らかにするため, レンコン汁にそれぞれ0.2mg/10mlとなるように Fe^{2+} と Fe^{3+} を添加し, レンコン汁を青紫色に発色させた後, 濃度が0.1%となるようにアスコルビン酸, 酢酸, フィチン酸をそれぞれ添加したところ, どの試薬を添加した場合でもレンコン汁の青紫色の発色が消えた。

この試験結果に基づいてカットレンコンの水煮試験を行ったところ, 0.2%濃度のフィチン酸又は酢酸の溶液で水煮によって青変を防止できることがわかった。

表1 青変度数と吸光度 (λ 文字 = 572nm)

試験管 No.	溶 液	青変度数		吸光度	
		加熱前	加熱後	加熱前	加熱後
1	レンコン汁+ Fe^{2+}	4	1	0.35	0.09
2	レンコン汁+ Fe^{2+} +0.1%アスコルビン酸	1	1	0.05	0.02
3	レンコン汁+ Fe^{2+} +0.1%酢酸	1	1	0.06	0.02
4	レンコン汁+ Fe^{2+} +0.1%フィチン酸	1	1	0.04	0.03
5	レンコン汁+ Fe^{3+}	4	2	0.38	0.24
6	レンコン汁+ Fe^{3+} +0.1%アスコルビン酸	1	1	0.05	0.02
7	レンコン汁+ Fe^{3+} +0.1%酢酸	1	1	0.05	0.01
8	レンコン汁+ Fe^{3+} +0.1%フィチン酸	1	1	0.04	0.01
9	レンコン汁	1	1	0.03	0.17

表 2 水煮カットレンコンの色調変化と青変度数変化

処理区	測定時	色調変化				青変度数
		L *	a *	b *	△ E * ab	
フィチン酸	加熱前	54.8	1.9	5.7	0.0	1.0
	加熱後	59.5	3.3	1.9	6.2	1.5
酢酸	加熱前	56.6	1.4	6.7	0.0	1.0
	加熱後	57.9	3.6	2.2	5.2	2.0
アスコルビン酸	加熱前	57.0	1.1	6.6	0.0	1.0
	加熱後	56.9	3.6	1.2	6.0	2.5
対照	加熱前	57.8	0.8	6.8	0.0	1.0
	加熱後	53.6	4.4	-0.2	8.9	4.0

表 3 酢酸，フィチン酸の濃度青変防止効果
（水煮カットレンコン）

溶液	平均青変度数	
	加熱前	加熱後
0.1%酢酸	1.0	1.4
0.2%酢酸	1.0	1.0
0.3%酢酸	1.0	1.0
0.1%フィチン酸	1.0	1.3
0.2%フィチン酸	1.0	1.0
0.3%フィチン酸	1.0	1.0
対照（蒸留水）	1.0	2.8