

# エチレンによる成熟処理が温室メロン‘アールス・フェボリット’の 追熟日数と香気成分に及ぼす影響

中根健<sup>1)</sup>・神谷径明<sup>2)</sup>・大場聖司<sup>2)</sup>・種石始弘<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>中遠農林事務所, <sup>2)</sup>静岡県農林技術研究所, <sup>3)</sup>静岡県農林技術研究所伊豆農業研究センター

## Effect of Ethylene Treatment on the Period of After-ripening and Volatiles of Muskmelon (*Cucumis melo* L.)

Takeshi Nakane<sup>1)</sup>, Michiaki Kamiya<sup>2)</sup>, Seiji Ohba<sup>2)</sup> and Motohiro Taneishi<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Chuen Agriculture and Forestry Office, <sup>2)</sup>Shizuoka Res. Inst. of Agri. and Forest., <sup>3)</sup>Izu Agricultural Research Center/Shizuoka Res. Inst. of Agri. and Forest.

### Abstract

We investigated ripening conditions of muskmelons so as to optimize timing for delivery to consumers. Melons were allowed to stand for 24 hours after harvest, followed by 24 hours' treatment with 100 ppm ethylene, followed by after-ripening at 15 °C. Under these conditions, the vibration characteristic of muskmelon (indicating firmness) reaches 210 Hz, and this condition is desirable for consumption. If storage is required prior to ethylene treatment, storage time should be less than 13 days. The data obtained in this experiment can be conveyed to relevant officials and merchants. As a next step, we aim to develop a method for consumers to judge the optimal time to consume ripe muskmelon.

キーワード：エチレン, 温室メロン, ガスクロマトグラフ質量分析, 香気成分, 追熟, 熟度

## I 緒言

温室メロン‘アールス・フェボリット’ (*Cucumis melo* L.) は独自の繊細な栽培管理により, 上品な外観, 食味, 香りが特徴の高級メロンとして周年供給され, 市場では高値で取引される静岡県の特産農作物である. メロン果実は品種により追熟にエチレンを必要とするクライマクテリック型と追熟にエチレンを必要としないノンクライマクテリック型に分かれ<sup>6,8,13</sup>, 温室メロン‘アールス・フェボリット’はクライマクテリック型果実に属している. 追熟に伴って生成されるエチレンは果肉の軟化, 香気成分生成の促進など果実の食味を向上する上で重要な役割を担っている反面, 過度の果実軟化や生理障害を引き起こす場合がある<sup>6,10</sup>. 温室メロンが

追熟により食味が向上し, かつ果肉の軟化や障害を生じない「食べ頃」時期は, 静岡県農林技術研究所(以下, 農技研)が開発した非破壊測定法である打音解析法<sup>9</sup>により判断が可能である. この方法では, 果実赤道面の固有振動値が 210Hz まで軟化した状態を「食べ頃」時期と判断しているが, 同じ固有振動値でも果肉が水浸状となり品質が低下する場合がある. 果肉の軟化, 各香気成分の生成は果実内外のエチレンがキースIGNALとなってアルコール脱水素酵素, アルコール転移酵素が活性化し促進されるが, これらは果皮の硬さ(酸素透過度), エチレンの発生量, 交配後日数(成熟度), 収穫後の貯蔵温度による呼吸量の多少など, 複雑な要因が影響していると考えられる<sup>10,13</sup>. そこで, 温室メロンの「食べ頃」時期における食味および品質の向上を図るため, 貯蔵方法とエ

チレンによる追熟処理技術について検討したので報告する。

## Ⅱ 材料及び方法

### 実験1 貯蔵温度がエチレン発生量に及ぼす影響

貯蔵期間中のエチレンの発生量を明らかにするため、貯蔵温度毎のエチレン発生量を調査した。

調査には農技研内メロン超低コスト温室で農技研慣行法により栽培した温室メロン「アールス・フェボリット県温27」を2014年7月26日に交配後48日で収穫し、果重1400g前後、固有振動値260Hz前後の果実を選定し、貯蔵温度を15℃、20℃、25℃、30℃とし各温度のエチレン発生量を60分間隔で測定した。

エチレン発生量は中野ら<sup>9)</sup>の方法による自動ガス代謝計測装置により計測した。本装置は恒温庫内で試料1果が入った容量5.1Lの呼吸チャンバー(アクリル製円筒容器)に流量100mL/minで修正ガスを下部から通気させ、通気後のエチレン濃度を60分間隔でガスクロマトグラフ(島津製作所製GC-8A)を用いて測定し、エチレン発生量を算出した(1区1果)。呼吸チャンバー通過後のガスはガス濃度測定後解放した。修正ガスはマスフローコントローラーを装備したガス混合器により酸素ガスと窒素ガスを混合して得た。

「食べ頃」時期の判定は、農技研が開発した非破壊測定法である打音解析法<sup>3)</sup>を用い、卓上型メロン熟度計(静岡製機製MELOC)の固有振動数(固有振動数を果実1kg当たり補正した値)を毎日測定し、固有振動値が210Hz付近になった時点を「食べ頃」時期と判断<sup>1)</sup>した。

### 実験2 貯蔵温度とエチレン処理が「食べ頃」時期果実の品質および香気成分に及ぼす影響

貯蔵温度とエチレン処理が「食べ頃」時期の温室メロン果実の品質および香気成分に及ぼす影響を明らかにするため、エチレン処理の有無、貯蔵温度15℃、20℃について「食べ頃」時期の内容品質、香気成分を調査した。

調査には農技研内メロン超低コスト温室で所内慣行法により栽培した温室メロン「アールス・フェボリット県温37」を2014年10月17日に交配後49日で収穫し、果重1350g前後、固有振動値280Hz前後の果実を選定し、24時間20℃で貯蔵後、発砲スチロール箱(36L)内で5果を温度20℃、処理濃度200ppmで24時間エチレン処理した。その後エチレン処理の有無に分け、それぞれ15℃、20℃の2段階の温度で貯蔵し「食べ頃」時期の内容品質、香気成分を測定した(1処理1果5反復)。

「食べ頃」時期の判定は実験1に準じ、果肉硬度は果実赤道面6か所(隔壁および隔壁中間部の位置)の可食部中央を果実硬度計(藤原製作所、KM-1、円錐型プランジャー)で測定した平均値とした。糖度、糖含量およびアミノ酸含量は果実中央部を赤道面に平行に1cm切り出し、果皮から約1cmを除きゴース布にくるみ果実搾汁器(イトー製 ジューサー)を用いて果汁を絞り、屈折糖度計(アタゴ、PAL-1)で糖度を、HPLC(Waters alliance2695)で糖含量およびアミノ酸含量を測定した。香気成分は果汁3mLを塩化カルシウム1gを入れたバイアルにとり、1ppmとなるよう内部標準(IS)として3-Hexanolを加え、バイアル上部の香気成分をSPME法(DVB/CAR/PDMS, 2cmファイバー)で30分間吸着し、GC/MS(Agilent7890A/5975C, DB-5msUI 30m×0.25mm×25μm, 40-250℃, 30分)で測定し、253成分からなるライブラリと照合し、成分を同定した。

### 実験3 エチレン処理が「食べ頃」時期果実の品質および食味に及ぼす影響

エチレン処理が「食べ頃」時期の温室メロン果実の品質および食味に及ぼす影響を明らかにするため、エチレン処理果実の「食べ頃」時期の果実品質および食味を調査した。

調査には農技研内メロン超低コスト温室で農技研慣行法により栽培した「アールス・フェボリット県温137」を2013年11月1日に交配後47日で収穫し、果重1400g前後、固有振動値280Hz前後の果実を選定し、24時間20℃で貯蔵後、発砲スチロール箱(36L)内で5果を温度20℃、処理濃度200ppmで24時間エチレン処理した。その後エチレン処理の有無に分け、エチレン処理果実は温度15℃、無処理果実は20℃で貯蔵し、「食べ頃」時期に各1個体の内容品質、香気成分、食味を測定した(1処理1果反復なし)。

「食べ頃」時期の判定は実験1に、果肉硬度、糖度、香気成分の測定は実験2に準じた。食味は農技研職員12名のパネルで官能検査を行い、各処理果実を32分割し、外観、滑らかさ、硬さ、香り、甘さ、おいしさの各項目について1(弱い・悪い)～5(強い・良い)の5段階で評価した。

### 実験4 エチレン処理濃度が「食べ頃」時期果実の品質および香気成分に及ぼす影響

エチレン処理濃度が「食べ頃」時期の温室メロン果実の品質および香気成分に及ぼす影響を明らかにするため、

エチレン濃度を変えて処理した果実の「食べ頃」時期の果実品質および香り成分を調査した。

調査には農技研内メロン超低コスト温室で農技研慣行法により栽培した温室メロン‘アールス・フェボリット 県温 37’を2014年10月17日に交配後49日で収穫し、果重1350g前後、固有振動値280Hz前後の果実を選定し、24時間20℃で貯蔵し、その後0ppm、1ppm、10ppm、100ppm、1000ppmの5段階のエチレン濃度で処理(20℃、24時間、36L発泡スチロール容器内で5果処理)し、処理後20℃で貯蔵し「食べ頃」時期の内容品質、香り成分を測定した(1処理1果5反復)。

「食べ頃」時期の判定は実験1に、果肉硬度、糖度、糖含量、香り成分の測定は実験2に準じた。

### 実験5 エチレン処理時期が「食べ頃」時期果実の香り成分に及ぼす影響

エチレン処理時期が「食べ頃」時期の温室メロン果実の香り成分に及ぼす影響を明らかにするため、貯蔵開始後、処理日を変えてエチレン処理した果実の「食べ頃」時期の香り成分を調査した。

調査には農技研内メロン超低コスト温室で農技研慣行法により栽培した温室メロン‘アールス・フェボリット 県温 27’を2014年5月25日に交配後50日で収穫し、果重1400g前後、固有振動値280Hz前後の果実を選定し、20℃で貯蔵し、貯蔵開始0日後、1日後、3日後、5日後、7日後の5時期にエチレン処理(200ppm、20℃、24時間、36L発泡スチロール容器内で5果処理)した。処理後果実

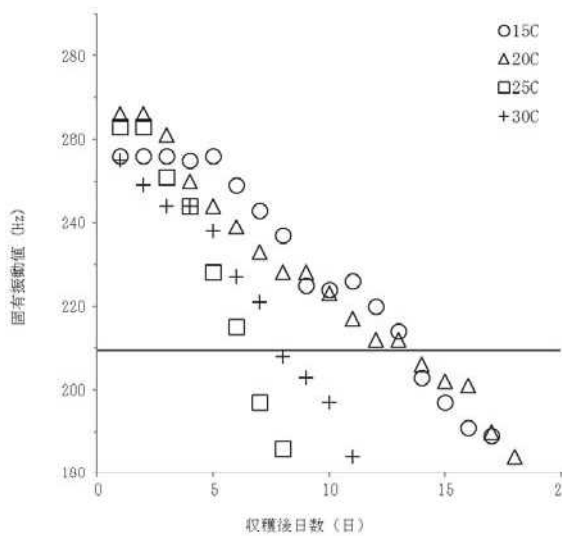


図1 貯蔵温度の違いが温室メロン‘アールス・フェボリット 県温 27’果実の固有振動値<sup>1)</sup>の推移に及ぼす影響(実験1)

- 1) 卓上型メロン熟度計(静岡製機製 MELCO)で測定, n=1
- 2) 固有振動値210Hzの線は「食べ頃」時期を表す

を20℃で貯蔵し「食べ頃」時期の内容品質、香り成分および食味を測定した(1処理1果5反復)。

「食べ頃」時期の判定は実験1に、香り成分の測定は実験2に準じた。

## III 結果

### 実験1 貯蔵温度がエチレン発生量に及ぼす影響

貯蔵温度別の「食べ頃」時期までの追熟日数は15℃、20℃で14日、25℃で7日、30℃では8日であった(図1)。

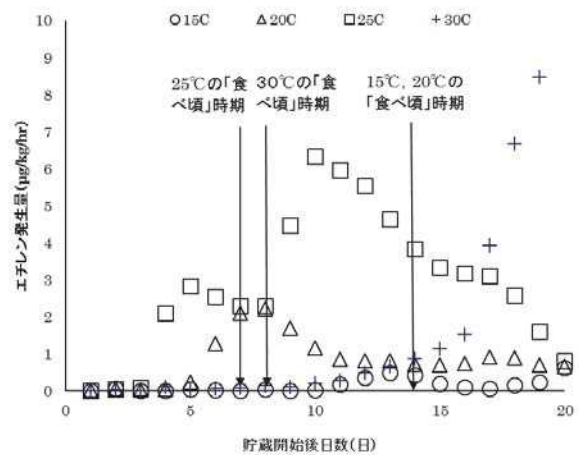


図2 貯蔵温度の違いが温室メロン‘アールス・フェボリット 県温 27’果実のエチレン発生量<sup>1)</sup>の推移に及ぼす影響(実験1)

1) n=1

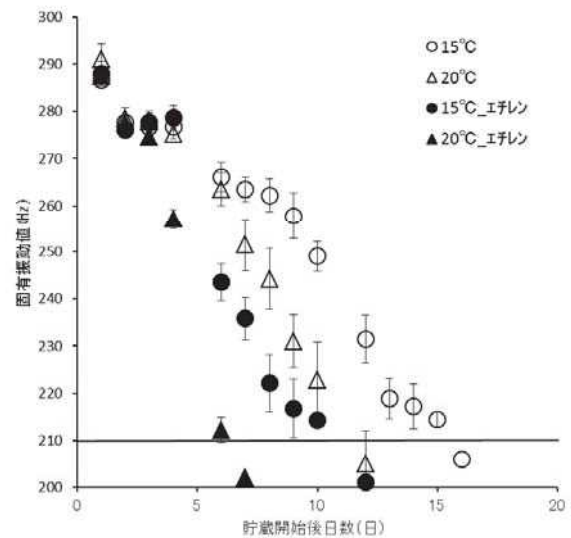


図3 エチレン処理が温室メロン‘アールス・フェボリット 県温 37’果実の固有振動値<sup>1)</sup>の推移に及ぼす影響(実験2)

1) 卓上型メロン熟度計(静岡製機製 MELCO)で測定, 図中のバーは標準誤差を示す, n=5.

2) 図中の固有振動値210Hzの線は「食べ頃」時期を表す.

「食べ頃」時期以前にエチレンが発生したのは貯蔵温度 20℃, 25℃のみで、他の貯蔵温度では「食べ頃」時期以前にエチレンは発生しなかった。「食べ頃」時期以前の各貯蔵温度のピークのエチレン発生量は、20℃では貯蔵開始8日後で2.2μg/kg/hr、25℃で貯蔵開始5日後で2.8μg/kg/hrであった(図2)。

収穫後貯蔵日数の経過とともに固有振動値は低下した。固有振動値の低下程度は20℃貯蔵、エチレン処理で大きかった。温度による固有振動値の低下程度に差が表れたのは、エチレン無処理では貯蔵開始7日以降、エチレン処理では貯蔵開始4日以降であった。

また、20℃貯蔵では、「食べ頃」時期までの追熟日数のばらつきがエチレン処理によって小さくなった(図3)。

エチレン処理により「食べ頃」時期のグルコース含量は低下したが、貯蔵温度とエチレン処理による果肉硬度、水浸程度、糖度、スクロース含量、フルクトース含量、全糖含量への影響はなかった(表1)。

また、15℃貯蔵でアスパラギン酸含量が増加したが、それ以外のアミノ酸含量への影響はなかった(表2)。

**実験2 貯蔵温度とエチレン処理が「食べ頃」時期果実の品質および香気成分に及ぼす影響**

貯蔵温度15℃では温室メロンの主要な香気成分のうち methyl 2-methylbutyrate, isobutyl acetate, methyl isobutyrate は増加したが benzyl acetate, ethyl hexanoate, cis-3-hexenyl acetate, ethyl acetate は減少した。

エチレン処理により, ethyl butyrate, ethyl 12-methylbutyrate,

表1 貯蔵温度とエチレン処理が温室メロン「アールス・フェボリット県温37」果実の追熟日数<sup>2)</sup>及び「食べ頃」時期<sup>1)</sup>の内容品質に及ぼす影響(実験2)

エチレン処理	貯蔵温度	重量(g)	処理時固有振動値(Hz)	追熟日数 <sup>2)</sup> (日)	果肉 <sup>3)</sup> 硬度(kg)	水浸 <sup>4)</sup> 程度	糖度 <sup>5)</sup> (Brix%)	スクロース(g/100ml)	グルコース(g/100ml)	フルクトース(g/100ml)	全糖含量(g/100ml)	
なし	15℃	1386	278	12 ± 1.0	0.34	0.0	13.0	8.2	2.2	2.5	12.9	
	20℃	1387	278	10 ± 2.1	0.31	0.0	12.8	7.6	2.0	2.4	12.0	
あり	15℃	1326	276	8 ± 1.0	0.34	0.0	12.8	7.5	1.5	2.3	11.3	
	20℃	1371	277	4 ± 0.4	0.33	0.0	12.7	8.0	2.0	2.2	12.3	
(要因別平均)	A:貯蔵温度	15℃	1356	277	10 ± 1.0	0.34	0.0	12.9	7.9	1.8	2.4	12.1
	20℃	1379	277	7 ± 1.2	0.32	0.0	12.8	7.8	2.0	2.3	12.1	
	B:エチレンなし	なし	1386	278	11 ± 1.5	0.33	0.0	12.9	7.9	2.1	2.4	12.4
	あり	あり	1349	276	6 ± 0.7	0.33	0.0	12.8	7.8	1.7	2.3	11.8
分散 <sup>6)</sup> 分析	A	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	B	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	
	A*B	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	

1)固有振動値210Hzを「食べ頃」時期とした。  
 2)追熟日数：収穫から「食べ頃」時期(固有振動値210Hz)になるまでの日数。  
 3)果実赤道面6か所の果肉中央部の硬度の平均値。  
 4)水浸程度0：(無)～3：(全面)。  
 5)糖度・糖含量は果実赤道部1cm全面(赤道面果皮側1cmを除く)の果汁の糖度・糖含量。  
 6)\*\*、\*：危険率1%、5%水準で有意差あり、n.s.：有意差なし、n=5。

表2 貯蔵温度とエチレン処理が温室メロン「アールス・フェボリット県温37」果実の「食べ頃」時期<sup>1)</sup>のアミノ酸含量に及ぼす影響(実験2)

エチレン処理	貯蔵温度	酸味、うま味				甘味				
		アスパラギン酸	アスパラギン	グルタミン酸	グルタミン	プロリン	アラニン	γ-アミノ酪酸	総アミノ酸量	
なし	15℃	142	14	29	397	22	114	127	1324	
	20℃	90	41	22	298	24	113	112	1017	
あり	15℃	88	34	18	331	23	80	99	1059	
	20℃	82	14	14	300	23	93	98	1101	
(要因別平均)	A:貯蔵温度	15	118	23	24	367	22	98	115	1204
	20	87	31	19	299	23	106	107	1038	
	B:エチレンなし	なし	153	20	18	384	22	117	118	1224
	あり	あり	120	21	18	337	22	95	116	1111
分散 <sup>2)</sup> 分析	A	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	B	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	A*B	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	

1)固有振動値210Hzを「食べ頃」時期とした。  
 2)\*\*、\*：危険率1%、5%水準で有意差あり、n.s.：有意差なし、n=3

isobutyl acetate, ethyl hexanoate, ethyl acetateが増加したが, benzyl acetateは減少した(表3).

**実験3 エチレン処理が「食べ頃」時期果実の品質および食味に及ぼす影響**

「食べ頃」時期の品質は, 固有振動値が210Hz以下になった時点を「食べ頃」時期と判断して調査したが, 破壊調査時の固有振動値, 果肉硬度はエチレン処理が低かった(表4). 貯蔵温度15°Cでエチレン処理した果実は破壊調査時の固有振動値が201Hz, 果肉硬度が0.28kg/cm<sup>2</sup>とエチレン無処理で20°C追熟に対してやや柔らかくなった. 香気発現を考慮すると温室メロンの「食べ頃」時期は, 固有振動値が200~210Hzの範囲と報告されており<sup>1)</sup>, いずれの追熟条件も「食べ頃」時期での比較となる.

エチレン処理により官能検査における総合評価(おいしさ)に差は見られなかったが, 肉質, 香りの強さ, 甘さが向上した(表4).

エチレン処理した果実では「食べ頃」時期に温室メロンの主要な香気成分のうち methyl 2-methylbutyrate, ethyl 2-methylbutyrate, 2-methylbutyl acetate, isobutyl acetate, benzyl acetate, ethyl acetate, amyl acetate, methyl acetate, hexyl acetate, butyl acetateが増加した(表5).

**実験4 エチレン処理濃度が「食べ頃」時期果実の品質および香気成分に及ぼす影響**

「食べ頃」時期までの追熟日数は無処理の10日に対して, エチレン処理では4~6日と短くなったが処理濃度による差はなかった. 処理濃度による追熟日数のばらつきは100ppm以上では0.5日と小さくなった.

表3 貯蔵温度とエチレン処理が温室メロン ‘アールス・フェボリット県温37’ 果実の「食べ頃」時期<sup>1)</sup>の香気成分<sup>2)</sup>に及ぼす影響(実験2)

エチレン処理	貯蔵温度	methyl 2-methylbutyrate	ethyl butyrate	ethyl 2-methylbutyrate	benzyl acetate	isobutyl acetate	methyl isobutyrate	ethyl hexanoate	cis-3-hexenyl acetate	ethyl acetate	
		(フルーツ様)	(フルーツ様)	(フルーツ様)	(軽い、フルーツ様)	(刺激的、フルーツ様)	(フルーツ様)	(グリーン様、ミカン葉)	(溶剤の様な)		
なし	15°C	75	0	1	103	203	8 <sup>ab</sup>	0	29	59	
	20°C	38	1	2	130	189	4 <sup>a</sup>	0	33	163	
あり	15°C	65	31	42	90	360	9 <sup>b</sup>	9	26	278	
	20°C	51	145	222	133	359	4 <sup>ab</sup>	133	45	1355	
(要因別平均)	A:貯蔵温度	15	70	16	21	96	281	9	5	27	169
	20	45	73	112	131	274	4	67	39	759	
	B:エチレンなし	なし	56	1	1	116	196	6	0	31	111
	あり	あり	58	88	132	111	360	7	71	35	816
分散 <sup>3)</sup> 分析	A	**	**	**	**	**	**	**	**	**	
	B	**	**	**	**	**	**	**	**	**	
	A*B	**	n.s.	n.s.	**	**	**	n.s.	**	n.s.	

1)固有振動値210Hzを「食べ頃」時期とした.  
 2)各成分は温室メロンの主要な香気成分のうち, 少なくとも一つの処理区で100%出現した成分, 各数値は3-HexanolのTIC面積を100とした相対値, ( )内は香調.  
 3)\*\*: 危険率1%, 5%水準で有意差あり, n.s.: 有意差なし, アルファベットはTukeyの多重比較(5%)により同一符号間に有意差なし, n=5.

表4 エチレン処理が「食べ頃」時期<sup>1)</sup>の温室メロン ‘アールス・フェボリット県温137’ 果実の食味に及ぼす影響(実験3)

追熟条件	果実重量 (g/果)	固有振動値			糖度 <sup>2)</sup> (Brix%)	果肉 <sup>3)</sup> 硬度 (内側) (kg/cm <sup>2</sup> )	官能検査結果 <sup>4)</sup>			
		収穫時 (Hz)	破壊調査時 (Hz)	破砕時 (Hz)			肉質	香りの強さ	甘さ	総合評価
エチレン処理後15°C追熟	1341	290	201	13.2	0.28	4.0	3.7	3.8	3.5	
20°C追熟	1412	279	210	12.6	0.36	3.0	3.0	3.0	3.0	
Mann-WhitneyのU検定 <sup>5)</sup>	—	—	—	—	—	**	**	*	n.s.	

1)固有振動値210Hzを「食べ頃」時期とした.  
 2)果実赤道部1cm全面(赤道面果皮側1cmを除く)の果汁の糖度.  
 3)果実赤道面6カ所の果肉中央部の硬度の平均値.  
 4)官能検査はエチレン処理無20°C追熟を基準3とし, 各項目について1:(弱い, 嫌い)~5:(強い, 好き)の5段階で評価, パネル数=12.  
 5)\*\*: Mann-WhitneyのU検定により危険率1%, 5%で有意差あり, n.s.: 有意差なし.

エチレン処理, エチレン処理濃度による「食べ頃」時期の糖度, 糖含量への影響はなかった(表6).  
エチレン処理濃度 100ppm 以上では, 無処理に対して「食べ頃」時期に温室メロンの主要な香気成分のうち ethyl butyrate, ethyl 2-methylbutyrate, isobutyl acetate, ethyl acetate が増加した(表7).

#### 実験5 エチレン処理時期が「食べ頃」時期果実の香気成分に及ぼす影響

エチレン処理により「食べ頃」時期に温室メロンの主要な香気成分のうち isobutyl acetate, benzyl acetate, ethyl acetate は貯蔵開始1日後の処理で最大となったが, 貯蔵開始5日後以降の処理では, エチレン処理による香気成分含量の増加は見られなかった(表8).

### IV 考察

果実の追熟に伴う軟化は, 細胞壁を構成するセルロース, ヘミセルロース, およびペクチン質の変化に伴って進行すると言われている. 中でもペクチン質は, 細胞間の接着剤あるいは粘着剤としての役割を果たしていると考えられている<sup>7)</sup>.

果実の軟化は貯蔵温度に依存し, 貯蔵温度 15°C から 25°C の範囲では高温ほど軟化は早くなった. メロンでは収穫時のエチレン発生量は微量で果実の追熟に従ってエチレン生成量が增大することが報告されているが<sup>45)</sup>, 温室メロンでは貯蔵温度 20°C, 25°C で「食べ頃」時期以前にエチレンが生成された. 貯蔵温度 20°C では貯蔵開始4日後より果実の軟化が促進し貯蔵開始5日後よりエチレンが生成, 貯蔵温度 25°C では貯蔵開始3日後より果実の軟化が促進し貯蔵開始4日後よりエチレン生成が確認されたことから, エチレンによって細胞壁分解酵素の活性が高まって果実の軟化が急速に促進されたと考えられた<sup>46)</sup>. 一方, 貯蔵温度 30°C で 25°C に対して軟化がやや遅くなったのは, 貯蔵温度 30°C ではエチレンが生成されず, 細胞壁分解酵素の活性が高められなかったためと考えられた.

貯蔵温度 15°C, 20°C ではエチレン処理により, それぞれ「食べ頃」時期までの追熟日数が短くなった. 貯蔵温度 20°C ではエチレン無処理でも内生エチレンの発生により貯蔵開始7日後より, 果実の軟化は促進されるが, 貯蔵開始後のエチレン生成程度に個体間差があるため, 果実の軟化程度のばらつきが大きくなった. エチレン処理により, 果肉の軟化, 香気が発現が促進され, また, エチレン処理では非可逆的な変化が誘発されるため,

表5 官能検査に用いた「食べ頃」時期<sup>1)</sup>の温室メロン「アールス・フェボリット県温 137」果実の香気成分<sup>2)</sup>(実験3)

処理	methyl 2-methylbutyrate (フルーツ様)	ethyl 2-methylbutyrate (フルーツ様)	2-methylbutyl acetate (フルーツ様)	isobutyl acetate (刺激的、フルーツ様)	benzyl acetate (ベリー様)	ethyl acetate (溶剤の様な)	amyl acetate (バナナ様)	methyl acetate (溶剤の様な)	hexyl acetate (洋ナシの様な)	butyl acetate (バナナ様)
エチレン処理 + 15°C 追熟	129	2	1,062	571	195	76	14	226	225	111
20°C 追熟	29	1	174	95	78	38	3	102	41	28

1)固有振動値 210Hz を「食べ頃」時期とした.

2)各成分は温室メロンの主要な香気成分のうち, 少なくとも一つの区で 100% 出現し, 処理区間に t 検定(5%)により有意差があり,かつ 2 倍以上差がある成分, 各数値は 3-Hexanol の TIC 面積を 100 とする相対値, n=1.

表6 エチレン処理濃度の違いが温室メロン「アールス・フェボリット県温 37」果実の「食べ頃」時期<sup>1)</sup>の内容品質に及ぼす影響(実験4)

エチレン処理濃度 (ppm)	重量 (g)	処理時固有振動値 (Hz)	追熟日数 <sup>2)</sup> (日)	変動係数	硬度 <sup>3)</sup> (kg)	水浸 <sup>4)</sup> 程度	糖度 <sup>5)</sup> (Brix%)	スクロース (g/100ml)	グルコース (g/100ml)	フルクトース (g/100ml)	全糖含量 (g/100ml)
0	1293	279	10 <sup>b</sup> ± 2.1	0.2	0.31	0.0	12.8	7.6	2.0	2.4	12.0
1	1398	275	6 <sup>a</sup> ± 2.4	0.4	0.33	0.2	12.6	8.0	1.9	2.4	12.3
10	1384	276	6 <sup>a</sup> ± 1.5	0.3	0.32	0.0	13.2	8.3	1.6	2.2	12.2
100	1340	276	4 <sup>a</sup> ± 0.5	0.1	0.31	0.0	13.0	8.5	2.2	2.4	13.1
1000	1379	278	4 <sup>a</sup> ± 0.5	0.1	0.33	0.0	13.1	8.4	2.0	2.3	12.7
分散分析 <sup>6)</sup>	n.s.	n.s.	**		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

1)固有振動値 210Hz を「食べ頃」時期とした.

2)追熟日数: 収穫してから「食べ頃」時期(固有振動値 210Hz)になるまでの日数.

3)果実赤道面 6 か所の果肉中央部の硬度の平均値.

4)水浸程度 0: (無) ~ 3: (全面).

5)糖度・糖含量は果実赤道部 1cm 全面(赤道面果皮側 1cm を除く)の果汁の糖度・糖含量.

6)\*\*: 危険率 1%水準で有意差有, n.s.: 有意差なし, アルファベットは Tukey の多重比較(5%)により同一符号間に有意差なし, n=5.

処理を中止してもエチレン処理の影響が継続され<sup>4)</sup>、「食べ頃」時期までの追熟日数のばらつきを小さくすることができた。

貯蔵温度 20℃ではエチレンが生成され、果実の軟化が促進されることより、貯蔵温度 20℃でのピーク時のエチレン発生量 2.2 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$  (エチレン処理濃度 80ppm 相当)を基準として 1~1000ppm までの 5 段階についてエチレン処理濃度を検討した。

エチレン処理濃度の差により、「食べ頃」時期の果実内容品質に差はなかったが、エチレン処理濃度 1ppm 以上では「食べ頃」時期までの追熟日数が短縮し、処理濃度 100ppm 以上では追熟日数のばらつきが小さくなった。また、香気貢献度<sup>10)</sup>が高い methyl 2-methylbutyrate, ethyl butyrate, ethyl 2-methylbutyrate 等の甘くフルーティな香気成分への影響は処理濃度 100ppm 以上で高かったことなどから、エチレンの処理濃度は 100ppm が適すと考え

られた。

以上の結果より温室メロンでも、モモ、キウイフルーツ等の果実と同様、果実の成熟とともに生成される内生エチレンがクロロフィルの分解、果肉の軟化、香気成分の増加等果実の成熟を促進することが明らかとなった。内生エチレンは貯蔵温度に依存し、温室メロンでは 20℃、25℃で発生して果実の成熟を促進するが、エチレン生成の個体差が、貯蔵開始後の果実追熟に影響し、「食べ頃」時期のばらつきにつながっていると想定された。このため貯蔵開始 1 日後のエチレン 100ppm 処理が、「食べ頃」時期のばらつきを小さくするとともに、香気成分の増加等果実品質を向上するために有効と考えられた。貯蔵温度については 20℃で香気生成に優れていたが、果肉が水浸状になりやすいことが危惧された。15℃ではこの症状が見られなかったことから、15~20℃の範囲の温度域での再検討が必要である。また、今後は品種ごとのエチレン

表 7 エチレン処理濃度の違いが温室メロン ‘アールス・フェボリット 県温 37’ 果実の「食べ頃」時期<sup>1)</sup>の香気成分<sup>2)</sup>に及ぼす影響(実験 4)

エチレン 処理濃度 (ppm)	methyl 2- methylbuty- rate (フルーツ 様)	ethyl butyrate (フルーツ 様)	ethyl 2- methylbuty- rate (フルーツ 様)	isobutyl acetate (刺激的、フ ルーツ様)	methyl isobutyrate (フルーツ 様)	cis-3- hexenyl acetate (グリーン 様)	benzyl acetate (軽い、フ ルーツ様)	methane thiol (イオウ 様)	ethyl acetate (溶剤の様 な)	methyl acetate (溶剤の様 な)	hexyl acetate (洋ナシの 様な)
0	39	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	180 <sup>a</sup>	4	35	112	0	140 <sup>a</sup>	149	71 <sup>a</sup>
1	44	31 <sup>ab</sup>	38 <sup>ab</sup>	316 <sup>ab</sup>	4	48	103	0	395 <sup>ab</sup>	125	138 <sup>ab</sup>
10	71	61 <sup>ab</sup>	88 <sup>bc</sup>	442 <sup>b</sup>	6	72	148	0	802 <sup>bc</sup>	163	214 <sup>ab</sup>
100	43	161 <sup>b</sup>	167 <sup>bc</sup>	450 <sup>b</sup>	4	55	146	0	1175 <sup>c</sup>	122	178 <sup>ab</sup>
1000	60	240 <sup>b</sup>	243 <sup>c</sup>	568 <sup>b</sup>	4	77	162	0	1355 <sup>c</sup>	127	269 <sup>b</sup>
分散分析 <sup>3)</sup>	n.s.	*	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	*

1)固有振動値 210Hz を「食べ頃」時期とした。

2)各成分は温室メロンの主要な香気成分のうち、少なくとも一つの処理区で 100%出現した成分、各数値は 3-Hexanol の TIC 面積を 100 とした相対値、( )内は香調。

3)\*\*、\* : 危険率 1%、5%水準で有意差あり、n.s. : 有意差なし、アルファベットは Tukey の多重比較(5%)により同一符号間に有意差なし、n=5。

表 8 貯蔵開始後のエチレン処理日の違いが温室メロン ‘アールス・フェボリット 県温 27’ 果実の「食べ頃」時期<sup>1)</sup>における香気成分<sup>3)</sup>に及ぼす影響(実験 5)

処理日	追熟 <sup>2)</sup> 日数 (日)	methyl 2- methylbut- yrate (フルーツ 様)	ethyl butyrate (フルーツ 様)	ethyl 2- methylbut- yrate (フルーツ 様)	isobutyl acetate (刺激的、 フルーツ様)	benzyl acetate (ベリー 様)	methane thiol (イオウ 様)	ethyl acetate (溶剤の様 な)
無処理	16.8	59	2	4	181 <sup>ab</sup>	191 <sup>a</sup>	0	105 <sup>ab</sup>
貯蔵開始 1 日後	16.0	224	8	8	634 <sup>b</sup>	493 <sup>a</sup>	0	267 <sup>b</sup>
貯蔵開始 3 日後	15.7	130	4	3	453 <sup>ab</sup>	468 <sup>a</sup>	0	167 <sup>ab</sup>
貯蔵開始 5 日後	12.5	56	0	0	138 <sup>a</sup>	156 <sup>a</sup>	0	24 <sup>a</sup>
貯蔵開始 7 日後	12.3	45	1	1	124 <sup>a</sup>	141 <sup>a</sup>	0	40 <sup>a</sup>
分散分析 <sup>4)</sup>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	*	n.s.	**

1)固有振動値 210Hz を「食べ頃」時期とした。

2)追熟日数は収穫から「食べ頃」時期になるまでの日数

3)各成分は温室メロンの主要な香気成分のうち、少なくとも一つの区で 100%出現した成分、各数値は 3-Hexanol の TIC 面積を 100 とした相対値、( )内は香調。

4)\*\*、\* : 危険率 1%、5%水準で有意差あり、n.s. : 有意差なし、アルファベットは Tukey の多重比較(5%)により同一符号間に有意差なし、n=5。

に対する反応について更に検討する必要がある。

## V 摘要

温室メロンの「食べ頃」時期における食味および品質の向上を図るため、貯蔵方法とエチレン処理による追熟処理技術について検討した。

1. 貯蔵温度 15°C, 20°C, 25°C, 30°Cでは、「食べ頃」時期までの追熟日数は15°C, 20°Cで14日, 25°Cで7日, 30°Cで8日であった。
2. 貯蔵温度 15°C, 20°C, 25°C, 30°Cでは、「食べ頃」時期以前にエチレンが発生したのは, 20°C, 25°Cのみで, ピーク時のエチレン発生量は20°Cで2.2µg/kg/hr, 25°Cでは2.8µg/kg/hrであった。
3. 貯蔵温度 15°C, 20°Cおよびエチレン処理の有無による温室メロンの主要な香り成分への影響は, 15°C貯蔵では methyl 2-methylbutyrate, isobutyl acetate, methyl isobutyrate は増加したが benzyl acetate, ethyl hexanoate, cis-3-hexenyl acetate, ethyl acetate は減少した。また, エチレン処理により, ethyl butyrate, ethyl 2-methylbutyrate, isobutyl acetate, ethyl hexanoate, ethyl acetate が増加したが, benzyl acetate は減少した。
4. エチレン処理による食味への影響は, 官能検査の総合評価(おいしさ)に差は見られなかったが, 肉質, 香りの強さ, 甘さが向上した。
5. エチレン処理の濃度は, 100ppm以上が無処理に対して「食べ頃」時期に温室メロンの主要な香り成分のうち ethyl butyrate, ethyl 2-methylbutyrate, isobutyl acetate, ethyl acetate が増加し, また, 追熟日数のばらつきが小さくなったため適した。
6. エチレン処理の時期は, 貯蔵開始1日後が温室メロンの主要な香り成分のうち isobutyl acetate, benzyl acetate, ethyl acetate が最大となったため適した。今後は, 本実験で得られたデータを関係者や市場に広く伝えるとともに, 消費者がメロンの「食べ頃」時期を容易に判断できる手法の開発が必要である。

## 謝辞

本研究を実施するにあたり, 岐阜大学中野浩平准教授, 食品総合研究所中村宣貴主任研究員には分析に多大なご協力を得ました。ここに記して感謝の意を表します。

本研究は平成25・26年度「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業委託事業(地域ブランドを創出するメロンの食べごろ保証技術の開発)」の助成により実施した。

## 引用文献

- 1) 荒川博・松浦英之・大場聖司(2004):メロンの熟度と食味の関係. 静岡農試研報, 49, 9~15.
- 2) Brackmann,A.,Streif,J and Bangerth.F. (1997):J.Amer.Soc.Hort.Sci., 118, 243~247.
- 3) 石上清(1994):打音解析法による温室メロン果肉硬度の非破壊評価. 静岡農試研報, 38, 21~28.
- 4) 岩田隆・大亦郁子・緒方邦安(1969):果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係(第3報)果実内エチレン濃度の変化およびエチレン処理に対する反応と呼吸型との関係. 園学雑, 38: 64~72.
- 5) 北村利夫・梅本俊成・岩田隆・赤沢経也(1975):メロン果実の貯蔵に関する研究(第2報)追熟中における呼吸量及びエチレン生成量の変化と品種間差異. 園学雑, 44: 197~203.
- 6) 北村利夫・加藤千明(1985):メロン果実の成熟・追熟生理と貯蔵に関する品種間差. 園学要旨, 昭60秋: 468~469.
- 7) 真部正敏(1981):果実組織の硬度とペクチン質. 日本食品工業学会誌, 28(12), 653~659.
- 8) 宮崎丈史, 大久保増太郎(1989):メロンの熟度と収穫後の品質保持. 園芸学会雑誌, 58(2), 361~368.
- 9) 中野浩平・中村宣貴・椎名武夫・前澤重禮(2001):修正ガス環境下におけるエダマメの呼吸速度予測モデル. 農業機械学会誌, 63(6), 73~78.
- 10) 大場聖司・池ヶ谷篤・中根健・黒林淑子・櫻井毅彦・勝見優子(2013):温室メロンの特徴的な香り成分と追熟段階による変化. 静岡農林研報, 6, 57~64
- 11) 鈴木栄治郎(1991). メロン考. 中部印刷. 静岡, 40~42.
- 12) 立木美保(2007):エチレンによる果実の成熟・老化制御機構. 果樹研報, 6, 11~22.
- 13) 茶珍和雄(1987):青果物によるエチレン感受性の違い. 園学雑, 56, 129~140.
- 14) 趙華, 邨田卓夫(1988):マスクメロン'Earl's Favourite'果実の貯蔵に関する研究. 静岡大農研報, 38, 7~13.
- 15) 吉田裕一・大井美知男・藤本幸平(1990):メロン果実の成熟特性の品種間差異. 園学雑, 54(4), 999~1006.