

果実酢のモデル発酵試験における脂肪酸の変化と シス-バクセン酸の検出

藤森正宏, 柚木恵太*, 佐藤光由*, 塚本義則, 大西正男*[§]

株式会社ミツカングループ本社品質環境室

* 帯広畜産大学生物資源科学科

Changes in Fatty Acid Composition and Detection of *cis*-Vaccenic Acid During Experimental Fermentation of Wine and Cider Vinegars

Masahiro Fujimori, Keita Yunoki*, Mitsuyoshi Sato*,
Yoshinori Tsukamoto and Masao Ohnishi*[§]

Quality Assurance & Environmental Affairs Division, Mizkan Group Co., Ltd.,
2-6 Nakamura-cho, Handa-shi, Aichi 475-8585

* Department of Bioresource Science, Obihiro University of Agriculture and
Veterinary Medicine, Inada-cho, Obihiro-shi, Hokkaido 080-8555

Wine and cider vinegars were experimentally manufactured from commercial grape and apple juices, and differences in fatty acid components were analyzed among fermentation stages. Following alcoholic fermentation of Bailey A (a grape variety for red wine) juice, the increase in the proportions of palmitic and stearic acids was found to be accompanied by relative decreases in those of linoleic and linolenic acids. Reversed phase HPLC analysis showed a notable increase in a peak corresponding to oleic acid during acetic acid fermentation, although changes in fatty acid components were slight compared with those during alcoholic fermentation. In the case of Koshu (a grape variety for white wine), no significant difference was observed in fatty acid composition between the juice and its fermenting liquid (wine). However, after acetic acid fermentation, the vinegar produced had a fatty acid composition that was qualitatively and quantitatively similar to that of Bailey A. During alcoholic fermentation of apple (Delicious variety) juice, an increase in oleic acid and a decrease in linoleic acid were observed, followed by increases in palmitic and stearic acids after acetic acid fermentation, similar to changes observed during wine vinegar manufacturing. Thus, we found that juices with characteristic fatty acids produce vinegars with roughly corresponding compositions. Moreover, capillary-GC analysis of fatty acid methyl esters showed that *cis*-vaccenic acid (an oleic acid isomer) originating from acetic acid bacteria can be transferred into vinegars made by the acetic acid fermentation process. *cis*-Vaccenic acid was also detected in ten varieties of commercial wine and cider vinegars with *cis*-vaccenic acid/(oleic and *cis*-vaccenic acids) ratios of 0.07-0.59.

(Received Jun. 9, 2008 ; Accepted Jul. 18, 2008)

Keywords : acetic acid fermentation, cider vinegar, *cis*-vaccenic acid, fatty acid, wine vinegar

キーワード : ブドウ酢, リンゴ酢, 脂肪酸, シス-バクセン酸, 酢酸発酵

醸造酢の理化学特性や嗜好に関わる成分については、これまで多くの報告があるが、脂溶性成分に関する報告はほとんど見当たらない。清酒、ビール、ワインなどの醸造食品中には原料および発酵微生物に由来する脂溶性成分が存在し、それらは製造や貯蔵の過程で変化することが知られている^{1)~3)}。したがって、脂溶性成分を詳細に分析するこ

とによって、原料や製法の判別あるいは品質劣化の程度を把握する上での有益な情報が得られることが期待される。

著者らは先に、市販の醸造酢から分離した脂溶性成分をケイ酸薄層クロマトグラフィー (TLC) で調べるとともに、逆相 HPLC による構成脂肪酸の分析を行った⁴⁾。その結果、醸造酢中にはトリアシルグリセロールなどのグリセロ脂質クラスはほとんど検出されず、原料に由来する脂溶性成分は醸造の過程で大幅に変化を受けていることが明らかとなった。また、玄米などの穀類を原料とした醸造酢

〒475-8585 愛知県半田市中村町

* 〒080-8555 北海道帯広市稲田町

[§] 連絡先 (Corresponding author), mohnishi@obihiro.ac.jp

(純玄米酢, 純米酢, 穀物酢) 中の脂肪酸量はごく僅かである(55~194 nmol/試料 100 ml), 主要な脂肪酸は C_{16:0} 酸, C_{18:1} 酸および C_{18:0} 酸であった. このように, 醸造酢中の脂肪酸成分の量比は, 米粒やトウモロコシ種実などのそれら⁵⁾⁶⁾とは異なり, 醸造酢の品種間や銘柄間でも異同があった.

既報⁴⁾⁷⁾において, 果実酢の脂肪酸成分について報告したが, 本報ではブドウおよびリンゴ果汁を原料とする果実酢のモデル発酵試験を行い, 発酵段階における脂肪酸成分の変化について検討した.

ところで, 果実酢中には主要な脂肪酸として, 炭素数 18 のモノ不飽和脂肪酸(オクタデセン酸)の C_{18:1} 酸が検出される. この脂肪酸には C_{18:1}⁹ 酸(オレイン酸)と C_{18:1}¹¹ 酸(シス-パクセン酸)の位置異性体が存在するが, C_{18:1}¹¹ 酸は酢酸菌体膜を構成する主要な脂肪酸で⁸⁾, 果汁中にはわずかな量しか存在しない. 今回, 果実酢中の脂肪酸成分をキャピラリー GC に供したところ, C_{18:1}⁹ 酸とともに著量の C_{18:1}¹¹ 酸を見出し, 更に, この脂肪酸は市販の果実酢中にも広く検出されたので報告する.

実験方法

1. 実験材料とモデル果実酢の調製

(1) 供試試料

レトルト殺菌した濃縮果汁を用いた. 果汁の品種は, ブドウ果汁では赤ワイン用のベリー A 種と白ワイン用の甲州種, リンゴ果汁ではデリシャス種を用いた. 比較のため, 赤ワイン用の清見種のブドウ圧搾物からフリーランで得られたマスト(池田町ブドウ・ブドウ酒研究所, 北海道から恵与されたもの)ならびに甲州種のブドウを原料とした市販白ワインについても脂肪酸成分を分析した. 果実酢については, 市販 6 種の白ブドウ酢および 4 種のリンゴ酢を分析した.

(2) アルコール発酵と酢酸発酵

濃縮果汁を希釈して Bx 23% の果汁液 1 500 ml を調製した. これらに前培養した協会酵母 7 号の培養液 5 ml を添加し, 室温で 5 日間アルコール発酵させ, ケイソウ土ろ過をして, アルコール濃度 9.2~9.8% の果実酒を得た. 次に, これら果実酒 1 000 ml に氷酢酸 36 g を加えて加水し 3 000 ml とした. この調製果実酒を 1 L の三角フラスコに 900 ml ずつ分注し, 液深 10 cm で酢酸発酵を行った. 酢酸菌については, (株)半田ミツカン半田工場で生産に使用している菌膜を移植し, 30°C で 5 日間, 静置培養して酢酸酸度 4.0~4.2% の果実酢を得た. これを 0.45 μm のメンブランフィルターで精密ろ過してモデル果実酢とした.

2. 脂溶性成分の抽出と分析

各試料をロータリーエバポレーターを用いて 50°C 以下で濃縮した後, メタノールとクロロホルムを加えて Bligh and Dyer の方法⁹⁾に準じて脂溶性成分を抽出・分配した.

得られた下層(クロロホルム層)は 2 回, 水洗を行ってから濃縮乾固して脂溶性成分(脂質)を得た⁴⁾. 脂質クラスは, 前報⁴⁾と同様の条件で TLC によって分析した.

3. 構成脂肪酸の分析

各試料(脂溶性成分量として 2~3 mg)に 0.1 N メタノール性 NaOH を加えて 1 時間, 100°C でケン化した. 放冷後, 6N HCl を用いて反応液を酸性にしてから, ヘキサンで 3 回抽出して遊離脂肪酸を得た後, 脂肪酸 *p*-ニトロフェナシル誘導体として逆相 HPLC に供した⁴⁾. 分析データは, いずれも 2 回の測定結果の平均値とした. なお, 脂肪酸の定量には内部標準としてヘプタデカン酸(50 nmol)を添加した.

また, C_{18:1}⁹ 酸とその異性体である C_{18:1}¹¹ 酸の量比を求めるため, 脂溶性成分をメタノール性 5% HCl を用いてメタノリシスし, 得られた脂肪酸メチルエステルをキャピラリー GC 分析に供した²⁾.

実験結果

1. ブドウおよびリンゴ果汁中の脂溶性成分

発酵試験に供したブドウ果汁中の脂溶性成分の含量は, ベリー A 種で 6.0 mg%, 甲州種で 2.6 mg%, リンゴ果汁のそれは 5.1 mg% であった. ブドウ果汁の脂質をヘキサンジエチルエーテル-酢酸(80:20:1)による TLC で分析すると, 原点物質を含めてベリー A 種では 7 種, 甲州種では 4 種のスポットがそれぞれ検出された(データ非掲載). そのうち, 主なものは共通して原点と溶媒前線に移動するスポットおよび *R_f* 0.1 付近の成分であった. また, ベリー A 種では遊離脂肪酸と 4-デスメチルステロールの存在が認められたが, 甲州種に両成分はほとんど検出されなかった. なお, 比較のために分析した清見種のマストでは, トリアシルグリセロールが主要な脂質成分であったが, これに相当するスポットは両ブドウ果汁中には認められなかった. 極性脂質クラスは, クロロホルム-メタノール-水(65:16:2)を用いて TLC に供した. 清見種のマスト中に検出された糖脂質やリン脂質のスポットは, 両ブドウ果汁中には確認されなかった(データ非掲載).

リンゴ果汁には 4-デスメチルステロール, 遊離脂肪酸および脂肪酸メチルエステルに相当する成分が認められた. また, 極性脂質クラスとしては, ステロール配糖体の存在が確認された.

発酵試験に供した果汁中の脂肪酸成分を逆相 HPLC で分析した結果を Table 1 に示す. 少なくとも炭素数 16 から 20 までの 7 種類の脂肪酸成分が検出された.

ベリー A 種では, 清見種のマストと同様に, C_{18:2} 酸(40.4%)が最も優位な脂肪酸で, 次いで C_{18:3}(22.0%), C_{16:0} 酸(19.7%)および C_{18:1} 酸(13.5%)であった. 一方, 甲州種では C_{16:0} 酸(39.3%), C_{18:1} 酸(19.8%), C_{16:1} 酸(13.5%)および C_{18:0} 酸(11.5%)が主要な脂肪酸で, 多価

Table 1 Fatty acid composition (%) of commercial grape and apple juices used for vinegar production analyzed by reversed phase HPLC

Fatty acid	Grape			Apple
	Bailey A	Koshu	Kiyomi*	
C _{16:0} (Palmitic acid)	19.7	39.3	28.8	24.1
C _{16:1} (Palmitoleic acid)	0.1	13.5	1.0	2.1
C _{18:0} (Stearic acid)	3.7	11.5	2.3	4.7
C _{18:1} (Oleic acid)	13.5	19.8	7.0	23.4
C _{18:2} (Linoleic acid)	40.4	7.3	46.9	41.4
C _{18:3} (Linolenic acid)	22.0	6.7	13.4	2.6
C _{20:0} (Arachidic acid)	0.6	1.9	0.6	1.7
SFA/UFA	0.32	1.11	0.46	0.44

* Obtained by free-run after crushing kiyomi grape berries.

SFA and UFA indicate saturated- and unsaturated fatty acids, respectively.

不飽和脂肪酸 (C_{18:2}酸と C_{18:3}酸) の割合は、ベリー A 種と比べて著しく低かった。不飽和脂肪酸に対する飽和脂肪酸の比を品種間で比較すると、甲州種は高値であった。また、甲州種には著量の C_{16:1}酸が検出されたが、これは同じ白ワイン用品種のマスカット種でも同様であった (データ非掲載)。

リング果汁では、主要な脂肪酸は C_{18:2}酸 (41.4%)、C_{16:0}酸 (24.1%) および C_{18:1}酸 (23.4%) で、C_{18:3}酸の割合 (2.6%) は、甲州種と同様に低レベルであった。

2. 果実酢の各発酵段階における脂肪酸成分の変化

(1) ブドウ酢

ベリー A および甲州種の各発酵段階における脂肪酸成分の組成変化を Fig. 1A に示す。

ベリー A 種において、ワインでは果汁と比べ C_{16:0}酸と C_{18:0}酸の割合が大きく増加するとともに C_{16:1}酸が約 9% 検出され、C_{18:2}酸と C_{18:3}酸の割合が激減した。ワインとブドウ酢中の脂肪酸組成に大差はなかったが、ブドウ酢では C_{18:1}酸の増加と C_{16:0}酸の減少が特徴的であった。

甲州種において、ワイン中の脂肪酸組成は果汁のそれと類似し、主な脂肪酸は C_{16:0}酸 (42.2%)、C_{18:1}酸 (22.3%)、C_{18:0}酸 (11.5%) および C_{16:1}酸 (11.6%) (Fig. 1B) であった。この傾向は市販の甲州ワインとほぼ同様で、これらにも著量の C_{16:1}酸が検出された。このブドウ酢は、ワインと比べ C_{18:1}酸が 22.3% から 31.4% に大きく増加し、反対に C_{18:2}酸が 6.3% から 2.2% に減少した。

100 ml 当たりの総脂肪酸の濃度は、ベリー A 種の場合、果汁では 843 nmol であったが、ワインでは 580 nmol、ブドウ酢では 132 nmol となった。また、甲州種ではアルコール発酵によって 420 nmol から 328 nmol に減少し、ブドウ酢で 124 nmol となった。

(2) リンゴ酢

リング酢の各発酵段階における脂肪酸成分の変化を Fig. 1C に示す。リング酒では果汁に比べ、相対的な C_{18:1}酸の増

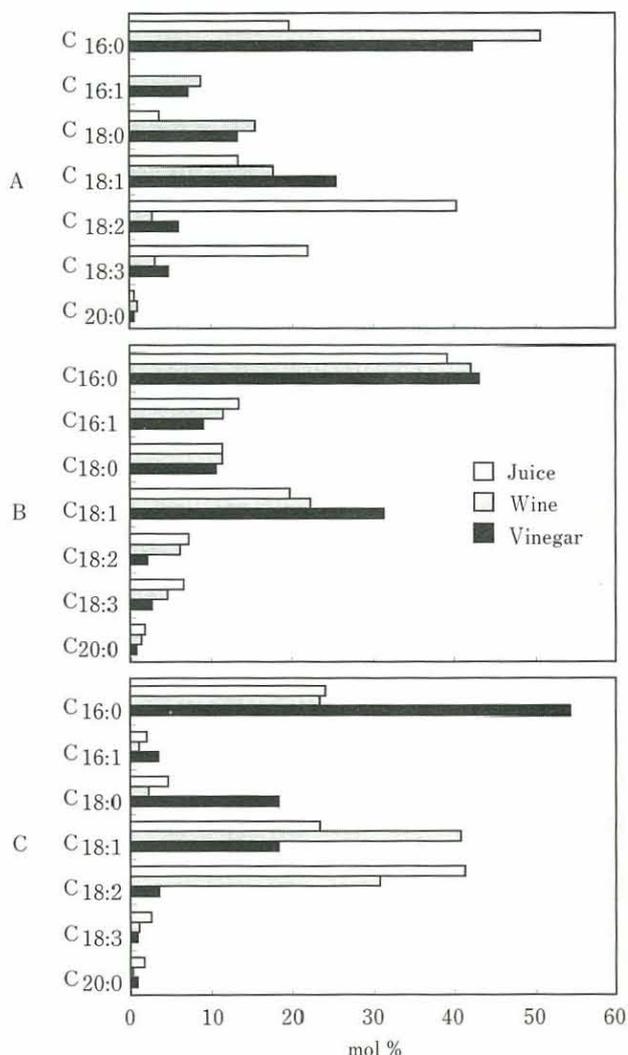


Fig. 1 Changes in fatty acid components during wine and cider vinegar manufacture

A, Bailey A ; B, Koshu ; C, Delicious apple.

加と $C_{18:2}$ 酸の減少が認められた。リンゴ酢ではブドウ酢と同様に、 $C_{16:0}$ 酸 (54.3%)、 $C_{18:1}$ 酸 (18.4%) および $C_{18:0}$ 酸 (18.4%) が主要な脂肪酸であった。

総脂肪酸量はブドウ果汁と類似し、100 ml 当たり果汁では 458 nmol であったが、リンゴ酒では 264 nmol となり、リンゴ酢では 78 nmol となった。

3. キャピラリ GC 分析による $C_{18:1}$ 酸異性体の検出

ベリー A 種と甲州種の果実酢において、酢酸発酵後に $C_{18:1}$ 酸の顕著な増加が観察されたが、この脂肪酸には $C_{18:1}^9$ 酸と $C_{18:1}^{11}$ 酸の位置異性体がある。このうち $C_{18:1}^{11}$ 酸は、酢酸菌体膜を構成する主要な脂肪酸となっている⁸⁾ことから、酢酸発酵中に移行した可能性が考えられる。しかし、今回の逆相 HPLC 分析の条件では、両異性体は分離できない(データ非掲載)。そこで脂肪酸メチルエステルを調製し、キャピラリ GC で分析したところ (Fig. 2)、両異性体のピーク (ピーク 5 と 6) が検出された。 $C_{18:1}^{11}$ 酸は、供試した果汁および果実酒中にわずかな量しか存在しなかったが、果実酢では $C_{18:1}^9$ 酸と同レベルまで増量化されていた。両異性体の組成比の合計値に対する $C_{18:1}^{11}$ 酸の比 [$C_{18:1}^{11}$ 酸 / ($C_{18:1}^9$ 酸 + $C_{18:1}^{11}$ 酸)] を算出すると、ベリー A 種のワインでは 0.1 前後であったが、ブドウ酢では 0.55 であった。また、甲州種やリンゴ果汁を原料とした果実酢では、それぞれ 0.57 と 0.36 と高値であった。

4. 市販果実酢中のシス-バクセン酸

前報⁷⁾で報告した市販 6 銘柄の外国産白ブドウ酢と 4 銘柄のリンゴ酢(そのうち外国産は 1 銘柄)について、脂肪酸メチルエステルを調製してキャピラリ GC 分析を行った結果、いずれも著量の $C_{18:1}^{11}$ 酸が検出された。 $C_{18:1}^{11}$ 酸 / ($C_{18:1}^9$ 酸 + $C_{18:1}^{11}$ 酸) の比は、供試した白ブドウ酢では 0.07~0.47、リンゴ酢では 0.17~0.59 であった (Table 2)。なお、モデル発酵試験で得られた果実酢を含め、果実酢中の $C_{18:1}^{11}$ 酸 / ($C_{18:1}^9$ 酸 + $C_{18:1}^{11}$ 酸) 比の値と総脂肪酸量との間に相関は見られなかった。

考 察

著者らは、先に輸入品白ブドウ酢 6 銘柄と赤ブドウ酢 4 銘柄の脂肪酸成分を分析し、イタリア産 4 銘柄は互いに類似していたが、フランス産ブドウ酢の間には共通性が見られなかったことを報告した⁷⁾。また、国内産 3 銘柄と外国産 1 銘柄のリンゴ酢間には、脂肪酸含量に違いが見られた⁴⁾。本報では、このような銘柄間の脂肪酸成分の異同が生じる要因を解析する一環として、赤ワインおよび白ワイン用のブドウ果汁ならびにリンゴ果汁を原料に発酵試験を行い、各発酵段階での脂肪酸成分の変化を検討した。

いずれの試料においても、果実酒では果汁に比べ総脂肪酸量が減少したが、これは酵母の増殖により果汁中の脂肪酸が利用されたことによると考えられる¹⁰⁾¹¹⁾。特に、ベリー A 種の果汁とリンゴ果汁では、 $C_{18:2}$ 酸と $C_{18:3}$ 酸の減

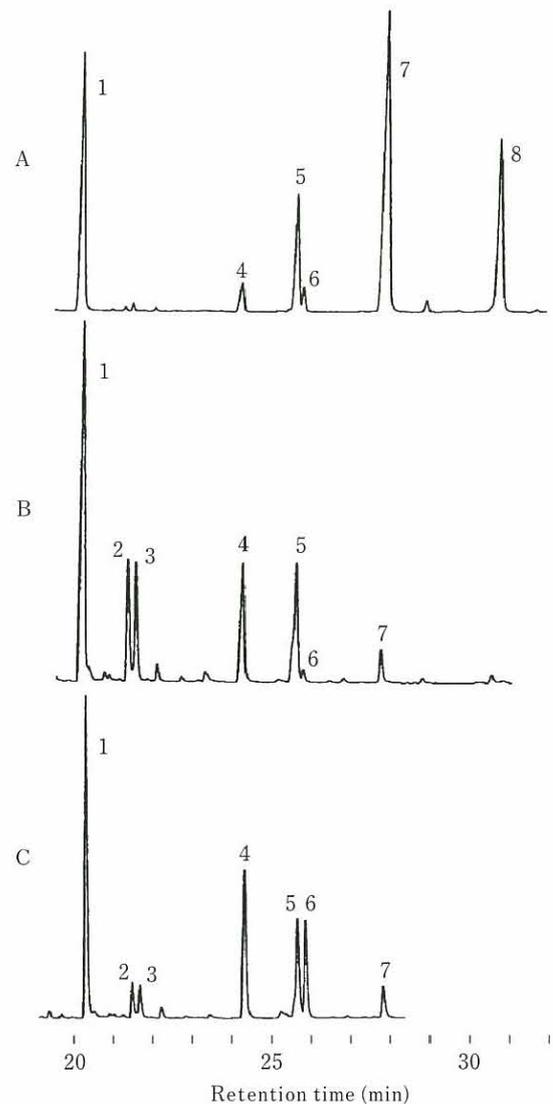


Fig. 2 Capillary GC profiles of fatty acids in juice, wine and vinegar made from Bailey A berries

Fatty acid methyl esters were prepared from total lipids extracted from juice, wine and vinegar made from Bailey A berries. GC analysis was conducted using Hitachi 3000 gas chromatograph provided with a flame ionization detector and a fused silica open tubular column, CP-Sil 88 (0.25 mm i.d.×50 m, GL Science Inc., Tokyo). Column temperature was increased from 80°C to 160°C at 10°C/min and then to 200°C at 2°C/min. A, juice; B, wine; C, vinegar. Peak numbers (1-8) shown in the chromatograms indicate palmitic, Δ^7 -hexadecenic, Δ^9 -hexadecenic (palmitoleic), stearic, oleic, *cis*-vaccenic, linoleic and linolenic acids, respectively.

少が観察され、多価不飽和脂肪酸がアルコール発酵酵母によって優先的に資化されることが示された。我々は、先に 11 種のブドウから調製したマストとそのアルコール発酵後の脂肪酸成分を精査しているが、この場合にも同様の傾向が認められている³⁾。一方、甲州種ではアルコール発酵の段階で、顕著な脂肪酸組成の変化が見られなかったが、

Table 2 Ratios of *cis*-vaccenic acid to oleic and *cis*-vaccenic acids, and total fatty acid concentration in commercial cider and wine vinegars

	Cider vinegar				White wine vinegar					
	Domestic			USA	Italy		France			Germany
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$C_{18:1}^{11}/(C_{18:1}^9+C_{18:1}^{11})$	0.17	0.19	0.59	0.35	0.38	0.19	0.20	0.07	0.47	0.11
Total acyls* (nmol/100 ml)	58	61	82	141	90	102	355	171	268	99

* Cited by references 4 and 7.

$C_{18:1}^{11}$ and $C_{18:1}^9$ indicate *cis*-vaccenic acid and oleic acid, respectively.

これは果汁中の酵母が選択的に代謝する $C_{18:2}$ 酸と $C_{18:3}$ 酸の含量が少ないことに起因するのかもしれない。Morrison の総説¹⁾によると、ビールの製造時においても、アルコール発酵の段階で原料（大麦）に由来する $C_{18:2}$ 酸と $C_{18:3}$ 酸が減少し、反対に、酵母に由来する $C_{16:0}$ 酸、 $C_{16:1}$ 酸および $C_{18:0}$ 酸の割合が増加することが記述されている。また、清酒もろみの深部においては、アルコール発酵の進行に伴って、脂肪酸成分の飽和脂肪酸/不飽和脂肪酸比が増加することが報告されており、飽和酸の量比が高くなるのは酵母の合成によるものと推定された¹⁰⁾。

酢酸発酵における脂肪酸成分の変化については、ほとんど見解がない。今回の発酵試験において、果実酢の総脂肪酸量は 100 ml 当たり 78~132 nmol で、果実酒と比べ低値であった。しかし今回の試験では、果実酒 1 に対し果実酢が 3 容量できたことから、酢酸発酵による総脂肪酸含量の増減は軽微であった。したがって、果実酒中の脂肪酸成分は、酢酸菌の増殖にあまり利用されないものと推測された。

果実酢の脂肪酸組成レベルでの異同を見ると、果汁はそれぞれ固有の脂肪酸組成を有しているが、果実酢になると、いずれも $C_{16:0}$ 酸が最も多く、次いで $C_{18:1}$ 酸 ($C_{18:1}^9$ 酸 + $C_{18:1}^{11}$ 酸)、 $C_{18:0}$ 酸の順となった。このように、果汁の脂肪酸成分の特徴 (Table 1) は果実酢の脂肪酸組成に反映されず、同じ発酵条件で発酵させた本実験では、質的および量的に類似した脂肪酸成分の果実酢が得られた。前報⁷⁾において、フランス産ブドウ酢は、脂肪酸成分上、類似性が見られなかったが、それは主として酢酸菌体の特性、製法の違い (酢酸発酵方式、酢酸発酵の期間および熟成期間など) や果汁中の $C_{18:1}^9$ 酸含量が影響しているのかもしれない。果実酒から果実酢への脂肪酸組成の変化は、3 試料間で同じではなかった。その主な理由として、酢酸発酵では果実酒の成分的な特徴によって異なる反応様式で、脂肪酸成分を資化あるいは酸化するものと思われる。

$C_{16:1}$ 酸はアルコール発酵酵母の主要な菌体脂肪酸¹²⁾ である。甲州種の場合、果汁中に著量含まれていたが、ベリー A 種ではアルコール発酵後に顕著な量が検出されたことから、酵母由来の脂肪酸成分の移行が確認された。同様にモデル果実酢において、酢酸菌体由来の $C_{18:1}^{11}$ 酸の移行が示

され、供試した 10 銘柄の市販果実酢中からも著量の $C_{18:1}^{11}$ 酸が検出された。この脂肪酸は農産物中には微量しか存在せず、酢酸菌体に特徴的な脂肪酸成分であることから、 $C_{18:1}^{11}$ 酸/($C_{18:1}^9$ 酸 + $C_{18:1}^{11}$ 酸) の比を算出すれば、酢酸発酵を経由した醸造酢か、酸味料に調味した食酢であるかを判別する有力な指標として利用できる可能性がある。今後、さらに分析を進める必要があるが、著者らは米酢などの他品種の食酢についても $C_{18:1}^{11}$ 酸の分布を調べており、順次、その結果について報告する予定である。

要 約

ブドウおよびリンゴ果汁を原料とする果実酢のモデル発酵試験を行い、各発酵段階における脂肪酸成分を分析した。

(1) ベリー A 種のワインでは、果汁と比べ、相対的に $C_{16:0}$ 酸と $C_{18:0}$ 酸の割合の増加ならびに $C_{18:2}$ 酸と $C_{18:3}$ 酸の減少が認められた。このワインを原料とするブドウ酢の脂肪酸成分の変化は大きくなかったが、 $C_{18:1}$ 酸の増加が特徴的であった。

(2) 甲州種のワインの脂肪酸組成は、果汁のそれと類似したが、ベリー A 種とはやや異なった。しかし、このブドウ酢は、ベリー A 種のブドウ酢と質的および量的に類似した脂肪酸成分となった。

(3) リンゴ酒では果汁と比べ、相対的な $C_{18:1}$ 酸の増加と $C_{18:2}$ 酸の減少が観察された。このリンゴ酒を原料とするリンゴ酢の脂肪酸成分の変化は、ブドウ酢と同様に $C_{16:0}$ 酸と $C_{18:0}$ 酸の増加であった。

(4) このように原料果汁は、それぞれ固有の脂肪酸組成を有していたが、果実酢になるといずれも類似した脂肪酸成分となった。

(5) キャピラリ GC 分析の結果、酢酸発酵で酢酸菌体由来の $C_{18:1}^{11}$ 酸が、果実酢中に移行することが示された。

(6) $C_{18:1}^{11}$ 酸は市販 10 種の果実酢中にも検出され、 $C_{18:1}^{11}$ 酸/($C_{18:1}^9$ 酸 + $C_{18:1}^{11}$ 酸) 比を算出すると 0.07~0.59 であった。

文 献

- 1) Morrison, W.R., Cereal lipids. *Adv. Cereal Sci. Tech.*, 2,

- 221-348 (1978).
- 2) Yunoki, K., Tanji, M., Murakami, Y., Yasui, Y., Hirose, S. and Ohnishi, M., Fatty acid composition of commercial red wines. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **68**, 2623-2626 (2004).
 - 3) Yunoki, K., Yasui, Y., Hirose, S. and Ohnishi, M., Fatty acids in must prepared from 11 grapes grown in Japan : comparison with wine and effect on fatty acid ethyl ester formation. *Lipids*, **40**, 361-367 (2005).
 - 4) 藤森正宏, 増田 勉, 柚木恵太, 柏川法隆, 塚本義則, 伊藤精亮, 大西正男, 醸造酢からの脂溶性成分の分離および逆相 HPLC による構成脂肪酸の分析, *食科工*, **52**, 412-419 (2005).
 - 5) Mano, Y., Kawaminami, K., Kojima, M., Ohnishi, M. and Ito, S., Comparative composition of brown rice lipids (lipid fractions) of indica and japonica rices. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **63**, 619-626 (1999).
 - 6) Ohnishi, M., Yasui, Y., Mano, Y., Ito, S. and Fujino, Y., Fatty acid distribution and characterization of 1,2-diacylglycerol residues in glycerolipids from maize seeds. *Agric. Biol. Chem.*, **53**, 565-567 (1989).
 - 7) Fujimori, M., Yunoki, K., Shimizu, T., Masuda, T., Tsukamoto, Y. and Ohnishi, M., Content of lipophilic compounds and HPLC analysis of fatty acid components in wine vinegar. *J. Oleo Sci.*, **54**, 559-563 (2005).
 - 8) 後藤英嗣, 益子まゆみ, 大西正男, 塚本義則, 高酸性度および中酸性度食酢生産性の酢酸菌に含まれるリン脂質クラスの比較分析, *油化学*, **49**, 349-355 (2000).
 - 9) Bligh, E.G. and Dyer, W.J., A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-919 (1959).
 - 10) 吉沢 淑, 石川雄章, 清酒醸造における脂質の動向と香気エステル生成への影響, *醸酵工学*, **63**, 161-173 (1985).
 - 11) Yunoki, K., Hirose, S. and Ohnishi, M., Ethyl esterification of long-chain unsaturated fatty acids derived from grape must by yeast during alcoholic fermentation. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **71**, 3105-3109 (2007).
 - 12) Nicolas, R., Carmen, G.J., Francoise, L. and Aline, L.-F., Differentiation between fermenting and spoilage yeasts in wine by total fatty acid analysis. *J. Sci. Food Agric.*, **59**, 351-357 (1992).
- (平成 20 年 6 月 9 日受付, 平成 20 年 7 月 18 日受理)