

[醸酵工学会誌 第70巻 第3号 177-183. 1992]

穀物糖化ろ液中の不飽和脂肪酸量制御因子†

鳥井 和之*・佐藤 賢次・大西 正巳

サントリー(株)研究センター・洋酒研究所
〒618 大阪府三島郡島本町若山台1-1-1

(平成3年10月17日受付 平成4年2月25日受理)

Factors controlling the concentration of unsaturated fatty acids in the filtrate of saccharified mash prepared from grains. KAZUYUKI TORII,* KENJI SATO, and MASAMI ONISHI (Research Laboratories of Distilled Spirits and Liqueurs, Research Center, Suntory Limited, 1-1-1 Wakayama-dai, Shimamoto-cho, Mishima-gun, Osaka 618) Hakkokogaku 70: 177-183, 1992.

The fermented liquid made from the filtrate of saccharified barley mash, the barley for which was polished 20% before use, contained lower concentrations of volatile esters and was less estery in character than that made from malted barley and maize. It was suggested that phospholipids, especially lysophosphatidylcholine which barley contains in great quantities, assisted unsaturated fatty acids (UFA) in dissolving into the filtrate, and the excessive amount of UFA in the filtrate therefore depressed the production of volatile esters by yeast.

穀物を原料とした酒にはさまざまなものがあり、その原料由来成分は、製成酒の品質に大きな影響を与える。

脂質は穀物に含まれる量は少ないが、製成酒の品質に大きな影響を与えるもののひとつである。清酒の製造における脂質の香気エステル生成への影響¹⁾および工程での挙動について²⁻⁷⁾は詳しく報告されている。特に不飽和脂肪酸(Unsaturated Fatty Acid=UFA)は少量でも酵母のエステル類の生成を大きく阻害し製成酒の香気をきわめて乏しいものにするにはよく知られている。^{1,8)}また、酵母のエステル合成酵素レベルの研究では、吉岡、橋本が不飽和脂肪酸によってアルコールアセチルトランスフェラーゼ活性がいちじるしく阻害されたと報告している。⁹⁾

以上のように発酵醪中の不飽和脂肪酸量は製成酒中のエステル量に大きな影響を与えるため、発酵醪中の不飽和脂肪酸量を低減することは、香り豊かな製成酒を得るうえできわめて重要である。たとえば精白、蒸きょうも不飽和脂肪酸量を低減させる一手段であり、

ビールやモルトウイスキーの製造工程であるろ過も同じく不飽和脂肪酸量を低減させるための工程とも考えることができる。

本報では穀物を原料とした酒類中の香気成分量に重大な影響を与える発酵醪中の不飽和脂肪酸量に関する因子について検討し、以下の知見を得たので報告する。

実験方法

1. 試料

- 1) 大麦 国内産2条大麦を用いた。(精白歩合(精白麦/原料麦重量比)80%。以降80大麦と表現)
- 2) 麦芽 6条大麦原料の、カナダ産輸入麦芽を用いた。
- 3) トウモロコシ 米国産黄色馬齒種トウモロコシを用いた。

2. 仕込・発酵

- 1) 80大麦の仕込 粒径0.833 mm以下に粉碎した80大麦に4.5倍容の水と、蒸煮中の粘度低下用に α アミラーゼ23 Units/g-Grainを加えてただちにジャーフェーマンター(株)丸菱バイオエンジニアリング社製)を用い、200 rpmで攪拌しながら

† 大麦糖化醪中の脂質制御に関する研究(第1報).
Studies on the control of lipids concentration in saccharified mash prepared from barley (I).

* 連絡先, Corresponding author.

120°C 30分加熱して蒸着醪を得た。放冷後グルコアミラーゼを 15 Units/g-Grain 加え、60°C で2時間糖化して糖化醪を得た。なお、糖化酵素の活性は日本工業規格 JISK7001 に従い測定した。ついでろ紙 No. 2 (アドバンテック社製) でろ過した糖化ろ液を発酵に供した。なお、糖化に使用した糖化酵素剤はレンチン (phosphatidylcholine: PC), リゾレンチン (lyso-phosphatidylcholine: LPC) 分解活性を持たないことを卵起源の試薬を基質として確認している。

- 2) トウモロコシの仕込 80大麦と同様に粉碎したトウモロコシを用い、80大麦の仕込方法に従って仕込んだ。
- 3) 麦芽の仕込 伝統的なモルトウイスキーの製造方法¹⁰⁾に準じ、粒径 0.833 mm 以下に粉碎した麦芽に4.5倍容の水を加え、酵素類をいっさい添加せずに麦芽中の酵素のみによって60°C で3時間糖化し、ろ過した糖化ろ液を発酵に供した。
- 4) 発酵条件 発酵は *saccharomyces cerevisiae* AH70 株(自社所有株)を用い、各原料の糖化ろ液で30°C 48時間静置培養した菌を 0.5×10^7 cells/ml になるように接種、1 l 容発酵瓶(発酵栓付円筒細口瓶。内径 78 mm, 高さ 250 mm. 操作容量 500 ml.) を用い、30°C で7日間静置発酵し、発酵終了醪、すなわち製成酒とした。
- 5) 糖液および発酵終了醪の一般分析 糖化ろ液中の α -アミノ態窒素 (Free Amino Nitrogen = FAN) 含量は TNBS (2, 4, 6 TriNitro Benzene Sulfonic acid) 法¹¹⁾によりグリシン相当窒素量で表し、ブリックスは屈折計で測定した。

発酵終了醪の酵母数はトーマの血球板で、アルコール度は、発酵終了醪 360 ml を蒸溜して得た蒸溜液 120 ml のアルコール度を浮ひょうで測定し、換算した。

3. 発酵終了醪中香氣成分の分析

2. に示す蒸溜液をキャピラリーカラム (Hewlett Packard 製, 5% Phenyl Methyl Silicone を液層とした Fused Silica Column) によるダイレクトガスクロ分析法¹²⁾によって定量し、アルコール100%に換算し、発酵終了醪、つまり製成酒中の香氣成分量とした。

4. 脂質の分析

- 1) 脂質の抽出 脂質の抽出は Bligh-Dyer の方法¹³⁾と Folch の方法¹⁴⁾に準拠しておこなった。すなわち糖化醪のサンプル 25 ml に 75 ml のクロロ

ホルム/メタノール混液 (1:2 v/v) を加え、7,000 rpm で15分間遠心分離し固液を分離した。その液部にクロロホルム 25 ml と 1% KCl 溶液 25 ml を加えて溶媒層を分離、メタノール/水 (10:9 v/v) 40 ml で水洗した。固形部は 25 ml のクロロホルム/メタノール混液 (2:1 v/v) でさらに3回攪拌抽出した後、その抽出液を 0.88% KCl 40 ml で水洗し、合併して糖化醪からの脂質抽出サンプルとした。

糖化ろ液からの脂質の抽出はサンプル 25 ml に 75 ml のクロロホルム/メタノール混液 (1:2 v/v) を加え抽出し、以後、前出の液部からの脂質抽出方法に準じた。

- 2) 脂質の分離 TLC 法によった。すなわちメルク社製シリカゲル 60TLC プレートを用い、抽出した脂質を石油エーテル/エーテル/酢酸 (80:30:1 v/v/v) で主に中性脂質を、クロロホルム/エタノール/メタノール/酢酸 (13:3:2:1 v/v/v/v) で主に極性脂質の分離を行った。検出はヨウ素蒸気によった。
- 3) 遊離脂肪酸の定量 遊離脂肪酸 (以下、単に脂肪酸と記す) の定量は脂質抽出サンプルに内部標準としてオクタデカン酸 (C_{15}) を加え、直接(株)島津製作所製 Advance-DS 5% on Shinchrom A (DMCS) 80-100 Mesh を充填した長さ 2 m, 内径 3 mm のガラスカラムに注入するガスクロ分析法によった。検出は FID, キャリアガスには窒素を用いた。オープン温度は 200°C 一定, 注入温度は 260°C で分析を行った。
- 4) リン脂質の定量 穀類中のリン脂質の大部分を占めるレンチン (PC), リゾレンチン (LPC) のみを定量した。定量は(株)島津製作所製 Shimpack CLC-SIL カラムを用いた HPLC 分析法 (検出器は RI, 室温で移動相にアセトニトリル/メタノール/水 (3:1:1 v/v/v) を用い、ミドリ十字社製卵 PC, LPC を標準とする外部標準法) により、抽出サンプル中の PC, LPC を直接定量した。
- 5) グリセライドの定量 グリセライドの定量は TLC 法で脂質を分画した後スポットをかきとり Snyder の方法¹⁵⁾に従い、エステル結合を定量し、グリセライドに含まれるエステル結合のモル濃度で表した。

実験結果および考察

1. 原料による製成酒中エステル量の相違

80大麦, 麦芽, トウモロコシから製成した発酵終了醪中のフーゼルアルコールおよびエステル量を Table 1 に示した. 80大麦の糖化ろ液を発酵した醪は麦芽, もしくはトウモロコシ原料のものに比較し, 酢酸エチル, カプロン酸エチル, カプリル酸エチル, カプリン酸エチル, ラウリン酸エチル, 酢酸イソアミルいずれのエステルにおいても含量が低かった. 特に清酒の吟醸香である酢酸イソアミルやカプロン酸エチルをはじめ, 果実香を持つカプリン酸エチルやラウリン酸エチルが乏しく, 発酵終了醪を蒸溜したものは官能的にも華やかさのきわめて乏しいものであった. フーゼルアルコール量はトウモロコシとほぼ同等であった.

Table 2 に糖化ろ液の一般分析値, および発酵終了醪のアルコール度数を示した. 麦芽から得られた糖化ろ液中には FAN がきわめて多量に存在したが, 大麦とトウモロコシは同程度であった. また, Brix. および発酵終了醪の酵母数とアルコール度数には問題となるような大きな差はなかった.

生成酒中の含有量に差のあった酢酸イソアミルに関して考察を加えると, 一般に発酵醪中にイソアミルアルコールが多く存在すると, 酢酸イソアミルが増加すると言われている.¹⁶⁾ また, 発酵醪中の FAN, 特にロイシンが増加すると, イソアミルアルコール生成量が増加するとも言われているが, FAN 濃度が 200 ppm を超えるとむしろイソアミルアルコールの生成量は低下する.¹⁷⁾ 事実, Table 1 に示すように高濃度の FAN を含有する麦芽からの生成酒は FAN 量の少ない大麦

Table 1. Amounts of fusel alcohols and esters in the fermented mash from various materials (as 100% alcohol).

Material	80Barley	Malt	Maize
<i>n</i> -Propyl alcohol (ppm)	191	363	139
<i>i</i> -Butyl alcohol	239	173	245
<i>i</i> -Amyl alcohol	1095	860	1086
Ethyl acetate (ppm)	53	252	177
Ethyl caproate	1	4	7
Ethyl caprylate	2	9	9
Ethyl caprate	6	68	40
Ethyl laurate	3	71	37
<i>i</i> -Amyl acetate	1	6	7

やトウモロコシの糖化ろ液を発酵した生成酒よりイソアミルアルコール濃度はむしろ低くなっている. つまり, 生成酒中の酢酸イソアミルの量が大麦からのもののみ少ないのは, FAN やイソアミルアルコール量の多少によるものではなく, むしろ酵母中に存在する酢酸イソアミルの合成酵素であるアルコールアセチルトランスフェラーゼの活性が低いからではないかと思われた.

緒論で述べたように, 不飽和脂肪酸は酵母のエステル生成を強く抑制し, その影響は 2 重結合の数の多いものほど強い.⁸⁾ リノール酸は約 50 ppm で酵母の酢酸エチル, 酢酸イソアミルの生成量を半減させると報告されている.¹⁸⁾

つまり, 生成酒中の酢酸イソアミルやエチルエステル量の多少はアルコールアセチルトランスフェラーゼ, アルコールアシルトランスフェラーゼ, エステラーゼといった酵母中のエステル生成酵素の基質の多少によるものではなく, むしろ, その酵素活性の多少, つまり不飽和脂肪酸による酵素活性の阻害度合によるものと考えた方が妥当であると思われた.

また, 次項 Table 3 は, 80大麦から調整した糖化ろ液のみが多量の不飽和脂肪酸を含有していることを示している.

以上より, 大麦の製成酒が華やかさのきわめて乏しいものとなった原因のひとつは, 糖化ろ液中の成分の中でも不飽和脂肪酸の多さによるものではないかと考えられた. そして, 80大麦からエステルの香味豊かな製成酒を得るためには, 糖化ろ液中の不飽和脂肪酸を低減させることは不可欠であると考えられた. そこで製造工程中の不飽和脂肪酸の挙動特性などについてさらに検討を行った.

2. 糖化醪のろ過前後における脂肪酸含量の変化

80大麦, 麦芽, トウモロコシを原料に用いた糖化醪

Table 2. Analysis of the filtrate from saccharified mash and fermented mash.

Material	80Barley	Malt	Maize
Saccharified mash			
Brix. (w/w-%)	14.4	14.7	13.2
FAN*1 (ppm)	75	660	59
Fermented mash			
Cells ($\times 10^7$ cells/ml)	8.6	7.9	8.0
Alcohol (v/v-%)	7.6	6.1	7.4

*1 Free amino nitrogen.

Table 3. Amounts of free fatty acids in saccharified mash and filtrate.

Free fatty acid	80Barley			Malt			Maize		
	Before* ¹	After* ²	A/B* ³	Before	After	A/B	Before	After	A/B
C16:0* ⁴ (ppm)	214	43	0.20	622	5	0.01	193	1	0.01
C16:1	3	0	0.0	2	0	0.0	1	0	0.0
C18:0	8	1	0.13	32	0	0.0	10	0	0.0
C18:1	139	22	0.16	208	1	0.0	134	1	0.01
C18:2	489	74	0.15	1207	5	0.0	429	1	0.0
C18:3	31	4	0.13	144	1	0.0	20	0	0.0

*¹ Before filtration; concentration in the saccharified mash.*² After filtration; concentration in the filtrate.*³ After/Before.*⁴ C16:0 (palmitic), C16:1 (palmitoleic), C18:0 (stearic), C18:1 (oleic), C18:2 (linoleic), C18:3 (linolenic).

およびそのろ液中の脂肪酸含量を Table 3 に示した。

Table 3 においてろ過前の糖化醪中の脂肪酸量を比較すると、たとえば、脂肪酸の主要成分であるリノール酸 (C_{18:2}) が麦芽の場合 1207 ppm と80大麦の2倍以上、トウモロコシの約3倍の濃度を示すなど、全脂肪酸種にわたって、3者のなかで圧倒的に高い値を示した。ついで80大麦、トウモロコシの順であったが、両者間の含量には大きな差はなかった。

一方、ろ液中の含有量を比較すると、リノール酸に代表されるように、80大麦のみが高い値を示した。すなわち、80大麦では74 ppm と高かったが、麦芽、トウモロコシではそれぞれ5 ppm, 1 ppm と極端に低い

値であった。

つまり、ろ過前に多量の脂肪酸を含有していることは、糖化ろ液が多量の脂肪酸を含むことの直接の原因にはならないことが示されている。

また、糖化醪からろ液への移行率は、80大麦では醪中の脂肪酸の7分の1程度がろ液中に移行したのに対し、麦芽、トウモロコシはほとんど移行しなかった。

これらの事実から糖化醪中に多量の脂肪酸が存在していても、その大部分はろ過工程で系外に除去され、ろ液には移行しないが、80大麦の場合はそれらの除去効率が悪く、脂肪酸の液中への溶解、移行を助長する因子が80大麦の糖化醪中には存在しているのではない

Table 4. Concentrations of lipids in saccharified mash and filtrate.

Lipid	80Barley			Malt			Maize		
	Before* ⁶	After* ⁶	A/B* ⁶	Before	After	A/B	Before	After	A/B
Glycerides (μ mole-ester/ml-sample)									
TG* ¹	5.5	0.4	0.07	3.2	ND* ⁵	0.0	12.0	0.5	0.04
DG and MG* ²	1.6	0.5	0.31	1.5	ND	0.0	2.3	0.5	0.22
Total	7.1	0.9	0.13	4.7	ND	0.0	14.3	1.0	0.07
Phospholipids (ppm)									
LPC* ³	670	160	0.24	50	ND	0.0	190	ND	0.0
PC* ⁴	80	30	0.38	180	ND	0.0	60	ND	0.0
Total	750	190	0.25	230	ND	0.0	250	ND	0.0

*¹ Triglyceride.*² Di and Monoglyceride.*³ Lysophosphatidylcholine (Lysolecithin).*⁴ Phosphatidylcholine (Lecithin).*⁵ Not detected.*⁶ See Table 3.

かと考えられた。なお、全粒大麦を原料とした実験でも糖化ろ液中のリノール酸濃度は90 ppmに達し、外皮の一部を除去すること、つまり精白によりこの現象が起こるのではないことを確認している。

3. 糖化醪のろ過前後における脂質の変化

脂質のなかでもモノグリセリドは起泡剤や乳化剤として食品に一般的に使用されている。またリン脂質も天然の界面活性剤であり、特にリゾ体のリン脂質は高い界面活性を示すことで知られている。リゾレシチンの水溶液は重量に対して1/7のトリオレインを可溶化し、等量のモノステアリンを可溶化できると報告されている。¹⁹⁾そこで脂肪酸のろ液中への溶解、移行を助長する可能性のあるものとして、グリセリドおよびリン脂質に注目し、80大麦、麦芽、トウモロコシの糖化醪中、ろ液中の含量を測定、比較した。リン脂質は主成分のリゾレシチン(LPC)、レシチン(PC)を定量した。分析結果をTable 4に示す。

Table 4において、まず糖化醪中の濃度を比較すると、トウモロコシは多量のグリセリドを含有し、その合計量は、80大麦の約2倍、麦芽の約3倍に達した。リン脂質含有量は80大麦がもっとも多く、PC、LPC合計量で、トウモロコシ、または麦芽の約3倍含まれていた。次にろ液中濃度とろ過工程での移行率(ろ液中濃度/糖化醪中濃度=A/B)を比較した。グリセリドについてはろ液中濃度、ならびに移行率とも80大麦とトウモロコシに大差はなく、麦芽では検出されなかった。それに対し、リン脂質は麦芽、トウモロコシではろ液への移行が認められなかったが、80大麦ではPC、LPC合計で移行率で25%、濃度として190 μg/mlがろ液中に存在していた。つまり、80大麦は麦芽、トウモロコシに比べ、糖化ろ液中のリン脂質濃度が高く、

それは糖化醪中のリン脂質含有量が高いうえに、糖化ろ液中への移行率も高いためであると考えられた。一般に知られているリン脂質の物性から考察し、80大麦の場合、この高濃度のリン脂質が脂肪酸のろ液中への移行を助長しているのではないかと考えられた。

4. 脂質等が糖化ろ液中の脂肪酸含量に及ぼす影響

リン脂質が脂肪酸の移行に直接影響をあたえているかどうかを確認する一手段として蒸煮大麦の糖化開始時に通常糖化醪に含まれている量と同量、もしくは数倍の脂質を添加、激しく1分間攪拌した後、緩やかに攪拌しながら60°Cで120 min糖化、ろ紙No. 2でろ過し、ろ液中の脂肪酸量を定量した。具体的には脂肪酸としてオレイン酸(2000 ppm)、グリセリドとしてモノオレイン(4000 ppm)およびトリオレイン(4000 ppm)、リン脂質として卵黄PC(2000 ppm)およびLPC(1000 ppm)を添加した。また合成界面活性剤としてトリトン X-100 (Polyoxyethylene (10) Octylphenyl Ether 6000 ppm)も検討した。

分析値をTable 5に示した。グリセリドを添加した場合にはろ液中の不飽和脂肪酸量はほとんど変化しなかった。オレイン酸を添加した場合はろ液中のオレイン酸のみ若干増加したが、添加量からするとときわめて少量であり、他の脂肪酸はまったく変化しなかった。これに対して、リン脂質を添加した場合、特にLPCを添加した場合はリノール酸濃度で約4倍になった。さらに、合成の界面活性剤であるトリトン X-100を添加した場合もろ液中のリノール酸量は約6倍に達した。

添加した試薬PC、LPCはミドリ十字社製で純度はそれぞれ99%および98%以上である。またLPCは60°C 2時間では100%安定であり、卵黄LPCの構成

Table 5. Influence of various lipids on the concentration of free fatty acids in the filtrate from barley mash.

Lipid	Conc. (added)	*1 Free fatty acids in filtrate (ppm)					
		C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Control	0 ppm	37	1	2	11	57	2
Oleic acid	2000 ppm	38	6	2	73	60	8
Mono-olein	4000 ppm	27	0	0	11	38	8
Tri-olein	4000 ppm	36	6	2	11	58	7
Lecithin	2000 ppm	71	1	8	32	104	4
Lysolecithin	1000 ppm	153	1	18	36	194	10
Triton X-100	6000 ppm	176	2	10	61	333	18

*1 See Table 3.

Table 6. Fatty acid composition of LPC.

Material Fatty acid	From egg yolk	From barley
C16:0 ^{*1}	78%	34
C16:1	1	0
C18:0	18	1
C18:1	1	7
C18:2	1	57
C18:3	0	1

*¹ See Table 2.

脂肪酸組成と大麦 LPC のそれとの比較を Table 6 に示したが、まったく異なっている。したがって、添加した試薬 LPC がたとえ分解されてもリノール酸が増加することはない。

また、本実験では糖化開始時に試薬を添加しているが、糖化 2 時間経過後に LPC や Triton X-100 を添加しても、糖化ろ液中の脂肪酸量は糖化開始時に添加した場合と同レベルになった。

さらに糖化醪中の脂肪酸は固形分への吸着という形で系外に除去されるらしく、遠心分離した上澄中の脂肪酸も同様の傾向を示した。

以上の結果は、糖化醪中脂肪酸のろ液への移行に影響をあたえている因子はリン脂質、特に LPC である可能性を強く示唆している。

Table 7 はトウモロコシ糖化醪に 240 ppm~1000 ppm の LPC を添加した場合、ろ液中に脂肪酸が移行するかどうかについて検討したものである。コントロールでは糖化ろ液中にリノール酸が 1 ppm とほとんど検出されなかったが、LPC を 1000 ppm 添加した系では 70 ppm のリノール酸が存在していた。

Fig. 1 は一連の LPC 添加実験の糖化醪中およびろ液中の LPC 濃度をプロットしたものであるが、80 大麦、トウモロコシにかかわらず、糖化醪中 LPC 濃度

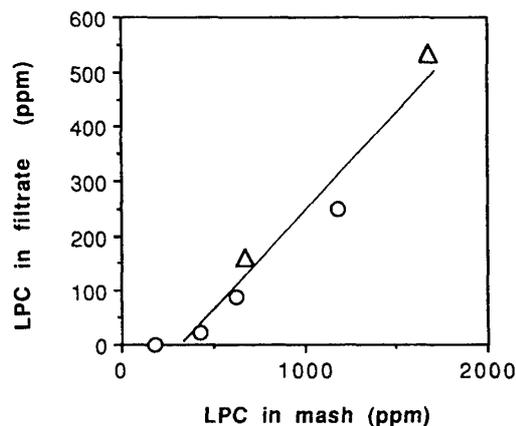


Fig. 1. Relationship between the LPC concentrations in the mash and filtrate. Symbols: ○, maize; △, barley.

が高いとろ液中 LPC 濃度も高くなること、糖化醪中 LPC 濃度が 300 ppm 程度以下であればろ液中に LPC がほとんど遊離しない可能性のあることを示している。

また Fig. 2 に糖化ろ液中 LPC とリノール酸濃度との関係を示した。明らかにろ液中 LPC 濃度が高いと、リノール酸濃度も高いことを示している。

以上の実験結果は界面活性をもつ穀物糖化醪中のリン脂質が脂肪酸の糖化醪から糖化ろ液中への移行を助長していることを強く示唆している。そしてその結果、糖化ろ液中に多量に含まれる不飽和脂肪酸が製成酒の香気を乏しいものとしている主要因のひとつではないかと考えられた。

以上、80 大麦の糖化醪中のリン脂質がろ液中の脂肪酸量に重大な影響を与えることが推察されたが、このことは、糖化醪中の LPC 量を低下させることが、エステル量の多い製成酒を得るのに有効な手段である可能性を示唆している。現在、そのような観点から製成酒中のエステル制御方法等について、詳細に検討中である。

Table 7. Influence of lysophosphatidylcholine on the concentration of free fatty acids in the filtrate from saccharified maize mash.

Lipid	Conc. (added)	* ¹ Free fatty acids in filtrate (ppm)					
		C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Control	0 ppm	2	1	1	1	1	1
Lysolecithin	240 ppm	12	1	1	7	14	1
	500 ppm	35	1	1	15	36	1
	1000 ppm	55	1	5	36	70	5

*¹ See Table 3.

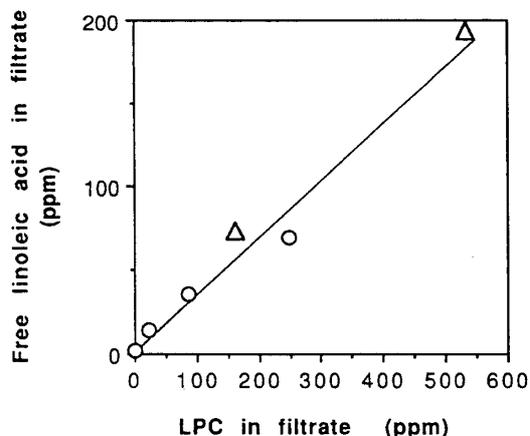


Fig. 2. Relationship between linoleic acid and LPC in the filtrate. Symbols: ○, maize; △, barley.

要 約

大麦（精白歩合80%）・麦芽・トウモロコシを原料に、製成酒中の香り成分に重大な影響を与える発酵醪中の不飽和脂肪酸量に関する因子について検討し、以下の知見を得た。

1) 大麦の糖化ろ液を発酵した製成酒中のエステルは麦芽、トウモロコシのものと比較しきわめて乏しかった。

2) 大麦の糖化ろ液中の不飽和脂肪酸量は麦芽・トウモロコシに比較して高く、これが大麦原料の製成酒中のエステル量が少ないことの主要因のひとつではないかと考えられた。

3) 糖化醪中の不飽和脂肪酸量はむしろ麦芽の方が多く、必ずしも糖化醪に含まれる不飽和脂肪酸量の多さがろ液中の不飽和脂肪酸量を決定するのではないことがわかった。

4) 大麦糖化醪はリン脂質を多く含有し、糖化ろ液中にも大麦原料のものは多量のリン脂質が含まれていた。

5) 大麦糖化工程で、リン脂質・界面活性剤を添加

したものは糖化ろ液中の不飽和脂肪酸量が大きく増加した。また、トウモロコシ糖化醪に添加した場合も同様に増加した。

6) 大麦を糖化ろ過した醪を発酵した製成酒は香りエステル量が少なく、官能的にも華やかさの乏しいものであったが、その原因は糖化醪中に多量に存在するリン脂質、特にリゾレンチンが糖化ろ液への不飽和脂肪酸の移行を助長し、その不飽和脂肪酸が酵母のエステル生成を抑制した結果であると考えられた。

文 献

- 1) 吉沢 淑：農化，50，115-119 (1976).
- 2) 吉沢 淑，石川雄章，野白喜久雄：農化，47，713-717 (1973).
- 3) 石川雄章，吉沢 淑：農化，48，337-341 (1974).
- 4) 吉沢 淑，蓮尾徹夫，石川雄章：醸協，75，432-435 (1980).
- 5) 石川雄章，吉沢 淑：醸酵工学，56，24-30 (1978).
- 6) 石川雄章，吉沢 淑：農化，48，657-662 (1974).
- 7) 石川雄章，吉沢 淑：農化，50，131-136 (1976).
- 8) Äyräpää, T., Lindstrom, I.: *Proceeding of European Brewery Convention Congress*, p. 271-283 (1973).
- 9) Yoshioka, K., Hashimoto, N.: *Agric. Biol. Chem.*, 45, 2183-2190 (1983).
- 10) 吉沢 淑：醸協，59，49-53 (1964).
- 11) *Analytica-EBC*, 4th edition (1987).
- 12) Masuda, M.: *J. Food Science*, 50, 264-265 (1985).
- 13) Bligh, E. G., Dyer, W. J.: *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911-917 (1959).
- 14) Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G. H.: *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509 (1957).
- 15) Snyder, F., Stephens, N.: *Biochem. Biophys. Acta*, 34, 244-245 (1954).
- 16) 栗田一秀：醸酵工学，67，105-117 (1989).
- 17) 秋田 修：醸協，84，739-745 (1989).
- 18) 坂口正明：バイオサイエンスとバイオインダストリー，10，32-36 (1989).
- 19) 藤田 哲：月刊フードケミカル，12，31-41 (1989).