

総 説

くん煙フレーバー研究の現状 (その2)

——くん煙成分をめぐる諸問題と今後の展望——

グエン・ヴァン・チュエン*・加藤 博 通**

Recent Studies on Smoke Flavor (Part II)

NGUYEN van CHUYEN* and Hiromichi KATO**

* Laboratory of Food & Nutritional Science, Obirin Junior College,
3758 Tokiwacho, Machida-shi, Tokyo, 194

** Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture,
The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi Bunkyo-ku, Tokyo 113

前回はくん煙, くん液の製造法および成分を中心に述べた¹⁾。前回も述べたようにくん製食品が一般に好まれるのは, 風味をはじめ貯蔵性が良好であるからである。その風味および優れた貯蔵性は, くん煙, くん液中の成分あるいはこれらと食品成分との相互反応によって形成されると考えられる。そこで今回はくん煙, くん液の性質, 味およびその相互反応について述べることにする。

1. くん煙およびくん液の成分の性質

くん煙, くん液の重要な性質は抗菌性, 抗酸化性またくん製食品に寄与する呈味性成分と考えられる。

(1) くん煙およびくん液の抗菌性

くん製食品の保存性が優れていることは昔から経験的に認められていた。くん煙, くん液中のホルムアルデヒド, フェノール性化合物および酸類等が抗菌性に寄与すると言われているが詳しい研究は少ない。くん煙によって保存性が改善されるのは少なくとも次のような理由によると考えられる。即ち (i) くん煙工程中に水分活性が低くなるので微生物の繁殖がしにくくなる (ii) くん煙またはくん液中の抗菌性成分がくん製食品に付着する, の2つである。

OLSEN²⁾ はくん液のフェノール性区分 45 ppm 濃度を添加することによって *Staphylococcus aureus* の誘導期

を伸ばすことができると報告した。

原木を用いた場合, 煙中の各成分濃度は次のようである³⁾: ホルムアルデヒド (25~40 ppm), 高級アルデヒド類 (140~180 ppm), ギ酸 (90~125 ppm), 酢酸および高級酸類 (460~500 ppm), フェノール類 (20~30 ppm), ケトン類 (190~200 ppm), 樹脂類 (1,000 ppm 以上)。これら成分の中でホルムアルデヒド, フェノール類および有機酸類は単独でも抗菌性を有することが知られている。さらにくん煙, くん液が強い抗菌性を示すのはこれらの成分の単独の作用よりも相乗効果によって強い抗菌性を発現することが最近明らかになった⁴⁾。

また, くん煙工程中に無芽胞細菌 (*Proteus vulgaris*, *Staphylococcus aureus*) は3時間以内にほとんどすべて死滅するが芽胞細菌に対しては十分な殺菌効果がないと言われている⁵⁾。

くん製食品の優れた保存性のもう1つの理由はくん煙によってくん製食品の表面には一種の樹脂膜が形成されることである。これはフェノール成分とアルデヒドとの反応によってできたものである。この樹脂膜は微生物による内部汚染を防止すると共に, 表面汚染菌に対してはくん製食品内部から溶出する水分, 栄養素などをシャ断することによって微生物の増殖を阻止すると考えられる。従ってくん製食品をカットまたはスライスすると保

* 桜美林短期大学家政科食品栄養学研究室 (〒194 東京都町田市常盤町 3758)

** 東京大学農学部農芸化学科 (〒113 東京都文京区弥生 1-1-1)

存性が著しく落ちることが知られている⁸⁾。

(2) くん煙およびくん液の抗酸化性

くん製食品の中にはハム、ベーコン、ソーセージ、魚類など、油脂含量が多いものも少なからずある。しかも、これらのくん製食品は一般的に酸化されにくいと言われている。これはくん製食品の中のいくつかの化合物が強い抗酸化性を有するからであると考えられる。LEA⁵⁾は無くん製とくん製ベーコンとの比較実験でくん煙が抗酸化性を有するという事実を初めて明らかにした。さらにその後の研究によって、くん煙、くん液中のフェノール性化合物が抗酸化作用を有することが明らかになった。即ち、くん煙中には約 50 種のフェノールが存在するが、TILGNER⁶⁾は代表的な 13 種のフェノールについてナタネ油に対して抗酸化性を調べた (表 1)。その結果、トリヒドロキシフェノール (ピロガロール、フロログルシノール) とジヒドロキシフェノール (カテコール) が強い抗酸化性を示した。また、モノヒドロキシフェノール [オルト-またはパラ-にアルキル基を有しているフェノール (*o*-クレゾール, *p*-クレゾール, *p*-エチルフェノール, 2,6-ジメチルフェノール)] は弱い抗酸化性を示した。フェノールおよびメタ-にアルキル基のあるモノヒドロキシフェノール (フェノール, *m*-クレゾール, 3,5-ジメチルフェノール) は抗酸化性を示さなかった。

表 1 精製ナタネ油 (純度 100%) に対するフェノール (0.01% 添加) の抗酸化性⁶⁾

フェノール	過酸化価 (me/kg) 50°C での保存時間 (h)	
	240	570
対照	97.6±2.8	634±5
フェノール	97.2±2.0	622±86
<i>o</i> -クレゾール	100.4±2.0	602±20
<i>m</i> -クレゾール	97.6±1.6	620±32
<i>p</i> -クレゾール	99.8±2.6	590±20
2,6-ジメチルフェノール	97.8±1.6	532±58
3,5-ジメチルフェノール	99.2±3.2	600±46
4-エチルフェノール	96.4±2.8	594±8
2,6- <i>tert</i> -ブチル- <i>p</i> -クレゾール	61.9±1.8	247±25
カテコール	74.8±1.0	119±16
ヒドロキノール	35.5±4.3	101±6
レゾールシノール	96.8±5.4	566±10
ピロガロール	14.0±1.8	53±11
フロログルシノール	76.0±2.4	129±10

フェノール添加前のナタネ油の過酸化価は 13.0 me/kg

ただし、フェノール, *m*-クレゾール, 3,5-ジメチルフェノールはナタネ油には抗酸化性を示さなかったがラードには弱い抗酸化性を示した⁶⁾。

一方, WATTS ら⁷⁾は 4 種類の市販くん液の抗酸化性について調べた。その結果, その一部には抗酸化性の弱いものもあったが強いものは 0.01% 濃度で充分抗酸化性を示すと報告した。またこれらのくん液はアスコルビン酸との相乗効果を示した。PIKIELNA⁹⁾は低沸点のものよりも高沸点のフェノール類の方が抗酸化性が強いと述べている。TILGNER⁸⁾はくん煙発生法—いぶり発煙法 (Smoulding), 摩擦発煙法 (Friction) および二段階発煙法 (Two-stage smoke producer)—と抗酸化性との関連を調べた。これらの方法によって生成したくん液は 7.5 mg/100 g ラードの条件下でも充分抗酸化性を示した。この 3 つの発生法の中で二段階発煙法が一番強い抗酸化性を示したという。

以上述べたようにくん煙, くん液の抗酸化性について, 種々の研究はあるが詳しい研究はあまり見られない。

(3) くん煙成分と味との関連

くん煙, くん液に対して製造法および化学的研究は多いがくん煙成分と味との関連に関する研究は少ない。

WASSERMAN⁹⁾は水と鉱油を溶媒としてくん煙, くん液中に主として含まれるグアヤコール, 4-メチルグアヤコール, 2,6-ジメトキシフェノールの官能検査を 27 人のパネルで行なった。その結果, この 3 つの成分の中でグアヤコールが一番低い平均閾値濃度 (Mean threshold concentration) を有しており, 2,6-ジメトキシフェノールが一番高い平均閾値を有していると報告した。即ち, この 3 つの成分のうちグアヤコールが一番くん煙の香りを連想させる成分という結果になる。しかし, この 3 つの成分を適当にまぜてみてもくん煙の独特な風味は得られなかった。ほとんどのパネルはこの 3 つの成分が甘い香りを有するが, 若干苦味を有すると述べている。

くん液の蒸留区分の中にこれらの成分を含めて主としてカルボニル化合物 24.6%, 酸類 39.9% およびフェノール類 15.7% が含まれている。BRATZLER¹⁰⁾は 30 人の信頼できるパネルを使って官能検査を行ない, 煙の各成分とパネルスコアとの相関係数を求めた。その結果, フェノール類では 0.81, カルボニル化合物では 0.37, 酸類では 0.32 の相関係数が得られ, この結果から香味成分としてはフェノール類が最も重要であることがわかった。

一方, くん煙, くん液中に多く含まれるフェノール類のうち, 中沸点フェノール類は最も風味に関与している

表 2 くん製食品のフェノール画分中の成分

Compounds*	Dried** Bonito	Pork Belly Sausage***	Bacon****
2-Hydroxy-3-methylcyclopent-2-en-1-one	+	+	+
Guaiacol	+	+	+
Phenol	+	+	+
2-Methoxy-4-methylphenol	+	+	+
3-Hydroxy-2-methyl-4-pyrone		+	
<i>o</i> -Cresol	+		+
<i>m</i> -Cresol	+	+	+
<i>p</i> -Cresol	+	+	+
2-Ethylphenol	+		
2,4-Dimethylphenol	+		
2,3-Dimethylphenol	+		
2,6-Dimethylphenol	+		
3,5-Dimethylphenol	+		
3,4-Dimethylphenol	+		
2,3,5-Trimethylphenol	+		
2-Methoxy-4-ethylphenol	+	+	+
2-Methoxy-4-propylphenol			+
2-Methoxy-4-allylphenol	+	+	+
2-Methoxy-4-vinylphenol		+	+
2-Methoxy-4-(Z)-propenylphenol		+	+
2,6-Dimethoxyphenol	+	+	+
2-Methoxy-4-(E)-propenylphenol		+	+
2,6-Dimethoxy-4-methylphenol	+	+	+
4-Vinylphenol	+		
2,6-Dimethoxy-4-ethylphenol	+	+	+
2,6-Dimethoxy-4-propylphenol			+
2,6-Dimethoxy-4-allylphenol		+	+
4-Hydroxy-3-methoxybenzaldehyde		+	
2,6-Dimethoxy-4-vinylphenol		+	
2,6-Dimethoxy-4-(Z)-propenylphenol		+	+
4'-Hydroxy-3'-methoxyacetophenone		+	
2,6-Dimethoxy-4-(E)-propenylphenol		+	+
4-Hydroxy-3,5-dimethoxybenzaldehyde		+	
4'-Hydroxy-3',5'-dimethoxyacetophenone		+	
4'-Hydroxy-3',5'-dimethoxypropiophenone		+	
3-(4'-Hydroxy-3'-methoxyphenyl)-2-propenal		+	
3-(4'-Hydroxy-3',5'-dimethoxyphenyl)-2-propenal		+	

* これらの化合物はすべてくん煙またはくん液中に見出されている。

** 文献番号 19, 24, 26, 27

*** 文献番号 31

**** 文献番号 32

と言われている。DOERR ら¹¹⁾ は 12 種類のフェノール類 (フェノール, *o*-クレゾール, *m*-クレゾール, *p*-クレゾール, *p*-エチルフェノール, グアヤコール, 4-メチルグアヤコール, 4-エチルグアヤコール, 4-プロピルグアヤコール, オイゲノール, シリンゴールおよび 4-メチルシリンゴール) について水と油に対する分配率をガスクロマトグラフィーで調べた。ほとんどのフェノール類は油の方に分配したがフェノール, クレゾールおよびシリンゴールは油よりも水の方へ分配した。この分配の違いが微妙に味に影響を与えていると考えられる。

TILGNER ら¹²⁾ は煙濃縮物中のフェノール区分の濃度が 0.023 ppm でくん煙の香気が感知され, 0.147 ppm で風味が感知されると報告した。また, 水溶液中ではフェノール区分を 0.24~0.009 ppm としたときに最も強い香味を発揮し, カルボニル区分, 酸区分では 33~75 ppm において優れた香味を呈すると報告している。

(4) くん煙成分とくん製食品成分との関連

くん製食品には独特な風味がある。この独特な風味は次の要素によって形成される, 即ち: (i) くん煙, くん液成分がくん製食品に浸透する (ii) くん煙, くん液成分と食品成分が反応して複合体が生成する (iii) くん煙工程中に食品の成分変化がおこる, 以上の 3 つである。これら 3 つの要素のうち (i) と (ii) はくん煙成分が重要な役割を果たしている。

日本の場合, くん製食品としての数量が多いものは水産物と畜産物であり, くん製乳製品などはわずかである。また世界的に見ても水産物のくん製品は歴史が古く, よく研究されているが畜産物のくん製品, 例えばハム, ベーコン, ソーセージなどについてはフレーバーの研究は比較的小さい。そこで, 以下に日本の代表的なくん製食品であるかつを節と外国で発展したハム, ベーコン, ソーセージなどのくん製食品とくん煙成分との関連を紹介したい。

i) かつを節とくん煙成分との関連

かつを節は日本の伝統的なくん製食品であって独特の風味を有する。そのうえ保存性も優れているので古くから一般に愛用されてきた。かつを節に関する研究は多く, 小幡ら¹³⁾, 西堀ら^{14)~19)}, 山西ら²⁰⁾, 野中ら²¹⁾, SASAKI ら^{22)~23)}, 金ら²⁴⁾, AISHIMA ら²⁵⁾, YAJIMA ら²⁶⁾ および IMAI ら²⁷⁾ はかつを節の香りについて研究し, 多数の成分を分離, 同定した。鴻巣ら^{28)~29)}, および藤田³⁰⁾ はかつを節の味についても調べている。

現在までにかつを節の香気成分として約 200 成分が同定, 確認され, それらの中で, フェノール性区分の化合

物および一部の中性化合物がかつを節の香りに寄与していると報告されている。しかもフェノール性化合物の中のほとんどがくん煙成分と同じなのでこれらの成分はくん煙あるいはくん液から由来した成分と考えられる。かつを節の中に同定されたフェノール性成分は表 2 に示した通りであるが, これらフェノール性成分はかつを節の味に決定的な影響を与えていると思われる。

ii) ハム, ベーコン, ソーセージとくん煙成分との関連

一方, 畜産物のくん製品の風味にもフェノール成分が深く関与していると報告されている。例えば LUSTRE ら³¹⁾ および KNOWLES ら³²⁾ はハムおよびベーコン, ソーセージから約 20 種のフェノール性成分を同定, 確認しており (表 2), その中で約 50% はグアヤコール, 4-メチルグアヤコール, シリンゴール, イソオイゲノール, 4-メチルシリンゴール等であった。また, LUSTRE ら³¹⁾ によるとカルボニル類や酸類よりもベーコンで言えばほとんどその表層にあるフェノール類の方が重要な因子だと言っている。さらに, BRATZLER¹⁰⁾ はくん製ボロナソーセージについてフェノール類, カルボニル類および酸類の浸透量と官能検査との関連を調べ, 外層が一番浸透量が多く, 風味も良好であると報告している。例えば 1.4~1.6 mm の外層ではフェノール類 2.04 mg/100 g, カルボニル類 1.17 mg/100 g, 酸類 5.48 mg/100 g であり, この部分の官能検査による評価点は 5.8 であった。一方, 中心部はフェノール類 0.12 mg/100 g, カルボニル類 1.05 mg/100 g, 酸類 8.72 mg/100 g でありその評価点は 2.9 であった。これらの結果からも, くん製食品の風味は外層部により多く存在する, フェノール類によるものであると言えよう。

2. くん煙成分と食品成分との相互反応

くん煙工程中あるいはくん液づけ工程中にくん煙成分と食品成分が反応することはよく知られている³³⁾。

RANDAL ら³⁴⁾ によるとタンパク質は加熱処理によって遊離 SH 基, アミノ態窒素, ニンヒドリン陽性物質が増加するが, くん煙処理によりこれらの成分は減少する。このことからくん煙処理することによってくん煙成分がタンパク質の官能基と反応することがわかる。くん製した豚肉タンパク質の溶解性および電気泳動の性質の変化についても RANDAL ら³⁵⁾ は調べた。その結果, くん煙処理した豚肉の低イオン強度で抽出されたタンパク質, 筋漿タンパク質, 可溶性繊維タンパク質および筋原繊維タンパク質は共に減少するが肉基質タンパク質は増加す

表3 くん煙、加熱による豚肉の各タンパク質区分の変化³⁴⁾

分 区	肉 の 状 態 (総窒素に占める%)		
	未処理	加熱	加 熱 く ん 煙
総 窒 素 量*	14.82	14.74	14.49
低イオン強度で抽出されたタンパク質	30.17	17.48	13.92
筋漿タンパク質	18.09	5.59	1.99
非タンパク質態窒素	11.89	12.08	11.93
可溶性繊維タンパク質	7.99	5.76	4.32
筋原繊維タンパク質	47.57	60.33	35.79
肉基質タンパク質	22.26	22.19	50.32

* 筋肉の乾物に占める%, くん煙および加熱条件:
60°C, 45% 湿度

ることが認められた(表3)。また電気泳動で調べた結果, くん煙処理によって多くのバンドが消失していることもわかった。これらの結果からくん煙成分は何んらかの型で豚肉タンパク質と反応したということが明らかになった。

DVORAK ら³⁶⁾ は牛および豚肉の筋肉タンパク質中のリジン残基とおが屑の煙の成分との反応について調べ, くん煙処理によりリジン残基が減少することを見出した。その原因としては煙成分のアルデヒド特にホルムアルデヒドがリジン残基と反応した結果, リジン残基の減少がおこると考えられた。CHEN ら³⁷⁾ は牛の腰肉のタンパク質とくん煙との反応で44%のリジンが減少することを報告した。これらの反応は上述の報告と同様にはほとんどアルデヒド類が関与していると推定されたが, フェノール性成分, 例えば *Coniferaldehyde*, *sinapaldehyde* もタンパク質と反応することを報告した。

HOLLENBECK³⁸⁾ はグリシンとくん煙中の主要なカルボニルとの反応をモデルとして調べた結果, グリオキサール, クロトンアルデヒド, ジヒドロキシアセトン, アセトアルデヒドおよびフルフラールなどがくん製食品の色の形成に寄与しているのではないかと推定した。即ち, くん煙工程を経てから低湿, 高温の条件下で放置すればくん製食品表面の着色が著しく進むが, 一方, 肉をくん液につけてもまたくん液中で加熱してもあまり色がつかない。このことからくん煙室内の温度, 湿度などの条件はくん製食品にとって決定的条件と言える。

フェノールは親油性の性質を持っているためにくん製

食品の油分に浸透されるがアルデヒド基を有するフェノール類以外はタンパク質と反応しないためくん製食品の色の形成にはあまり重要な役割を果たしていないと言われている³⁹⁾。ただし, 分子量約500以上のフェノール類は色の形成にある程度寄与していると言われている³⁹⁾。これらのフェノール類中に存在している多数の尿酸基がタンパク質との間に水素結合による架橋を作ると推定されている。ポリフェノール類は反応性が高く, 色の形成に寄与すると思われるが, ポリフェノールのくん製食品中での総含量は少ない。

くん煙およびくん液の成分と食品成分との反応に関する研究は最近多くなったが, 反応は複雑でその機構についてはまだよくわかっていない。

3. 今後のくん煙フレーバーに関する研究の課題

以上述べてきたように最近では分析技術の進歩と共にくん煙, くん液の成分がかなり分離, 同定されてきたし, くん煙成分の諸性質に関する研究も行なわれるようになってきた。しかし, くん煙成分のすべてが解明されたわけではないし, くん煙, くん液成分と食品成分との相互反応もあまり明らかにされていない。そこで, この問題をも含めて以下, 今後研究が望まれることについて列挙してみたい。

(1) くん煙成分の生成機構

くん煙, くん液の成分の数は現在では同定, 確認できた数だけでも200種以上ある。しかし, その生成機構についてはほとんどわかっていない。これまでに述べてきたようにくん煙, くん液成分の中には多数のフェノール性化合物が含まれており, これらのフェノールはほとんどリグニンの熱分解生成物と考えられている。また, 有機酸および中性成分は主としてヘミセルロース, セルロースから生成されると考えられる。しかし, それらの詳しい生成機構はまだよくわかっていないのが現状であり, その生成機構が解明されれば, くん煙, くん液の製造工程上の管理に大変役立つと考えられる。

(2) くん煙, くん液成分と食品成分との相互反応

前述したようにくん煙, くん液成分と食品成分との代表的な反応はタンパク質とカルボニル化合物との反応であるが, リジン残基の損失はよく研究されたものの, アミノ酸残基, ペプチド, タンパク質とくん煙成分との反応機構について詳しいデータはほとんどない。これらの問題について, 今後の研究が望まれる。

(3) くん煙の味

くん製食品は独特の香りと味を有するがその肉製品,

魚貝類、チーズなどそれぞれの風味は異なる。くん製食品の成分については研究報告は多いが味、特にくん煙成分との関連については比較的少ない。今後は成分そのもの、あるいは成分間反応によって生成された複合体の味、またくん煙成分と食品中の油脂との共存によって呈する味も解明する必要があるであろう。もし、これらの問題を明らかにすることができれば今後さらに良い製品が開発できると考えられる。

(4) 安全性

くん煙、くん液、またくん製食品の中には多くの多環芳香族化合物が存在しており、なかでも3,4-ベンツピレンやジベンツアントラセンなどは発がん性が強いと言われている。そのためにくん製食品を問題視する意見もある。しかし、実際には多環芳香族化合物はくん製食品中の含有量が若干多いということは事実だが、くん製食品中だけではなく、コーヒー、茶、野菜、魚貝類全般に含まれており、くん製食品だけを悪者扱いすることには問題がある。さらに現在の技術ではこの問題は解決できないことではない。例えば現実に岩垂⁴⁰⁾はくん液を使用することにより3,4-ベンツピレンをほとんど含まないかつを節を製造することに成功している。むしろ、くん製食品の安全性を問題にする場合には、単に多環芳香族化合物だけではなくくん煙、くん液中に多く含まれる多数のフェノール類、アルデヒド類およびメタノール等をも考慮しなければならない。そのために広い視点から長期的に安全性を調べたうえで、良質で安全なくん製食品をいかに作るかが今後の課題であろう。

(5) くん液の応用

本稿中にも述べたようにくん煙工程と比較してくん液を使った方が経済的であり、工程管理もしやすい。また多環芳香族化合物を減らすこともでき、大量生産方式にも向いている。その意味から、現実にアメリカおよびカナダではくん製肉のうち65%はくん液によって作られている³⁸⁾。

日本の場合はくん煙処理の場合と比較して、一般的にくん液を使ったものの方が風味は弱いと言われているためか肉製品、魚貝類、特にかつを節などはまだ主としてくん煙処理法である。従ってくん液をもっと応用するためにはもっと質の良いくん液を開発し、くん煙処理法によって作られたくん製品と比較しても遜色がないようにする必要があるであろう。

4. お わ り に

現在、くん煙法によって多種多様の、しかも多量のく

ん製食品が世界各地で生産されている。くん製食品は保存性が良くまた独特の風味を有しており一般の大衆に好まれていることは本稿に述べてきた通りである。従って、この優れた食品の一つであるくん製食品の今後の発展のためには、いかに良質でしかも安価な製品を作り出すかが課題であろう。現時点では、くん製品を作るにはくん液よりもくん煙処理の方が風味の良い製品ができることは事実である。しかし、くん煙処理法には多環芳香族炭化水素の残留、手間、価格などの問題があり、これらはおそらく解決することが困難な問題であろう。これに対してくん液の利用は比較的安価で安全性の高い製品を作ることのできる可能性がある。従って、技術的には風味の問題など難しい点もまだ残ってはいるが、今後はくん液によるくん製食品の製造が望まれる。この問題に答えるためにも今後さらにくん液に関する基礎、応用の多くの研究が必要であろう。

以上くん煙に関する研究の現状を2回にわたり紹介してきたが、わが国におけるくん煙工業は欧米に比較して発展途上の段階にあると考えられる。換言すれば大いに発展し得る余地があるのではないだろうか。この拙文が多少なりとも今後の発展のために御参考になれば幸いである。

文 献

- 1) グエン・ヴァン・チュエン・加藤博通：日食工誌，30，661 (1983)。
- 2) PIKIELNA, N. B.: *Pure & Appl. Chem.*, 49, 1667 (1977)。
- 3) 金子精一：ニューフード インダストリー，18，17 (1976)。
- 4) グエン・ヴァン・チュエン・加藤博通：日本農芸化学会 昭和 58 年度大会講演要旨集，p. 589，仙台 (1983)。
- 5) LEA, C. H.: *J. Soc. Chem. Ind.*, 58, 220 (1939)。
- 6) TILGNER D. J., DAUN H. and RUDNICKI, A.: *International Symposium for the Chemistry and Technology of Rapeseed Oil and other Cruciferae Oils*, Gdansk, Poland, p. 227 (1967)。
- 7) WATTS, B. M. and FAULKNER, M.: *Food Technol.*, 8, 158 (1954)。
- 8) TILGNER, D. J. and DAUN, H.: *Lebensm. Wiss. u. Technol.*, 3, 77 (1970)。
- 9) WASSERMAN, A. E.: *J. Food Sci.*, 31, 1005 (1966)。
- 10) BRATZLER, L. J., SPOONER, M. E., WEATHERSPOON, J. B. and MAXEY, J. A.: *J. Food Sci.*, 34, 146 (1969)。
- 11) DOERR, R. C. and FIDDLER, W.: *J. Agric Food*

- Chem.*, **18**, 937 (1970).
- 12) TILGNER, D. J., MILER, K., PROMINSKI, J. and DARNOWSKA, G.: *Bull. of Yugoslav Inst. of Meat Technol.*, **16**, 39 (1962).
- 13) 小幡彌太郎・俣野景典: 日水誌, **19**, 151 (1953).
- 14) 西堀幸吉: 日水誌, **31**, 41 (1965).
- 15) 西堀幸吉: 日水誌, **31**, 47 (1965).
- 16) 西堀幸吉・岡本清美: 日水誌, **37**, 610 (1971).
- 17) 西堀幸吉・岡本清美: 日水誌, **38**, 231 (1972).
- 18) 西堀幸吉・笠原賀代子: 日水誌, **41**, 1027 (1975).
- 19) 西堀幸吉・笠原賀代子: 日水誌, **44**, 389 (1978).
- 20) 山西 貞・小林彰夫・中山典子・仲宗根洋子: 農化, **40**, 311 (1966).
- 21) 野中順三九・川上晴雄・小泉千秋: 日水誌, **34**, 712 (1968).
- 22) SASAKI, S., ARAI, S., KATO, H. and FUJIMAKI, M.: *Agric. Biol. Chem.*, **33**, 270 (1969).
- 23) SASAKI, S., ARAI, S., KATO, H. and FUJIMAKI, M.: *Agric. Biol. Chem.*, **33**, 1037 (1969).
- 24) 金 和子・山西 貞・中谷陽一・松井知子: 農化, **45**, 328 (1971).
- 25) AISHIMA, T. and NOBUHARA, A.: *Agric. Biol. Chem.*, **41**, 1841 (1977).
- 26) YAJIMA, I., NAKAMURA, M., SAKAKIBARA, H., YANAI, T. and HAYASHI, K.: *Agric. Biol. Chem.*, **45**, 2761 (1981).
- 27) IMAI, H., AISHIMA, T. and NOBUHARA, A.: *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 419 (1982).
- 28) 鴻巣章二・橋本芳郎: 日水誌, **25**, 307 (1959).
- 29) 鴻巣章二・前田安彦・藤田孝夫: 日水誌, **26**, 45 (1960).
- 30) 藤田孝夫・橋本芳郎: 日水誌, **25**, 312 (1959).
- 31) LUSTRE, A. O. and ISSENBERG, P.: *J. Agric. Food Chem.*, **18**, 1056 (1970).
- 32) KNOWLES, M. E., GILBERT, J. and McWEENY, D. J.: *J. Sci. Food Agric.*, **26**, 189 (1975).
- 33) DAUN, H.: *Food Technol.*, **1979**, 66.
- 34) RANDAL, C. J. and BRATZLER, L. T.: *J. Food Sci.*, **35**, 248 (1970).
- 35) RANDAL, C. J. and BRATZLER, L. T.: *J. Food Sci.*, **35**, 245 (1970).
- 36) DVORAK, Z. and VOGNAROVA, I.: *J. Sci. Food Agric.*, **16**, 305 (1965).
- 37) CHEN, L. B. and ISSENBERG, P.: *J. Agric. Food Chem.*, **20**, 1113 (1972).
- 38) HOLLENBECK, C. M.: *Pure & Appl. Chem.*, **49**, 1687 (1977).
- 39) RUITER, A.: *Food Technol.*, **1979**, 54.
- 40) 岩垂莊二: 日本特許-1074231.

(昭和58年8月11日受理)