

中国の金華火腿製造における微生物機作

和久 豊・角田潔和・小泉武夫

中国の金華火腿製造における微生物機能

和久 豊*・角田潔和**・小泉武夫**

A Study on Jinhua Huotui in China

Yutaka WAGU*, Toshitaka KAKUTA** and Takeo KOIZUMI**

* Bio'c Co., Ltd., 111-1, Uchida Muro-cho, Toyohashi-shi, Aichi 441-8087

** Department of Fermentation Science, Tokyo University of Agriculture 1-1-1, Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502

1. はじめに

火腿 (Huotui) は、日本では通常中国ハムあるいは支那ハムと訳され、中国で生産されるハム類の総称とされているが、実際は一般的に知られている欧米風のハムとは製造法を異にする豚肉を原料とした肉塊製品の総称である。

中国には浙江、江蘇、雲南という3カ所の火腿名産地があり、各々、南腿、北腿、雲腿と称される^{1)~3)}。また、産地により地名を冠し、金華火腿 (浙江省)、宣威火腿 (雲南省)、威寧火腿 (貴州省)、安福火腿 (江西省)、安沢火腿 (山西省) などとも呼ばれる (図1)。その中でも南腿に分類される金華火腿は1915年のパナマ万国商品博覧会で1等賞、1924年西湖博覧会において商品品質特別賞、1981年には全国優良品博覧会で金賞を獲得する¹⁾⁴⁾など、品質的に優れ中国第1級の火腿とされている⁵⁾。用途は、強い旨味を生かしたスープのだしを中心に多くの高級料理の素材とされる。

金華火腿は食材として優れたものであるが、我が国への輸入は家畜伝染病予防法の関係で困難であり、最近まで市場で見ることが出来なかった。ここ1~2年の間に何らかの処理を施した金華火腿が輸入され、雑誌やテレビなどで紹介されるようになったが、まだまだ日本人にはなじみの薄い食品である。

金華火腿の製造上の特徴は、食肉加工品の製造工程中に一般に行われている保存性の向上を目的とした燻煙・加熱工程⁶⁾がなく、その代わりとして、微生物を生育させる工程が存在する点にある。これは食肉加工法として世界的にも極めて珍しい技術であるが、製造工程等は一切非公開とされ、中国本土においても学術的な検討はなされておらず、製造に関与する微生物などについては、全く解明されていなかった。

筆者らの1人小泉は1991年4月、中国浙江省杭州市より西北に200 km 程離れた義烏市付近の小さな村の金華火腿の製造現場を、外国人として初めて視察・調査を行い、その際、試験用として金華火腿製品を入手、日本に持ち帰った。

本稿では持ち帰った試料から明らかとなった金華火腿の品質特性、及び製造工程における微生物の働きについて検討した結果を紹介する。

2. 金華火腿の歴史

金華火腿 (以下、火腿) は、中国浙江省金華市付近で約800年前より製造されていたといわれており、最も古い製造方法の記述は明朝の嘉靖時代 (1522~1567年) に書かれた<浦江県志>にみることが出来る¹⁾。浙江省金華市が交通の不便な場所のため飼育した豚の運搬が困難であり、また、気候が温暖多湿なため肉が変質しやす

* 株式会社 Bio'c (〒441-8087 愛知県豊橋市牟呂町内田 111-1)

** 東京農業大学醸造科学科 (〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1)



図 1 中国における火腿の主要生産地

かったことなどから、農民が生肉の加工・保存法として考案したといわれている。

火腿の名前の由来は、赤身の部分が火のように赤いことから最初「火肉」と呼ばれていたものが、品質が極めて良いことから南宋高宗皇帝により、火腿と名付けられたとされるが、別の一説によると製造が開始された初期には塩漬・洗浄後に弱火で炙って乾燥したことから、「火腿」と呼ばれるようになったともいわれている。

火腿は味・香りともに優れており、また、貯蔵性が良く携帯に便利であるなどのことから、農家の自家消費や進物に留まらず、商品としても製造されるようになり、1932年には83.7万個が製造されたという記録が残っている。第2次世界大戦や中国革命などで生産は落ち込んでいたが、1950年に27万個、1980年に52.5万個が製造され¹⁾、年々製造量は増加している。

3. 火腿の製造方法

中国における豚の品種は約100種といわれるほど多いが、火腿製造に使用される豚は両鳥豚ソウウルトンに限られる。両鳥豚は小型の豚で、頭と尾部が黒くその他は白く、皮は薄く、骨は細く、肉質は良質で加工用の豚としては最適とされる¹⁾。両鳥豚は肉質を上げるため、干した茶がらや白菜などを乳酸・酪酸発酵させた飼料のみで飼育され、生後約6ヶ月で屠殺される。

火腿の製造方法概略を図2に示した。火腿の製造は冬に開始される。両鳥豚を屠殺・解体後、後肢の形を整え、重量の10～13%程度の塩をすり込む。4～5日おきに積み替えを行いながら、約2ヶ月間静置する。塩蔵後、残った塩や付着したほこりなどを水中で洗い取り、棚に

吊り下げ、乾燥を行う。乾燥後、部屋を移し棚に吊るす。約1週間で表面上に糸状菌を中心とした微生物の生育が観察され、4～5ヶ月で発酵を終了とする。表面の菌叢を簡単にふき取り、1日程日光で乾燥し、発酵中に滴下した油を表面に塗布後、製品として出荷される。

4. 火腿の成分⁶⁾

火腿は食品素材として優れているが、その成分については明らかにされていない。そこで最初に火腿成分の特徴を明らかにすることとした。

火腿の成分分析の結果を表1に示した。水分含量は23.9%、水分活性が0.80と共に低い値であった。これはドライソーセージと同程度の値⁷⁾⁸⁾であり、火腿が食肉加工品としては、低水分、低水分活性の食品である事が判明した。入手した火腿の重量は5.4kgであり、このような大きな肉塊の水分を極めて低いレベルまで減少させていることは注目に値する。

火腿のタンパク質含量は23.7%、脂質含量は44.3%と他の食肉加工品と比較すると脂質含量が高く、タンパク質含量がやや低くなっていた。この火腿の脂質含量が高くタンパク質が低い原因は両鳥豚という特殊な原料豚の成分組成によるものと推定される。

食塩含量は5.1%と高く、これは塩蔵が原因と考えられる。5-イノシン酸含量は447mg/100gと対照市販豚

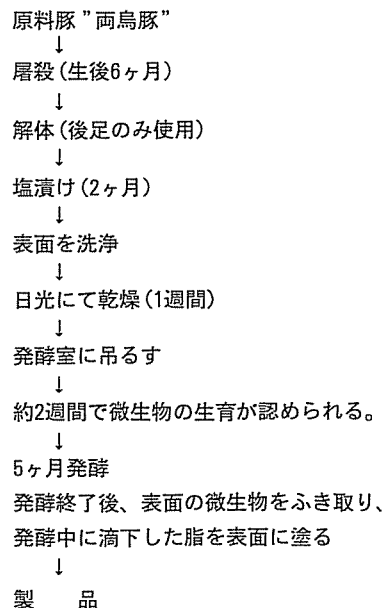


図 2 金華火腿の製造方法

もも肉に比べ約4倍（乾物換算1.7倍）多く含まれており、本食品が呈味性の高いことを示している。

アミノ酸の分析結果を、表2に示した。全アミノ酸量は、火腿が市販豚もも肉に比べ1.3倍、遊離アミノ酸含量は約1.6倍多くなっていた。遊離アミノ酸の中で注目されるのがグルタミン酸含量であり、火腿100gあたり464mgと、対照の41mgに比べ大きく増加していた。このように遊離アミノ酸、特にグルタミン酸含量が高く、さらに5'-イノシン酸が多く含まれていることは、

各々単独の旨味だけでなく、両者の相乗効果により呈味性が大きく向上する。このグルタミン酸、5'-イノシン酸含量が共に高いことが、火腿がだしなどに使用される大きな理由の一つと考えられる。

火腿脂質のケン化価、ヨウ素価、融点、及び脂肪酸組成を測定した結果を表3に示した。火腿の脂質はラードや牛脂に比べケン化価・ヨウ素価は高く、融点が低く

表2 金華火腿の全アミノ酸、遊離アミノ組成

pH		5.85
水分含量 (%)		23.9
水分活性		0.80
粗タンパク質 (%)		23.7
粗脂肪 (%)		44.3
灰分 (%)		6.1
5'-イノシン酸 (ppm)		447.1
Na (%)		2.0
Cl (%)		3.4
K (mg/100g)		455.2
P (mg/100g)		114.0
Ca (mg/100g)		22.6
Mg (mg/100g)		19.5
Zn (mg/100g)		3.8
Fe (mg/100g)		1.6
Cu (ppm)		1.03
Pb (ppm)		0.06
As* (ppm)		<0.1
Cd (ppm)		<0.01
Hg (ppm)		<0.01

	金華火腿		市販豚もも肉	
	①	②	①	②
Ile	930	144	791	54
Leu	1 641	240	1 342	89
Lys	1 764	28	1 388	105
Met	493	302	486	67
Cys	222	11	226	11
Phe	859	198	639	101
Tyr	667	76	528	102
Thr	907	182	687	69
Trp	271	17	190	16
Val	1 112	40	878	72
His	757	116	649	58
Arg	1 601	240	1 231	95
Ala	1 606	308	1 153	384
Asp	1 955	214	1 669	119
Glu	3 106	464	2 624	41
Gly	2 307	142	1 453	217
Pro	1 495	144	863	155
Ser	874	180	599	99
Total	22 567	3 046	17 396	1 854

(mg/100g)

①、全アミノ酸；②、遊離アミノ酸

* As, as As₂O₃

表3 金華火腿脂質の性質、及び脂肪酸組成 (%)

	ケン化価	ヨウ素価	融点	脂肪酸組成 (%)											
				C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{17:0}	C _{17:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:0}	C _{20:1}	C _{20:2}
金華火腿	202.9	57.0	20.0	1.8	25.1	3.2	0.2	0.2	11.3	48.2	8.0	0.9	0.1	0.8	0.2
豚脂	198.6	34.3	33.5	0.7	25.8	—	—	—	29.0	43.2	1.3	—	—	—	—
牛脂	189.2	38.6	41.5	0.1	32.0	—	—	—	28.1	38.5	1.2	—	—	—	—
オリーブ油	203.7	81.0	—	8.9	19.1	—	—	—	1.1	62.7	8.2	—	—	—	—

C_{14:0}, ミリスチン酸；C_{16:0}, パルミチン酸；C_{16:1}, パルミトオレイン酸；C_{17:0}, マーガリン酸；C_{17:1}, ペンタデセン酸；C_{18:0}, ステアリン酸；C_{18:1}, オレイン酸；C_{18:2}, リノール酸；C_{18:3}, リノレン酸；C_{20:0}, アラキン酸；C_{20:1}, ガドレイン酸；C_{20:2}, エイコサディエン酸

なっていた。脂肪酸組成では、火腿脂質からはパルミトレイン酸、リノレン酸などの対照市販豚肉からは検出されなかった脂肪酸を含めて 12 種類が検出され、対照に較べ構成脂肪酸の種類が多いことが判明した。また、不飽和脂肪酸構成比も対照に比べて高くなっていた。これらのことから、火腿脂質の融点が低い原因は通常の豚肉に較べ飽和脂肪酸含量が少なく、不飽和脂肪酸含量が多いためと考察した。

糸状菌の生産するマイコトキシンとして知られる 9 種類のマイコトキシン (アフラトキシン (G₁, G₂, B₁, B₂), オクラトキシン A, パツリン, ゼアラレノン, シトリニン, ステリグマトシステン) を液体クロマトグラフィー, ガスクロマトグラフィーを用いて検出を試みたが, いずれのマイコトキシンについても検出されなかった。

5. 微生物の分離と同定⁹⁾

火腿製造時の発酵工程に関与する微生物を明らかにするため、火腿から微生物の分離と同定を行った。

火腿表面を外もも、筋肉切断面、足先の 3 区分に分け、微生物を分離したところ、糸状菌が $5.0 \times 10^4 \sim 4.4 \times 10^6$ (単位: cfu/g, 以下同), 細菌が $2.6 \times 10^3 \sim 4.5 \times 10^5$, 酵母が $1.9 \times 10^3 \sim 6.5 \times 10^5$ の範囲で検出された。

糸状菌 249 株を純化し顕微鏡観察した結果、形態的には *Penicillium* 属, *Aspergillus* 属に属する菌種であった。そこで、各属ごとに 30 株を無作為に選び、成書^{10)~14)} に従い同定した。細菌、酵母については細菌 136 株、酵母 116 株を分離後純化し各々 30 株を無作為に選び、成書^{15)~17)} に従い同定を行った。

その結果、糸状菌では *Penicillium* 属 9 種, *Aspergillus* 属が 5 種, *Eurotium* 属 3 種, 細菌では *Bacillus*

属に属する 5 菌種, 酵母は *Debaryomyces* 属 1 菌種が同定された (表 4)。これらの中で同定された糸状菌はハム・ソーセージ¹⁸⁾, 発酵型サラミソーセージ¹⁹⁾²⁰⁾, 鰹節²⁰⁾²¹⁾ などから分離された菌種と近似しており、これらの菌種は肉基質に共通するものであると考えられた。

以上の通り、火腿からは糸状菌 (*Penicillium* 属, *Aspergillus* 属, *Eurotium* 属), 細菌 (*Bacillus* 属), 酵母 (*Debaryomyces* 属) の 5 属, 23 種が分離同定され、これらの菌種が発酵工程中に何らかの関与をしているものと推定した。また、このように偏った菌種のみが分離されたことは、基質が生肉であり、さらに食塩濃度が 5% と高く水分・水分活性が低いために、これらの条件で生育が可能な菌種^{15)23)~24)} が増殖したためと考えられる。

6. 分離微生物の酵素活性

前述のように火腿の成分形成には微生物が関係していると考えられる。そこで、分離された微生物の生産する酵素活性を測定し、火腿製造時に原料分解に関与する微生物を推定した。

分離糸状菌 249 株を用いて常法に従いフスマ麴を調整し、そのプロテアーゼ活性²⁵⁾ とリパーゼ活性²⁶⁾ を測定した。

プロテアーゼ活性は、*Aspergillus* 属が *Penicillium* 属に比べて高い傾向を示した。中でも *A. ochraceus* group のプロテアーゼ活性は強力であり、pH 6.0 における活性平均値が 363 unit と、特にプロテアーゼ活性が強力な対照株として使用した *A. oryzae* (濃口醤油醸造用) の同条件下におけるプロテアーゼ活性の 2 倍以上の高い値を示した。

リパーゼ活性は *Penicillium* 属が平均 3.8 unit と

表 4 金華火腿より分離した微生物の種類

糸状菌 (%)	糸状菌 (%)	細菌 (%)	酵母 (%)
<i>P. aurantiogriseum</i> 17.3	<i>A. ochraceus</i> 11.2	<i>B. brevis</i> 56.7	<i>D. hansenii</i> 100.0
<i>P. solitum</i> 11.6	<i>A. sydowii</i> 8.8	<i>B. coagulans</i> 20.0	
<i>P. implicatum</i> 7.6	<i>A. oryzae</i> 3.2	<i>B. polymaxa</i> 10.0	
<i>P. viridicatum</i> 7.6	<i>A. candidus</i> 1.6	<i>B. cereus</i> 10.0	
<i>P. fellutanum</i> 6.0	<i>A. versicolor</i> 0.8	<i>B. megaterium</i> 3.3	
<i>P. canescens</i> 2.0			
<i>P. echinulatum</i> 2.0	<i>E. repens</i> 6.8		
<i>P. raistrickii</i> 2.0	<i>E. amstelodami</i> 5.6		
<i>P. variable</i> 2.0	<i>E. rubrum</i> 3.6		

(%) は各種微生物の分離総数に対する構成比を表す。

総分離糸状菌数, 249 株; 分離細菌数, 136 株; 分離酵母数, 116 株

Aspergillus 属に比べて高く、その中にはリパーゼが強力な比較対照株として使用した *E. repens* (経節製造に使用) に比べ 1.4 倍のリパーゼ活性を有する菌種も存在した。

細菌、酵母におけるプロテアーゼ活性とリパーゼ活性は、カゼイン、ラード、でんぷんなどを含む液体培地及び寒天培地²⁰⁾²¹⁾を用いて、各酵素を生産することが知られている既知微生物を対照に検討を行ったが、ほとんど活性は認められなかった。

以上の結果から火腿製造時に関与している微生物は糸状菌であり、その中でもタンパク質分解に関与しているのは *Aspergillus* 属、脂肪の分解には、*Penicillium* 属が主体になって作用しているものと推定した。

7. *P. solitum* A-51 の生成するリパーゼの精製と諸性質

前項の通り、火腿から分離された糸状菌の中に高リパーゼ生産菌が認められた。そこで、リパーゼ活性が最も強力な *P. solitum* A-51 の生成するリパーゼを精製、諸性質について検討を行った。

培養濾液を、イオン交換クロマトグラフィーで分画したところ、2画分にリパーゼ活性(溶出順にリパーゼ I, II)が認められた。リパーゼ I・II の分子量は 120 000, 70 000 となり、両酵素ともモノマー酵素と考えられた。等電点は、リパーゼ I は 4.3, リパーゼ II が 8.7 と大きく異なっていた。糸状菌によるリパーゼの多形生産については、詳細な検討^{27)~29)}がなされているが、いずれも比較的近い等電点であることが報告されており、酸性側とアルカリ側に大きく隔たる例は示されていない。今回の結果は、糸状菌によるリパーゼの多形生産での新しい知見が得られたと考えている。

至適 pH はリパーゼ I は 5.0, リパーゼ II は 8.0 であり、至適温度はリパーゼ I・リパーゼ II とともに 40°C であった。また、酵素としての安定性はリパーゼ I が、pH 4.0~7.0, 60°C 以下、リパーゼ II は pH 7.0~9.0, 40°C 以下であった。

阻害剤、金属イオンの影響を調べた結果、リパーゼ I については金属酵素、リパーゼ II は SH 酵素であり、かつ、銅酵素であると推察した。

天然脂質の分解性を検討した結果、リパーゼ I, リパーゼ II は 4 種類の天然脂質の中でラードを最も良く分解し、市販リパーゼ製剤 (*Aspergillus* 起源) に比べリパーゼ I で約 2.7 倍、リパーゼ II で約 4.5 倍の高い分解率を示し、両酵素ともラードに対する親和性が高いこと

が判明した(表 5)。このように火腿から分離した糸状菌の生産するリパーゼは豚脂の分解に適した性質を有しており、糸状菌が製造工程における脂質分解に関与していることが強く示唆された。

8. *Aspergillus ochraceus* A-166 の生成するプロテアーゼの精製と諸性質³⁰⁾

プロテアーゼ活性が強力であった、*A. ochraceus* A-166 株のフスマ培養物よりプロテアーゼの精製を行い、諸性質の検討を行った。イオン交換クロマトグラフィーを行ったところ、2種類のプロテアーゼ (I, II) の存在が認められた。

プロテアーゼ I・II の分子量は SDS-PEGE 法により、49 000, 33 000 と推定された。また、等電点はプロテアーゼ I が 4.1, プロテアーゼ II が 3.1 であった。至適 pH はプロテアーゼ I は 7.0, プロテアーゼ II は 8.0, 至適温度はプロテアーゼ I・II とともに 50°C であった。プロテアーゼ I が、pH 6.0~7.5, プロテアーゼ II は pH 6.5~8.0 で安定であり、両酵素とも 40°C 以上では急激に失活した。金属イオン、阻害剤の影響を検討した結果、プロテアーゼ I は金属プロテアーゼ、プロテアーゼ II はセリンプロテアーゼと推定された。

9. 火腿中に含まれる抗酸化物質

火腿は脂質含量が高いにもかかわらず保存性に富んだ食品であることから、高い抗酸化性を有することが推定される。そこで火腿の抗酸化性について検討を行った。まず、火腿各部位の抗酸化性³¹⁾³²⁾を測定したところ、表面部位に高い活性が認められ、抗酸化物質の生成に微生物が関与している事が示唆された。

次に火腿表面より抽出した溶液を Sephadex G-15 を

表 5 *P. solitum* A-51 株のリパーゼ I, II の脂質分解活性及び Km

基 質	相対活性 (%)			Km	
	I	II	対照	I	II
Lard	22.2	37.5	8.3	1.3	0.9
Beef tallow	11.1	25.0	16.7	1.8	1.4
Olive oil	8.5	28.9	43.2		
Soybean oil	11.7	30.2	32.5		
4-MU	100.0	100.0	100.0	0.9	0.5

対照、市販リパーゼ製剤; 4-MU, 4-methylumbelliferyl oleate

用いたゲルクロマトグラフィーにより分画したところ、2画分に抗酸化性が認められた。その内、活性の高い活性区分の分子量は溶出時期より1500程度と推定され、100°C 2時間の加熱処理後も活性を保持していた。また、この活性区分は、 α -トコフェノール10000~20000 ppmと同程度の高い抗酸化性を示した。呈色反応を用いた定性試験の結果から、これに含まれる抗酸化物質はフェノールカルボン酸類似物質と推定され、既知の抗酸化物質の中ではフェルラ酸、プロトカテク酸などの構造に近いと考えられる。この内プロトカテク酸は *Aspergillus oryzae*^{33,34)}, *Neurospora crassa*³⁵⁾, *Penicillium* sp.³⁶⁾ など、多くの糸状菌で生成が報告されている。

このように火腿に含まれる抗酸化物質の活性は強力であり、食品などへの応用も考えられる。火腿が800年の歴史を有する食品であることから、この抗酸化物質が人体に無害と考えられる点や、糸状菌が生産していると推定されることから、安価な基質原料の選択や生産条件検討などにより収量の増大が望めるなどの点で植物由来の抗酸化物質に比べ有利であるといえる。

10. 豚肉上における分離微生物の役割

火腿製造における微生物の役割を明確にするため、分離微生物を豚もも肉に接種しその増殖特性を検討した。

火腿の製造では豚もも肉を塩漬後、日光に当てて乾燥後発酵工程に入るが、この時の条件は明らかにされていない。そこで、予備試験の結果から得られた、火腿製造に中心的な役割を果たしていると考えられる糸状菌を接種・培養した時に、腐敗臭が発生しない条件(水分60%以下、水分活性0.9以下)になるように塩漬乾燥工程を設定した。豚肉の塩漬・乾燥条件を図3に示す。なお、用いた微生物は火腿から分離した、糸状菌4株(*P. aurantiogriseum*, *P. solitum*, *A. ochraceus*, *E. repens*)、

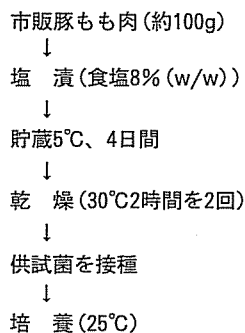


図3 試作試験における豚もも肉の乾燥・培養条件

表6 金華火腿より分離した微生物を豚肉上で生育させた時の状態

接種菌種	におい	ネトの発生	食塩の析出
糸状菌	○	—	—
細菌	×*	+	+
酵母	×*	+	+

*: アンモニア臭

培養条件: 25°C, 10日間

糸状菌は *P. aurantiogriseum* A-17, *P. solitum* A-51, *A. ochraceus* A-166, *E. repens* A-243 の4種, 細菌は *B. brevis* B-3, B-61, *B. coagulans* B-108 の3種, 酵母は *D. hansenii* Y-14, Y-47 の2種, 計9種類を使用した。

細菌3株 (*B. brevis*, *B. coagulans*), 酵母2株 (*D. hansenii*) 計9株である。

供試微生物を接種し、25°Cで10日間放置した時の豚もも肉の状態を表6に示した。糸状菌接種区分では豚もも肉全体に糸状菌が繁殖し、腐敗臭の発生や食塩の析出は認められなかった。細菌・酵母接種及び無接種区分では異臭やネトの発生が認められ、過度の乾燥による食塩の析出も観察された。このように細菌や酵母の生育が困難な水分含量・水分活性にもかかわらず細菌が増殖したのは、使用した豚もも肉の乾燥が均一に出来ておらず、部分的に水分含量の高くなっていたためと推測された。本試験のように100g程度を用いた場合でも乾燥ムラが生じていることは、豚後肢から火腿を製造する難しさを示すものといえる。また、糸状菌を接種した場合にはネトや異臭が発生しない事実は、製造に糸状菌が深く関与しているためと考えられる。以上、これらの結果から乾燥肉基質に旺盛に生育し、食品として正常に働く微生物は糸状菌であると結論した。

そこで、糸状菌の作用について検討を行った。水分含量・水分活性の変化を図4に示した。水分含量・水分活性の減少には *E. repens* が最も効果的であった。

遊離アミノ酸・グルタミン酸量の変化を図5に示した。強力なプロテアーゼ活性を持つ *A. ochraceus* の遊離アミノ酸生成能は高く、発酵28日目まで3.0倍、グルタミン酸量は2.2倍に増加していた。また、*P. aurantiogriseum* や *P. solitum* でも遊離アミノ酸・グルタミン酸量は増加しており、これらの菌種も遊離アミノ酸の生成に関与していることが判明した。

脂質含量の変化を図6に示した。使用した4種類の糸状菌はいずれも脂質を減少させたが、特にその中でも、

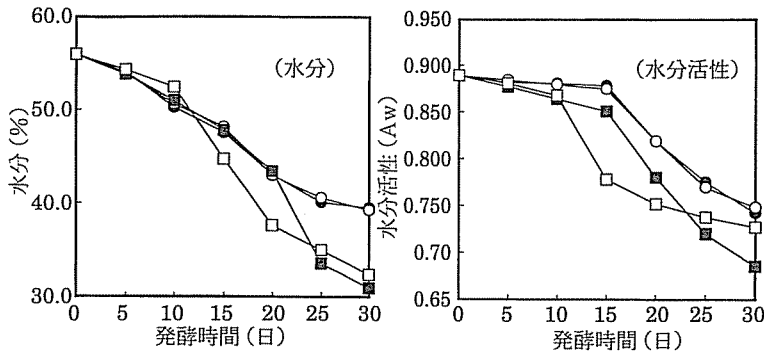


図 4 糸状菌による豚もも肉発酵中の水分と水分含量の変化
 —●—, *P. aurantiogriseum* A-17; —○—, *P. solitum* A-51; —■—, *A. ochraceus* A-166; —□—, *E. repens* A-243

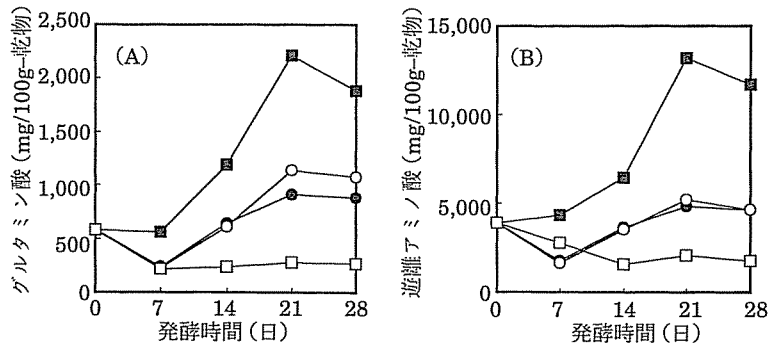


図 5 糸状菌による豚もも肉発酵中のグルタミン酸 (A) と遊離アミノ酸 (B) の変化
 —●—, *P. aurantiogriseum* A-17; —○—, *P. solitum* A-51; —■—, *A. ochraceus* A-166; —□—, *E. repens* A-243

強力なリパーゼ活性を持つ *P. solitum* は強い脂質含量低下作用を有し、40 日間で乾物重量あたり脂質含量が 50% 減少した。

なお、火腿のもつ抗酸化性については、その後の検討で *P. aurantiogriseum* や *A. ochraceus*³⁷⁾ などの菌種が抗酸化物質を生産することなどが判明し、引き続き詳細な検討を進めている。

以上の結果を踏まえ、火腿製造における微生物の作用機作について以下のように考察した。塩漬乾燥によって水分 60% (水分活性 0.8) 程度まで乾燥した豚肉においては、低水分、低水分活性で生育可能な糸状菌 (*Penicillium* 属, *Aspergillus* 属, *Eurotium* 属) が優先的に増殖する。発酵開始時期が気温が低い時期であることもこれら糸状菌の生育に有利な条件となる。生育する糸状菌の中で *E. repens* は水分、水分活性を低下させ、*A.*

ochraceus はタンパク質を分解し、アミノ酸を遊離させる。この遊離アミノ酸は水分活性低下にも働く。さらにリパーゼ活性の強力な *P. solitum* などを中心となって脂質を分解していく。脂質が分解されることによりそれに覆われている筋肉部が露出し、水分の減少を助長させる (図 7)。

このように火腿の特徴である ① 低水分・低水分活性、② 遊離アミノ酸・グルタミン酸含量が多い、③ 抗酸化性を有する、などの特徴は一種類の菌種により形成されるのではなく、複数の菌種の作用により構成されると結論した。また、発酵食品の製造時に複数の糸状菌が関与する発酵は今まで知られておらず、火腿は新しいタイプの発酵食品であることが判明した。

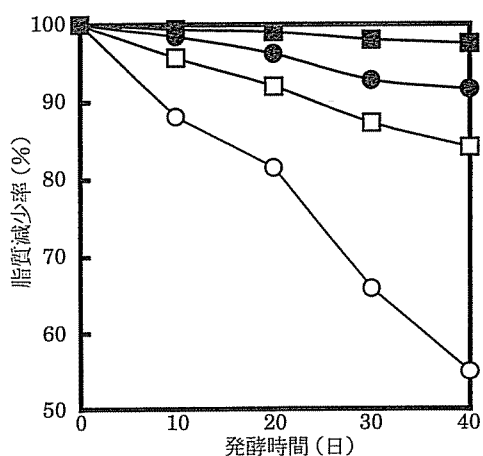


図 6 糸状菌による豚もも肉の脂質含量の変化
 ●—●—, *P. aurantiigriseum* A-17; ○—○—, *P. solitum* A-51
 ■—■—, *A. ochraceus* A-166; □—□—, *E. repens* A-243

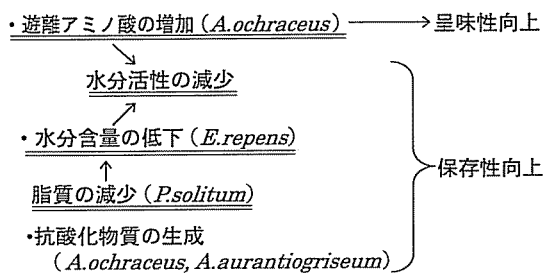


図 7 火腿製造における糸状菌の役割

11. おわりに

金華火腿という中国発酵食品の製造過程に関与する微生物の働きを知ることを目的に検討を重ねるうちに、金華火腿の特徴形成に複数の糸状菌が関与するという、極めて珍しい製造プロセスを知ることが出来た。今後は今回の知見をもとに、使用菌種や詳細な発酵条件、さらに使用する肉の処理方法などの検討を行い、新しい調味料などの製造に応用していきたいと考えている。

今回研究対象とした金華火腿は広い中国で製造される数多い火腿の中の一種類であり、他にも多くの種類の火腿が存在している。各々特徴のある方法で製造されると聞かすが、金華火腿同様詳細な製造方法は明らかにされていない。今後、それらの火腿についても研究が進む

ことで、新しい微生物や作用機作などの発見や、新しい食品開発のヒントが得られることを期待している。

文 献

- 1) 劉錫 緞編：中国实用養豚学，河南科学技術出版社，p. 587 (1990)。
- 2) 上海辞典出版社編：食品辞典，上海辞典出版社，p. 74 (1991)。
- 3) 林 正秋編：中国飲食大事典，浙江大学出版社，p. 113 (1991)。
- 4) 河北省食品研究所，中国食品出版社辞書編集部編：中華食品工業大事典，p. 395 (1989)。
- 5) 洪 光住監修：中国食物辞典，(株)柴田書店，p. 281 (1990)。
- 6) 和久 豊・角田潔和・進藤 齊・小泉武夫：日本食品工業学会誌，41，921 (1994)。
- 7) 香川 綾監修：「四訂」食品分析表，女子栄養大学出版部，p. 124 (1992)。
- 8) 天野慶之ら編：食肉加工ハンドブック，(株)光琳，p. 637 (1980)。
- 9) 和久 豊・角田潔和・進藤 齊・小泉武夫：日本食品工業学会誌，43，796 (1996)。
- 10) PITT, J.I.: The Genus *Penicillium* and its Teleomorphic States *Eupenicillium* and *Talaromyces*, Academic Press, London. (1979)。
- 11) PITT, J.I.: A Laboratory Guide to Common *Penicillium* Species, C.S.I.R.O., Division of Food Processing, North Ryde, Australia, (1988)。
- 12) RAPER, K.B., FENNEL, D.I.: THE GENUS *Aspergillus*, Williams and Wilkins, (1965)。
- 13) KILCH, M.A. and PITT, J.: A Laboratory Guide to Common *Aspergillus* Species and Their Teleomorphs, C.S.I.R.O., Division of Food Processing, North Ryde, Australia, (1988)。
- 14) KOZAKIEWICS, Z.: *Aspergillus* species on stored products, C, A, B International, Oxford, UK, (1989)。
- 15) GARVIE, E., KANDLER, O. and WEISS, N.: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Vol. 2, The Williams & Wilkins CO., Baltimore (1986)。
- 16) KREGER-VAN RIJ, J.N.J.W.: The yeasts, A taxonomic study, 3rd ed. Elsevier Science publishers, Amsterdam, Netherland (1984)。
- 17) 飯塚 広・後藤昭二：「酵母の分類同定法」，東京大学出版会，(1977)。
- 18) SUTIC, M., AYRES, J.C. and KOEHLER, P.E.: *Appl. Microbiol.*, 23, 656 (1972)。
- 19) 高鳥浩介，食衛誌，16，307 (1975)。
- 20) CIEGLER, A., MINTZLAFF, H.-J., WEOISLEDER, D. and LEISTNER, L.: *Appl. Microbiol.*, 24, 114 (1972)。

- 21) 宇田川俊一・椿 啓介・堀江義一・三浦宏一郎・箕浦久兵衛・山崎幹男・横山竜夫・渡辺昌平：菌類図鑑，(上) 講談社，(1978).
- 22) 谷川英一・坂井 稔：水産微生物学，恒星社厚生閣，(1960).
- 23) TROLLER, J.A. and CHRISTIAN, J.H.B.：食品と水分活性，学会出版センター，(1993).
- 24) 金子精一：New Food Industry, 13, 102 (1971).
- 25) 注解編集委員会編：第3回改定国税庁所定分析法，日本醸造協会，p. 222 (1974).
- 26) 町田晴夫・東 俊彦・山田浩一：醸協誌，22, 427 (1964).
- 27) NAGAOKA, K. and YAMADA, Y.：Agric. Biol. Chem., 37, 2791 (1973).
- 28) IWAI, M., OKUMURA, S. and TSUJISAKA, Y.：Agric. Biol. Chem., 39, 1063 (1975).
- 29) IWAI, M. and TSUJISAKA, Y.：Agric. Biol. Chem., 38, 1249 (1974).
- 30) 角田潔和・和久 豊・岡田俊樹・進藤 齊・吉澤淑・小泉武夫：東京農業大学農学集報，42, 266 (1998).
- 31) TAMURA, H. and YAMAGAMI, A.：J. Agric. Food Chem., 42, 1612 (1994).
- 32) OHKAWA, H., OHISHI, N. and YAGI, K.：J. Lipid Res., 19, 1053 (1978).
- 33) 備前次雄・原 昌道・大場俊輝・村上英也・菅間誠之助：発工，50, 710 (1972).
- 34) 片桐英雄・北原覚雄：京都大学農学部紀要，26, 1 (1933).
- 35) TATUM, E.L., GROSS, S.R. and EHRESVARD, G.：Pro. Natl. Acad. Sci., U.S., 40, 271, (1954).
- 36) T. AOYAMA, Y. NAKAKITA, M. NAKAGAWA and H. SAKAI：Agr. Biol. Chem., 46, 2369 (1982).
- 37) 近野正司・阪口あゆ子・進藤 齊・和久 豊・角田潔和・吉澤 淑・小泉武夫：平成10年度日本生物工学会大会講演要旨集. p. 234 (1998).

(平成11年10月7日受理)