

アサマNEWS

パート

2001-9 No.84

食品衛生 講座

食品加工と微生物 その7 食肉・食肉製品の微生物危害と その制御(1)

平安時代に途絶えた肉食の習慣

石器時代の遺跡から牛の骨が出てくることや、銅鐸の文様に獵人が描かれていることなどから、わが国でも古くは肉食の習慣があったらしい。しかしこのような習慣はしだいに衰退していった。一つは仏教の殺生戒の影響が大きい。また奈良時代には食肉禁止令が出されており、農耕生産が中心のわが国では、農耕や運搬用の役獣を食用にすることは生産効率の面からも避けざるを得なかったためであろう。800年代はじめの書物に、農民が牛の肉を食べている話が書かれているそうであるが、肉食の習慣はしだいに衰退していった。

わが国で、再び牛を食べることが次第に一般化していったのは、明治維新以降、欧米の肉食文化が移入されるようになってからである。文明開化運動の安愚楽鍋はその代表である。

栄養価の高い食品として普及していった食肉・食肉製品

図1は昭和35年度から平成10年度までの38年間の国民1人・1日当たりの供給タンパク質の変化¹⁾をみたもので

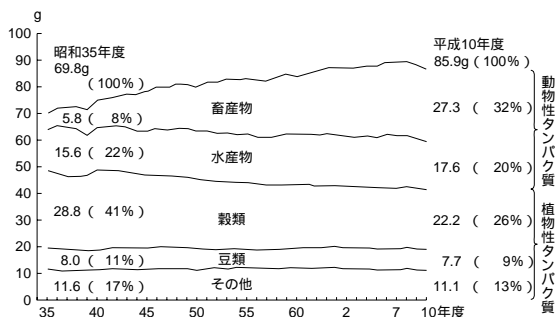


図1. 国民1人・1日当たり供給タンパク質の推移

ある。植物タンパク質の中では穀類が28.8gから22.2gに減少しており、一方動物タンパク質は21.4gから44.9gと倍増している。水産物はこの38年間ほぼ変わらないのに対して、畜産物の増加が著しい。

このような食肉消費量の増加分は輸入牛肉の増加によるところが大きい。とくに牛肉の輸入自由化によってそ

の傾向に拍車がかかっている。1995年の統計²⁾では、わが国の牛肉の生産量は約60万トン、輸入量は93万トン、豚肉の生産量は約132万トン、輸入量は83万トンであり、いずれも5年前に比べて輸入量が急増している。これらのほか、馬肉が3.1万トン、羊・山羊肉が8.4万トン輸入されている。

牛肉の輸入はオーストラリア(31万トン)、アメリカ(30万トン)からが圧倒的に多い。また豚肉は台湾(27万トン)、デンマーク(13万トン)、アメリカ(11万トン)からの輸入が多い。

このような食肉消費の増加は食肉製品の生産量にも反映しており、昭和40年には13.6万トンであった生産量が、昭和50年には29.9万トン、昭和60年には46.6万トン、平成7年には55.4万トンというように急増している。平成7年の内訳を見ると、ハムが16.7万トン、ベーコンが7.7万トン、ソーセージが31.0万トンで、ソーセージのうちウィンナーソーセージが4割近くを占めている。

子供に人気の高い肉料理

食肉・食肉製品がこのように増加してきた背景には、欧風の肉食生活へのあこがれや嗜好性の点もあるが、戦後、食肉が栄養成分に優れているという考えが学校教育などを通じて普及した影響が大きいと思われる。食肉が栄養に優れているという考えは、江戸時代にも散見し、たとえば、近江牛の味噌漬けを井伊家が将軍家に献納し、将軍家ではこれを菜食(栄養食)とって食べていたといわれ、このような習慣は日本各地であったらしい(樋口清之氏による)。ビタミンやミネラルの給源としても優れていることが当時から経験的に知られていたであろう。

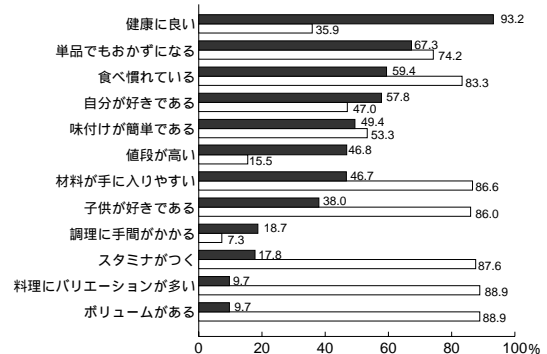


図2. 魚料理・肉料理の評価(大日本水産会)
(関東の小学校4・5年生の保護者1335名のアンケート)

図2は魚料理と肉料理に対するアンケート結果¹⁾をまとめたものである。食肉は子供に人気があり、また、「スタミナがつく」、「材料が手に入りやすい」、「料理にバリエーションが多い」、「ボリュームがある」などの点で魚料理より評価が高い。

食肉は微生物汚染を受けやすい

食肉の内部は本来無菌であるが、体表やそれに固着した糞便、腸管内容物などには多数の微生物が存在している。したがって、食肉はと殺後に、これらによって汚染されやすく、さらに処理工程の様々な器具（カッター、ナイフ、ローラ、滑り台、手袋など）や洗浄水、壁などによっても汚染を受ける。図3にと殺処理工程における主な汚染要因³⁾を示す。

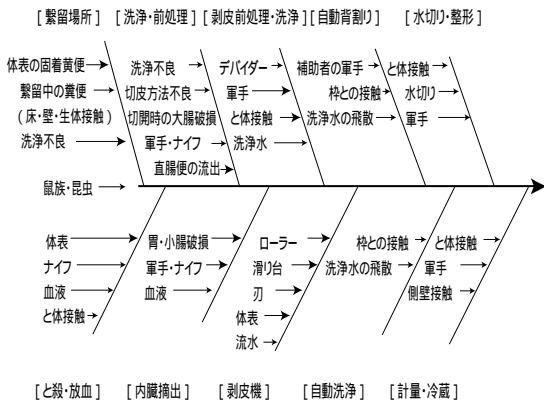


図3. と畜処理工程における汚染要因（豚）

表¹⁴⁾は剥皮を手作業で行った場合と機械で行った場合の付着細菌数の違いを示したものである。剥皮直後はほぼ無菌状態であるが、手作業によって汚染が著しいことが分かる。

牛の体温は40 近くであるので、と殺後すみやかに冷却する必要があるが、内部が10 になるまでに急速冷却でも10数時間、緩慢冷却では2日以上を要する。したがってこの間にも様々な付着細菌によって腐敗が進行しはじめる。

特にと殺後の牛枝肉のうち、クビ肉の部分は枝肉を懸垂したときに血液や洗浄水が溜まりやすいので腐敗しやすい部分である。これを5 で貯蔵して各種微生物の菌数変化を調べた例では、と殺直後のクビ肉の菌数は、一般生菌数が $5.7 \times 10^4/g$ 、大腸菌群数が $1.7 \times 10^2/g$ 、乳酸菌数が $2.5 \times 10^4/g$ であったが、5 で2日間貯蔵後には一般生菌数が $2.7 \times 10^5/g$ 、大腸菌群数が $4.5 \times 10^2/g$ 、乳酸菌数が $1.7 \times 10^5/g$ に増加している⁴⁾。

参考のため、表²⁵⁾に原料肉（牛、豚、鶏）および加工した精肉の可食期間の目安を示しておく。

表 - 1 と殺後の牛枝肉の表面細菌（F当たり）

	一般生菌数*	大腸菌群数*	乳酸菌数*
a. 手作業による剥皮洗浄後	5.6×10^4	7.1×10^3	6.8×10^3
b. 機械による剥皮洗浄前	2.4×10^3	< 10	7.2×10^2
c. 機械による剥皮洗浄後	3.3×10^3	< 10	< 10
d. 機械による剥皮直後（洗浄後）	< 10	< 10	< 10

表 - 2 原料牛肉および加工した精肉の可食期間の目安

(原料肉)		
保存温度	包装形態	可食期間*
0	真空包装	45日
- 15 以下	真空包装	2年

包装日を基点として得られた可食期間に係数0.8を乗じたもの

(加工した精肉)

利用原料肉	販売時の形態	保存温度	可食期間
冷蔵部分肉を原料肉とした場合	肉塊	10	3日
		4	6日
		0	7日
	挽肉	10	2日
		4	3日
		0	5日
冷凍部分肉を原料肉とした場合	肉塊	10	3日
		4	6日
		0	7日
	挽肉	10	2日
		4	3日
		0	5日

貯蔵温度や包装条件によって異なる腐敗微生物

と殺解体直後の新鮮な牛枝肉上には中温性の *Micrococcus* や腸内細菌科の細菌がみられるが、枝肉が冷却され表面が10 以下になると、低温性の *Pseudomonas* や *Moraxella*, *Acinetobacter*, 乳酸桿菌, *Brochothrix thermospecta* などの菌群が検出されるようになる。好気条件下に低温貯蔵した食肉では、これらのうち、一般に増殖速度の速い *Pseudomonas* が優占するが、乾燥した枝肉の部分では低い水分活性に比較的耐性のある *B. thermospecta* や乳酸桿菌が優勢となる。

枝肉が緩慢冷却され、肉の中心部が10 以下になるまでに長時間かかると、肉の内部で *Clostridium* 属細菌が増殖し、腐敗臭を発生したり、緑変の原因となる。とくに牛のような大型動物で冷却が長時間かかった場合には、肉塊の中心部で酸敗臭のする変敗（ボーンテイント）が生じやすいといわれる。

真空包装した冷蔵肉では好気性の *Pseudomonas* の増殖が抑制されるので、乳酸桿菌または *B. thermospecta* が主要な腐敗フローラになる。これらの乳酸菌が加工品にまで生き残るとネトやガス発生（包装品の膨張）の原因となる。

牛肉のガス置換包装には20%程度のCO₂と50%以上のO₂の混合気を用いられる。この場合、O₂は肉色保持の目的で使用されるが、*Pseudomonas* の増殖を促進するため、保存期間は0 で4週間程度であり、真空包装の8～12週間に比べて劣ることがある。O₂を用いないCO₂20%-N₂80%包装では真空包装と同等かそれ以上の保存効果が得られる⁶⁾。

(東京水産大学食品生産学科教授 藤井建夫)

文献

- 1) 図説漁業白書（平成11年度）p.7、p.21、農林統計協会（2000）。
- 2) 千国幸一：食品製造流通データ集，p.28-30（産業調査会，1998）。
- 3) 仁科徳啓・小沼博隆：食品への予測微生物学の適用（矢野信禮・小林登史夫・藤川浩編），p.126-140（サイエンスフォーラム，1997）。
- 4) 安田瑞彦：包装システムと衛生，第6集，p.8（サイエンスフォーラム，1981）。
- 5) 厚生省生活衛生局乳肉衛生課監修：乳製品、食肉製品等の期限表示ガイドライン集，p.22（産業調査会，1995）。
- 6) 井口守：食品の腐敗変敗ハンドブック，p.194-202（サイエンスフォーラム，1996）。

微生物制御に関するトピックス

その32 かび毒の防除について

かび毒の代表的なアフラトキシン (AFB) については前回において、その生産かびの増殖、毒素生産経過を述べ、毒素の防除に関する方法をまとめた。

1. アフラトキシン以外のかび毒

今回はアフラトキシン以外の毒素について追加し、かび毒防除の方法を総括することとした。アフラトキシン以外の *Aspergillus* 属の生産する代表的なものは *A.ochraceus* の生産する ochratoxin A (OTA) と *A.versicolor* の生産する sterigmatocystin (ST) があげられる。OTAは肝臓、腎臓障害を起す毒素であるが、生産菌は米、麦、小豆、大豆、玉蜀黍、落花生、胡椒、乾燥果実、煮干などから分離されている。*A.ochraceus* の発育ならびに毒素生産条件をまとめると、

		最低	最適	最高
発育	温度 ()	8	29~31	37
	aw	0.77~0.80	0.95~0.99	>0.99
	pH	2.2	3~8	13
OTA 生産	温度 ()	12	31	37
	aw	0.83	0.95~0.99	>0.99

各種培地上でのOTAの生産性 (m/o) を示すと、

温度 ()	10	15	20	25	28	35	40
栄養培地	0	36	166	240	206	4	0
米	-	67	476	1771	-	72	-
麩	-	35	371	1480	-	13	-
家畜飼料	-	36	201	302	-	-	-

OTA生成に対するawの影響 (31) を示すと次のようである。

	aw	OTA (m)	<i>A.ochraceus</i> に対するソルビン酸カリウムは1500m/oで不完全ながら阻害効果があり、抗生物質ピヌリシン (ナタマイシン) により低温度で完全に阻害される。
栄養培地	0.87	105	
	0.91	90	
	0.95	305	
	0.99	803	
家畜飼料	0.75	0	
	0.83	25	
	0.85	60	
	0.92	260	
	0.95	303	
	0.99	440	

STは発ガン性のdihydro difuranxanthoneでアフラトキシンの先駆体といわれる化学構造を示す。しかしSTの発ガン性はアフラトキシンの1/150といわれている。

A.versicolor は小麦、米、玉蜀黍、ナッツ、食肉加工品、チーズ、香辛料などより分離されている。その発育条件は、次のようにまとめられ、*A.ochraceus* と共に好乾性かびに属す。

	最低	最適	最高
温度 ()	8~9	25~30	35~40
aw	0.76~0.82	0.92~0.95	>0.99
pH	3.1	4~8	-

Fusarium 属は植物病原菌であって、多種類の毒素を生産するが、それらは吐気、嘔吐、悪心、下痢、食欲減退などの中毒症状を示し死に至らしめる場合がある。*Aspergillus* や *Penicillium* とは異なり農産物の収穫前あるいは収穫直後の高温条件下で発育する特性を示し、米、各種麦類、玉蜀黍、大豆などより分離されている。代表的な菌種としては、*E.equiseti*, *F.graminearum*, *F.moniliforme*, *F.sporotrichioides* などがあげられ、これらの生成する毒素としては、nivalenol, fusarenon0, TZ-toxin, butenolide, fusaric acid, fusarin, fusariocin, fumonisin B (FB1), deoxynivalenol (DON), Zearalenone (ZEN) である。

F.graminearum, *F.moniliforme* の発育条件をまとめると、

	最低	最適	最高
温度 ()	2.5~5	20~27	32~36
aw	0.87~0.90	>0.99	>0.99
pH	2.4	6~8	10.2

DON、ZENの生産性を示すと、

		温度 ()	毒素 (m/o)
DON	玉蜀黍	15	28
		20	120
		25	204
		28	625
		32	362
ZEN	米	25	200
	小麦	"	25
	大麦	"	7
ZEN	玉蜀黍	20	550

これら *Fusarium* 属はギ酸、酢酸、プロピオン酸、イソ酢酸1%の添加により毒素生産が阻害される。

2. かび毒の防除

AFB, FB, OTA, TZ-toxin などのかび毒は脂質の過酸化を促進することにより細胞膜障害を起すとされているので、抗酸化剤の存在によりこれらの毒素の作用を防ぐことができるものと予想される。ゼレニウム (Na₂SeO₃)、ビタミンA、C、E、ビタミン先駆体はスーパーオキシドアニオンの捕捉剤として作用するのでかび毒の解毒に役立つものと考えられる。

ゼレニウムは動物のすべての組織中に存在する微量元素であるが、アミノ酸に含まれたり、あるいは酵素の活性中心に含まれている。ゼレニウムはAFB₁-DNA結合を阻害したり、DON、TZ-toxinにより細胞膜障害に対して脾臓や脳を保護する効果のあることがin vitro, in vivoで認められている。人体の栄養素として重要なビタミンのうちA、C、Eがモルモット、ヒヨコなどに対するAFB₁、OTA、ZEN、TZ-toxinの毒作用に対し低減効果があるし、リボフラビンモラットのAFB₁によるDNA損傷を予防することが認められている。ビタミンA₂化合物の3-

