

食品保藏

# 微生物与肉类食品的腐败

孙承锋 戴瑞彤 曲富春 (中国农业大学食品学院, 北京 100094)  
陈 斌 (武陵大学生物资源系, 湖南张家界 427000)

**摘 要** 腐败微生物的大量增殖是造成肉类食品腐败的主要原因。本文综述了肉类食品中主要腐败微生物的种类及其特性, 分析了影响腐败微生物对肉类食品致腐能力的因素。

**关键词** 腐败菌 货架期 肉制品

## 前言

肉类食品是人们日常生活中必不可少的食品。由于肉类食品含有丰富的营养成分, 在加工、贮藏、运输、销售过程当中极易遭受微生物的污染而导致产品的腐败变质, 不仅造成了巨大的经济损失和严重的环境污染, 更重要的是会危及消费者的健康甚至生命, 因而肉类食品的保鲜及卫生安全性是长期以来亟待解决的问题。

从化学组成上讲, 肉类食品主要是由蛋白质、脂肪、碳水化合物、水分及其他一些微量成分, 如维生素、色素及风味化合物等组成, 形成肉品特定的质构、颜色、风味等特征。当受某些因素的影响, 使肉类食品出现变色、变味以及表面发粘等不良变化时肉品就开始腐败。肉类食品的腐败变质是由肉中的酶以及微生物的作用, 使蛋白质分解, 脂肪氧化而引起的。微生物的大量繁殖是造成肉类食品腐败的最主要的原因。当肉品表面的细菌数达到  $10^7$  个/ $\text{cm}^2$  时, 出现异味, 细菌数达到  $10^8$  个/ $\text{cm}^2$  时, 肉品表面出现粘液。

肉品的理化特征、肉品所污染的微生物的数量和种类及肉品所处的环境条件对肉类食品的腐败起决定作用。下面分别就这三个因素进行分析。

### 1 肉品的理化特性

肉品的理化特性不仅影响腐败微生物的增殖速度, 而且决定腐败的类型。众所周知, 肉类食品的 pH 值与  $A_w$  能够影响腐败微生物的生长繁殖, 而肉类食品的化学组成对腐败微生物的生长同样有着重要的影响。肉品腐败的初期, 微生物只利用低分子量的物质, 因此肉中葡萄糖的浓度是决定腐败时间和腐败微生物类型的一个很重要的因素。随着腐败的进行, 当葡萄糖的供应不能满足腐败微生物的

生长需求时, 它们就会降解氨基酸, 并产生有恶臭味的副产物。不同类型的微生物由于其生物学特性的差异, 因而其代谢特征、代谢速度以及对于肉中成分的利用情况是不同的, 从而产生不同的代谢产物, 造成肉类腐败的时间、腐败类型也不相同 (Dainty et al 1983, Gill 1986 and M & Meekin 1982)。引起肉品腐败的几种主要微生物的代谢特征如下表所示:

表 1 肉品当中主要腐败微生物的生长底物及代谢副产物\*

微生物种类	生长底物		主要代谢终产物	
	需氧	厌氧	需氧	厌氧
<i>Pseudomonas</i>	葡萄糖 <sup>1#</sup> 氨基酸 <sup>2</sup> 乳酸 <sup>3</sup>		粘液 硫化物 酯类、 胺	
<i>Acinetobacter</i> / <i>Moraxella</i>	氨基酸 <sup>1</sup> 乳酸 <sup>2</sup>		酯类、腈、 硫化物	
<i>Alteromonas</i> <i>putrefaciens</i>	葡萄糖 <sup>1</sup>	葡萄糖 <sup>1</sup>	挥发性 胺	H <sub>2</sub> S
<i>Brochothrix</i> <i>thermosphacta</i>	葡萄糖 <sup>1</sup> 氨基酸 <sup>2</sup> (谷氨酸)	葡萄糖 <sup>1</sup>	乙酸 异戊酸 异丁酸	乳酸 挥发性脂肪酸
<i>Enterobacter</i>	葡萄糖 <sup>1</sup> 葡-6磷 <sup>2</sup> 氨基酸 <sup>3</sup> 乳酸 <sup>4</sup>	葡萄糖 <sup>1</sup> 葡-6磷 <sup>2</sup> 氨基酸 <sup>3</sup>	硫化物 胺	乳酸 CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> H <sub>2</sub> S 胺
<i>Lactobacillus</i>		葡萄糖 <sup>1</sup> 氨基酸 <sup>2</sup>		乳酸 挥发性脂肪酸

\* 摘自 Dainty et al (1983), Gill (1986) 与 M & Meekin (1982); # 上标数字表示微生物对该物质优先利用的顺序

从上表可以看出, 不同微生物的代谢产物是不同的, 即使是同一种微生物, 在有氧和无氧的条件下, 其代谢产物也不相同。所以, 肉品化学成分的差异会影响微生物的生长, 从而影响其腐败特征。

### 2 肉品腐败微生物的种类和数量

#### 2.1 肉品中腐败微生物种类

肉品表面的微生物主要是在家畜的屠宰、分割

以及肉品生产与流通过程中被污染的。微生物的数量与构成取决于生产过程的卫生条件。肉类食品中主要的腐败细菌包括：革兰氏阴性需氧嗜冷的 *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Aeromonas* 和兼性厌氧的 *Enterobacteriaceae*, *Alteromonas*, *Putrefaciens* 以及革兰氏阳性的 *Staphylococcus*, *Lactobacillus* 和 *Brochothrix thermo sphact*。肉中常发现的致病性嗜中温细菌包括 *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolica*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter*, *Aeromonas hydrophila* 以及 *Listeria monocytogenes* (Buchanan and Palumbo 1985)。在正常的冷藏条件下, 这些致病菌的生长受到抑制, 在贮藏和运输过程中若温度控制不当, 它们可能迅速增殖而对公共健康构成潜在的威胁。

肉品中虽然也有霉菌和酵母, 但它们的致病能力较低, 可以在肉品中生长的霉菌主要有 *Penicillium*, *Cladosporium*, *Thamnidium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Sporotrichium* (Ayres 1960, Ingram and Dainty 1971)。在肉品中可能存在的酵母有 *Torulopsis*, *Candida*, *Rhodotorula* 等。

## 2.2 肉品中腐败微生物的代谢特性

肉品表面起初污染各种微生物, 随着贮存时间的延长, 其菌相构成发生改变, 其中一种或几种会成为优势菌群, 成为引起肉品腐败的主要微生物, 而其它菌会处于较低的数量, 甚至消亡。有研究表明, 微生物的生长都是以消耗肉品中低分子成分为基础的 (Gill and Newton 1978)。肉品的腐败类型取决于哪一种腐败菌在竞争中占优势, 以及它们产生异味化合物如硫化氢、挥发性胺、酯和乙酰烟等的的能力。

*Pseudomonas* 优先利用肉中的葡萄糖, 当细菌数目达到  $10^8$  个/ $\text{cm}^2$  时, 葡萄糖的供应将不能满足其生长需求, *Pseudomonas* 开始利用氨基酸作为生长的基质, 生成带有异味的含硫化合物、酯、酸等 (McMeekin 1982)。

*Acinetobacter/Moraxella* 是在有氧的条件下造成肉品腐败的主要微生物之一。这类微生物主要利用氨基酸作为生长基质, 但其在降解氨基酸时, 并不产生有异味的副产物, 因而其致病能力较低。但是, 当这类微生物成为腐败菌相的主要组成部分时, 它们会增强 *Pseudomonas* 与 *A. putrefaciens* 的致病能力。这是由于 *Acinetobacter/Moraxella* 竞争了环境中的氧, 使氧的供应受到限制。在缺氧状态下, 即使有葡萄糖存在, *Pseudomonas* 仍会分解氨基酸

而形成有异味的化合物。缺氧状态下, *A. putrefaciens* 将会产生硫化氢, 使肉品变色, 变味 (Newton and Rigg 1979)。

在低氧分压条件下, 将会有利于兼性厌氧的 *A. putrefaciens*, *Brochothrix thermo sphacta*, *Enterobacteriaceae* 和 *Lactobacillus* 的生长 (McMeekin 1982)。

*A. putrefaciens* 的生长以半胱氨酸和丝氨酸为底物, 即使葡萄糖供应充足时也是如此。 *A. putrefaciens* 在有氧的条件下产生有机的含硫化合物, 在无氧的条件下产生硫化氢, 因而具有较强的致病能力。当环境条件适合于 *A. putrefaciens* 时, 即使它不是菌相中的优势菌, 它仍可能是引起肉品腐败的主要因素。

*Brochothrix thermo sphacta* 利用葡萄糖作为生长底物, 在有氧的条件下生成乙酸及乙偶姻, 产生甜的异味 (sweet off-odor) (Dainty and Hibbard 1980), 并能分解亮氨酸和缬氨酸产生异戊酸和异丁酸。无氧条件下 *Brochothrix thermo sphacta* 分解代谢的终产物主要是乳酸, 另外也生成少量的挥发性酸。因而, 肉品在真空包装时, *Brochothrix thermo sphacta* 可能成为主要的腐败菌。

*Enterobacteriaceae* 在有氧的条件下利用葡萄糖和 6-磷酸葡萄糖作为生长底物, 有的种类可以分解氨基酸产生包括硫化氢在内的挥发性含硫化合物及有异味的胺类物质 (McMeekin 1981)。因而当环境条件适宜时, *Enterobacteriaceae* 具有很强的致病能力。

*Lactobacillus* 在肉品污染的初期只占微生物中很小的一部分, 但真空包装的肉类, 由于处于低氧分压的条件, *Lactobacillus* 很快成为优势菌。 *Lactobacilli* 生长时利用葡萄糖产生乳酸, 当碳水化合物耗尽时, 便利用氨基酸, 产生挥发性脂肪酸, 使肉品出现 “dairy” 或 “cheesy” 的气味。

各种腐败菌对于肉品的致病作用取决于其初始菌数及其对环境的适应能力, 生长最快的种类将最终成为优势菌。因而在控制肉品的腐败时, 不仅要控制细菌总数的增长, 而且要采取措施来抑制那些致病能力强的菌群的生长。

## 3 肉品所处的环境条件

### 3.1 温度

温度是影响肉类食品货架期最重要的环境因素。低温不仅可以控制腐败微生物的繁殖, 而且可以大大降低因脂肪氧化而导致产品质量下降的化学

反应速度。引起食物中毒的微生物在 10 以下生长缓慢，在 4.5 以下停止生长，嗜冷微生物在 0 以下生长缓慢，在 - 10 基本停止生长。Ayres (1960) 研究表明，当肉的初始菌数为 10<sup>4</sup> 个/cm<sup>2</sup> 时，在 0 贮藏 16 天表面出现粘液，而在 5 贮藏，表面出现粘液的时间缩短为 5 天，在 10 贮藏，仅需 2 天表面即出现粘液，因而低温贮存可有效地抑制微生物生长，从而延长肉类食品的货架期。由于各种微生物生物学特性的差异，温度的改变对于各种微生物生长的影响程度是不同的。下表为几种嗜冷菌在不同温度条件下的世代时间。

表 2 温度对于肉上纯培养的嗜冷腐败菌世代时间的影响

腐败菌种类	世代时间 (h)							
	有氧条件 ( )				厌氧条件 ( )			
	2	5	10	15	2	5	10	15
Non- fluorescent Pseudomonas	7.6	5.1	2.8	2.0	...	...	...	...
Fluorescent Pseudomonas	8.2	5.4	3.0	2.0	...	...	...	...
A cinetobacter	15.6	8.9	5.2	3.1	...	...	...	...
Enterobacter	11.1	7.8	3.5	2.4	55.7	23.2	8.5	5.4
B. themosphacta	12.0	7.3	3.4	2.8	32.8	20.1	9.7	6.8
Lactobacillus	...	...	...	...	8.4	6.5	4.6	3.8

摘自 Gill (1986)

在不同的温度条件下，肉类食品中微生物的菌群构成不同。当温度变化时，生长最快的种类成为导致肉类腐败的优势菌。在有氧条件下，温度接近 20 时，适合于嗜中温菌的生长，因而，A cineterbacter 和 Enterobac teriaceae 取代 Pseudomanas 而成为优势菌 (Gill and New ton1980)。在无氧的条件下，当温度低于 20 时，嗜冷的乳酸杆菌 (Lactobacillus SP) 成为优势菌，当温度达到 30 时，嗜中温的 Lactobacilli 和 Clostridia 占主导地位，若在起初有产气荚膜杆菌 (C. perfringens) 存在，则其将成为优势菌 (Gill and New ton 1980)。

### 3.2 气体成分

#### 3.2.1 氧气

氧气是影响肉类食品货架期的另一个很重要因素，除了氧气本身的氧化作用外，更重要的是它影响需氧微生物的生长。气体成分的不同，决定了肉类食品中微生物群的构成不同，因而肉类食品腐败的类型也是不相同的。下表为污染的肉品的主要腐败菌及致病菌对氧气的需求情况。

表 3 污染肉品的微生物对氧气的需求情况

需氧菌...生长需要氧气	兼性厌氧菌...有否氧都可生长
Pseudomonas	B rocho thrix themosphacta
A cinetobacter/Moraxella	Staphylococcus
M icrococcus	Bacillus sp
Film yeasts	Enterobacteriaceae
Mould	V ibrio
	F mentative yeasts
微氧菌...需低浓度氧	厌氧菌...生长受氧的抑制
Campylobacter	Clostridium botulinum
Lactobacillus	Clostridium perfringens

#### 3.2.2 二氧化碳

CO<sub>2</sub> 的抗菌作用早已被证实。革兰氏阴性细菌可以被 10% 的 CO<sub>2</sub> 所抑制，而 CO<sub>2</sub> 对乳酸菌的抑制作用很小。CO<sub>2</sub> 的抗菌效应，一般认为有下列四种机理：改变细胞内的 pH 值，从而影响胞内酶的活性与物质运输；抑制脱羧酶的活性；CO<sub>2</sub> 溶于细胞膜，使其功能遭受破坏；抑制非脱羧酶 (non-decarboxylating) 的活性。Tan (1982) 认为 CO<sub>2</sub> 的作用方式最可能是后两种机制。不管是哪种机制，CO<sub>2</sub> 可以延长腐败菌的迟滞期与世代时间，从而延迟腐败的发生。

表 4 20% CO<sub>2</sub> 对贮存于 3 条件下 DFD 肉中腐败菌世代时间的影响

微生物种类	世代时间	
	空气	20% CO <sub>2</sub>
Non- fluorescent Pseudomonas	7.1	8.5
Fluorescent Pseudomonas	7.8	10.0
A. putrefaciens	9.1	13.6
A cinetobacter	9.6	12.4
Enterobacter	10.8	10.8
Y. enterocolitica	11.5	14.7
B. themosphacta	12.1	12.1

注：摘自 Gill and Tan (1980)

影响 CO<sub>2</sub> 抑菌作用的因素很多，主要包括以下几个方面：肉品中的微生物种类，CO<sub>2</sub> 的应用时间，CO<sub>2</sub> 浓度，贮存温度。CO<sub>2</sub> 对不同种类微生物的作用不同，一般来说，革兰氏阴性细菌比革兰氏阳性细菌对 CO<sub>2</sub> 更敏感。常见的引起肉品腐败的细菌如革兰氏阴性的 Pseudomonas, A cineterbacter/Moraxella 可以被 20% 的 CO<sub>2</sub> 抑制，而革兰氏阳性的 B rocho thrix themosphacta 则能够在 50% CO<sub>2</sub> 中生长 (Gardner 1981)，Lactobacilli 对 CO<sub>2</sub> 有很高的抗性，甚至可以在 100% 的 CO<sub>2</sub> 中生长。CO<sub>2</sub> 对引起食物中毒的厌氧菌影响不显著，无氧和高浓度 CO<sub>2</sub> 会促进它们的生长。研究表明，气调包装不会增加 Salmonella, S aureus, Campylobacter, V ibrio parahaemolyticus 致病菌的危害性 (Hintlinan and Hotchkiss 1986)。

CO<sub>2</sub>的应用时间对其抗菌效果也有重要影响。对CO<sub>2</sub>敏感的微生物,在其生长早期使用CO<sub>2</sub>,可以延长其迟滞期,当其进入对数生长期后,CO<sub>2</sub>对其抑制作用降低(Gil and Tan 1980)。因而气调包装应用时间越早,抑菌效果越好。

尽管各种微生物对于CO<sub>2</sub>的敏感程度不同,但一般来说,酵母、霉菌与细菌可以被5%~50%的CO<sub>2</sub>(v/v)换制,在0~20%的浓度范围内,CO<sub>2</sub>的抑菌效果线性增加。浓度高于20%,CO<sub>2</sub>抑菌效果的增加相对较小。但有报道认为,100%CO<sub>2</sub>对鲜肉的保鲜效果优于20%CO<sub>2</sub>/5%O<sub>2</sub>/75%N<sub>2</sub>(Huffman et al 1975)。

低温可以增强CO<sub>2</sub>的抑菌效果(Adam s and Huffman 1972, Clark and Lentz 1972)。这可能是由于低温下CO<sub>2</sub>在水相中易于溶解,这有利于快速形成碳酸,并解离成H<sup>+</sup>与HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>。Gill and Harrison (1989)研究证明,低温条件下,CO<sub>2</sub>气调包装的猪肉腐败大大减慢。

### 3.2.3 氮气

N<sub>2</sub>一般作为填充气体,通常认为其对细菌无抑制作用,但有研究表明,N<sub>2</sub>有利于延长猪肉的货架期,在100%N<sub>2</sub>中贮藏,细菌数达到5×10<sup>6</sup>个/cm<sup>2</sup>所需时间为在空气中贮存所需时间的2倍

### 3.3 真空包装

在真空包装中,需氧的*Pseudomonas*受到抑制,而厌氧和兼性厌氧的*Brochothrix thermosphacta*和*Enterobacteriaceae*成为主导腐败微生物。低温无氧条件下,*Lactobacillus*比*Brochothrix thermosphacta*和*Enterobacter*具有更快的生长速度,因而乳酸杆菌成为真空包装肉类的优势菌(Makela P. et al 1992)。尽管*Enterobacteriaceae*能利用不被*Lactobacilli*利用的

6-磷酸葡萄糖,但*Lactobacilli*能产生抗菌物质,抑制其生长。因此真空包装的肉品的腐败主要是由于乳酸菌数量的迅速增长而引起的。乳酸菌具有嗜冷、微需氧和抵抗亚硝与NaCl的特性,因而真空包装的肉制品在低温条件下贮藏时,它们仍能够生长(Egan 1983, Buchanan 1986)。乳酸菌主要通过产气、产生酸腐味、粘液及乳状渗出液导致肉品的腐败(Von Holy et al 1991a)。由于乳酸菌的优势地位及其它不利因素的影响,限制了其它菌群如*Brochothrix thermosphacta*, *Enterobacteriaceae*和yeast等的生长,使它们不能在真空包装肉制品的腐败菌群中占优势(Von Holy et al 1991a)。尽管在真空包装的肉制品中发现了一些种类的致病菌,如:*Clostridia*, *Salmonellae*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*,但由于乳酸菌的竞争性作用,以及低温贮藏和亚硝的作用,使它们的生长受到抑制。对引起真空包装肉制品腐败的菌群的特征研究表明,*Lactobacillus*和*leuconostocs*为优势菌。Von Holy et al (1991b)研究表明真空包装的南非维也纳香肠的主要腐败菌群为*homofementative lactobacillus*和*Leuconostocs*,其总量占乳酸菌的94%。

### 4 结语

由以上可知,微生物的增殖是造成肉类食品腐败的最关键的因素。因此,在肉品加工过程中,应严格控制卫生条件,尽可能使初始菌数降低,在贮存和流通过程中,应尽量保持低温,并适当配以气调包装、真空包装等现代包装技术以及其它辅助抑菌措施,抑制腐败微生物及致病菌的生长,延长产品的保质期,保证肉类食品的卫生安全性。

(参考文献略)

## Microorganisms and Meat Spoilage

Sun Chengfeng Dai Ruitong Chen Bin Qu Fuchun

**ABSTRACT** The growth of microorganism is the most important cause of meat spoilage. The kinds and characters of spoilage bacteria and factors which affect their growth in meat were discussed in this paper.

**KEY WORD** spoilage bacteria; shelf life; meat product

(上接第20页)

## Predictive Microbiology-Risk Evaluation

Li Qingchun Zhang Jingqiang He Zhifei Zeng Fankun

**ABSTRACT** Predictive microbiology risk evaluation steps and its application are briefly narrated

**KEY WORD** predictive microbiology; risk evaluation