

干腌火腿皮下脂肪的特性与食用品质的关系

乔发东

(河南工业大学生物工程学院, 郑州, 450052)

摘要 根据国外干腌火腿的研究结果, 分析火腿皮下脂肪组织的组成特点及在加工过程中的变化, 发现含有 2 个或 3 个不饱和脂肪酸的三酰基甘油酯(POO, OOL 和 POL), 熔点较低, 在常温下呈液体状态, 适宜于脂肪水解酶在水-油界面的反应, 优先发生水解反应, 释放出棕榈酸、油酸和亚油酸。在游离脂肪酸构成中, 油酸和亚油酸的比例并没有增加, 亚油酸的比例却明显降低, 说明不饱和脂肪酸被氧化形成了其他物质。在加工期的前 6 个月, 脂肪水解程度最大, 使低熔点的三酰基甘油酯比例降低, 高熔点的三酰基甘油酯比例相应提高, 降低了脂肪组织的油腻感, 硬度增加, 色泽变成透明的玻璃状, 熟制后口感脆嫩、利口。不饱和脂肪酸的适度氧化, 最终形成许多挥发性化合物, 赋予脂肪组织特有的腌腊风味。

关键词 干腌火腿, 皮下脂肪, 特性, 食用品质

脂肪是干腌猪肉火腿的一个重要组成部分, 它的品质和含量与猪的品种、饲养条件和加工过程有密切关系。色泽、硬度、厚度和风味是干腌火腿脂肪组织的品质指标, 与食用品质密切相关。

本文根据法国科西嘉火腿(Corsican hams)脂肪组织的组成特点及加工过程中的变化, 探讨了脂肪组织食用品质形成的原因, 为我国高品质干腌火腿和腌腊肉制品的研制与工业化生产供理论依据。

1 科西嘉火腿的加工过程

科西嘉猪用传统的散养方式饲养, 24 月龄进行屠宰, 体重(141 ± 15) kg, 胴体和鲜腿重量分别为(115.5 ± 14) kg 和(11.5 ± 1.1) kg。胴体冷藏 24h 后, 将鲜猪腿从胴体上分割下来进行盐腌处理。首先在鲜腿表面搓上一层干盐, 然后埋在盐堆中, 4℃ 维持 30~40 d。用水冲洗, 除去表面剩余的食盐, 凉晒 24 h 后, 悬挂在干燥室内, 在 8~10℃、相对湿度 75%~90% 的条件下存放 1 个月。然后, 在地窖中(14~18℃, 相对湿度 75%~80%) 贮藏(成熟)到 24 个月。

2 新鲜猪腿皮下脂肪组织的组成特点

新鲜猪腿皮下脂肪组成见表 1。

在脂肪组织中饱和三酰基甘油、单不饱和三酰基甘油、双不饱和三酰基甘油和三不饱和三酰基甘油的含量分别为 2.8%、26.1%、43.6% 和 17.0%。主要的三酰基甘油分子构型为棕榈酰-油酰-油酰甘油酯(POO)、棕榈酰-硬脂酰-油酰甘油酯(PSO)、棕榈酰-

油酰-亚油酰甘油酯(POL)、棕榈酰-棕榈酰-油酰甘油酯(PPO)和油酰-油酰-油酰甘油酯(OOO), 它们在脂肪组织的含量分别为 36.6%、19.9%、8.0%、5.9% 和 5.6% (见表 2)。

表 1 科西嘉火腿加工过程中脂肪组织中的水分和脂类含量 %

成分	时间(月)					差异显著性
	0	6	12	18	24	
水分	5.6 ^a	2.7 ^{bc}	3.5 ^b	2.1 ^c	2.5 ^{bc}	***
总脂类	89.7	91.8	92.2	91.1	91.9	ns
三酰基甘油	89.6 ^a	78.0 ^{bc}	79.1 ^b	75.8 ^c	75.8 ^c	***
单酰基甘油	0.0 ^d	1.2 ^{ab}	0.7 ^c	1.0 ^{bc}	1.3 ^a	***
二酰基甘油	0.0 ^b	4.5 ^a	4.6 ^a	4.3 ^a	4.5 ^a	***
游离脂肪酸	0.1 ^c	8.1 ^b	7.8 ^b	10.1 ^a	10.5 ^a	***

1) 同行中上标字母相同的数据之间差异不显著; ns: 差异不显著; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$ (表 2~表 5 同)。

在脂肪组织的总脂类脂肪酸构成中, 饱和脂肪酸占总脂肪酸的 37.3%、单不饱和脂肪酸为 54.4%、多不饱和脂肪酸为 8.3% (见表 3)。含量高的脂肪酸为油酸(18:1)50.0%、棕榈酸(16:0)23.3%、硬脂酸(18:0)12.2% 和亚油酸(18:2)7.4%。

在脂肪组织的游离脂肪酸组成中, 饱和脂肪酸为 25.0%、单不饱和脂肪酸为 57.3%、多不饱和脂肪酸为 17.7%。含量高的脂肪酸为油酸(18:1)51.0%、亚油酸(18:2)16.1%、棕榈酸(16:0)14.7% 和硬脂酸(18:0)12.2% (见表 4)。游离脂肪酸的组成与总脂类的脂肪酸组成存在较大的差异, 主要表现在游离脂肪酸组成中多不饱和脂肪酸的含量高(17.7%), 而饱和脂肪酸含量低(25.0%)。

第一作者: 博士, 副教授。
收稿日期: 2005-10-18

表2 科西嘉火腿加工过程中脂肪组织中三酰基甘油的含量 %

成分	时间(月)					差异显著性
	0	6	12	18	24	
PSS	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	ns
PPS	0.6	0.6	0.5	0.7	0.5	ns
PPP	1.6	1.6	1.1	1.5	1.3	ns
饱和三酰基甘油	2.8	2.8	2.1	2.8	2.3	ns
PPO	5.9	5.2	6.8	6.1	5.8	ns
PSO	19.9	19.2	19.2	16.2	18.4	ns
SSO	0.3 ^b	0.3 ^b	0.4 ^{ab}	0.4 ^{ab}	0.6 ^a	*
单不饱和三酰基甘油	26.1	24.7	26.3	22.7	24.7	ns
SOO	2.7 ^{ab}	2.4 ^{ab}	3.0 ^a	2.3 ^b	2.3 ^b	*
POO	36.6 ^a	31.9 ^b	28.8 ^c	27.4 ^c	31.2 ^b	***
PPoO	2.2 ^a	1.4 ^c	1.7 ^{bc}	2.0 ^{ab}	1.8 ^{abc}	**
PSL	2.1 ^a	1.5 ^b	1.6 ^{ab}	1.8 ^{ab}	1.7 ^{ab}	**
双不饱和三酰基甘油	43.6 ^a	37.3 ^b	35.1 ^{bc}	33.6 ^c	37.0 ^b	***
OOO	5.6	5.2	5.7	4.8	4.5	ns
POL	8.0 ^a	5.5 ^b	6.4 ^b	5.4 ^b	4.7 ^b	***
PoOO	1.1	0.9	1.0	1.3	0.9	ns
三不饱和三酰基甘油	14.7 ^a	11.6 ^{bc}	13.1 ^{ab}	11.5 ^{bc}	10.1 ^c	**
OOL	2.3 ^a	1.7 ^{bc}	2.1 ^{ab}	1.7 ^{bc}	1.5 ^c	**

P:棕榈酸;S:硬脂酸;O:油酸;Po:棕榈油酸;L:亚油酸

表3 科西嘉火腿加工过程中脂肪组织中总脂类的脂肪酸构成 %

成分	时间(月)					差异显著性
	0	6	12	18	24	
14:0	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	ns
16:0	23.3	23.6	24.8	24.8	24.6	ns
17:0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	ns
18:0	12.2	12.7	12.1	12.2	12.3	ns
20:0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	ns
饱和脂肪酸	37.3	38.1	38.8	38.9	38.9	ns
16:1	2.6	2.5	2.8	2.9	3.0	ns
17:1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	ns
18:1	50.0	50.0	49.0	49.3	48.9	ns
20:1	1.5 ^a	1.6 ^a	1.5 ^a	1.5 ^a	1.2 ^b	*
单不饱和脂肪酸	54.4	54.4	53.7	54	53.5	ns
18:2 n-6	7.4 ^a	6.6 ^{ab}	6.7 ^{ab}	6.3 ^b	6.9 ^{ab}	*
18:3 n-3	0.9 ^a	0.8 ^{ab}	0.8 ^{ab}	0.7 ^b	0.8 ^{ab}	*
多不饱和脂肪酸	8.3 ^a	7.4 ^{ab}	7.6 ^{ab}	7.0 ^b	7.7 ^{ab}	*

3 科西嘉火腿加工过程脂肪组织的变化

3.1 水分含量

随着加工过程延续,脂肪组织中的水分含量从5.6%降到2.1%。水分损失主要发生在加工过程的前6个月。从6~24个月脂肪组织中水分含量大致保持稳定。

3.2 脂类含量与三酰基甘油含量

在加工过程中脂肪组织中的脂类总含量没有明显的变化;但是在加工期的前6个月,三酰基甘油的含量从89.6%迅速降至78.0%,6~24个月则缓慢降到75.8%。二酰基甘油和单酰基甘油的含量在加工期的

前6个月却迅速增加,分别从0%增加到4.5%和从0%增加到1.2%,然后,缓慢稳定增长直到加工末期。

3.3 三酰基甘油的分子构型

科西嘉火腿加工过程对POO、POL和OOL3种三酰基甘油的影响较大,他们在脂肪组织中的含量明显减少,POO从36.6%降至31.2%;POL从8.2%降至4.7%;OOL从2.3%降至1.5%(见表2)。

3.4 游离脂肪酸的构成

在加工期的前6个月,脂肪组织中游离脂肪酸的含量迅速增加,从0.1%升至8.1%,在6~12个月增长率缓慢(从8.1%升至10.5%)(见表1)。在加工过程中总脂类的脂肪酸组成基本稳定(见表3);而游离脂肪酸的组成却发生了较大的变化(见表4),多不饱和脂肪酸从17.7%降至13.6%,亚油酸含量从16.1%降到11.8%,并且在加工期的前6个月下降最为明显。而饱和脂肪酸的总量从25.5%增加到29.9%,棕榈酸从14.7%迅速增加到21.9%。硬脂酸的比例在整个加工过程中连续下降,从8.2%降至5.7%。与总脂类中的脂肪酸组成比较,游离脂肪酸构成中亚油酸的含量较高,饱和脂肪酸的含量较低,油酸的含量相似。

表4 科西嘉火腿加工过程中脂肪组织中游离脂肪酸的构成 %

成分	时间(月)					差异显著性
	0	6	12	18	24	
14:0	2.0 ^b	2.0 ^b	1.8 ^b	2.3 ^a	2.3 ^a	*
16:0	14.7 ^d	18.3 ^c	19.6 ^{bc}	20.3 ^b	21.9 ^a	***
18:0	8.2 ^a	7.4 ^a	6.1 ^b	5.4 ^b	5.7 ^b	***
饱和脂肪酸	25.0 ^b	27.7 ^a	27.6 ^a	28.0 ^a	29.9 ^a	**
16:1	5.0 ^a	3.4 ^b	4.0 ^{ab}	4.4 ^{ab}	4.5 ^{ab}	*
17:1	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	ns
18:1	51.0	52.1	52.0	51.1	49.9	ns
20:1	0.9 ^b	2.0 ^a	1.7 ^b	1.8 ^{ab}	1.6 ^b	***
单不饱和脂肪酸	57.3	58.0	58.1	57.9	56.8	ns
18:2	16.1 ^a	12.8 ^b	12.8 ^b	12.1 ^b	11.8 ^b	**
18:3	1.7	1.4	1.6	2.0	1.7	ns
多不饱和脂肪酸	17.7 ^a	14.2	14.3 ^b	14.1 ^b	13.6 ^b	**

3.5 脂肪酸的氧化

脂类氧化测定结果(TBA值)表明(见表5),加工时间明显影响氧化程度,但与加工时间不存在相关关系,而与加工阶段的波动相关。

表5 科西嘉火腿加工过程中脂肪组织中脂肪氧化程度的测定(脂肪组织中的丙二醛含量,mg/kg)

时间/月	0	6	12	18	24	差异显著性
TBA	1.49 ^{ab}	1.73 ^a	1.63 ^{ab}	1.67 ^a	1.41 ^b	*

4 干腌火腿脂肪组织变化与食用品质的关系

4.1 干腌火腿脂肪组织中的脂类水解与食用口感品质的关系

干腌火腿在加工过程中脂肪组织发生了较大程度的脂肪水解,三酰基甘油的水解程度达到 14.2%~17.5%。加工过程的前 6 个月水解率极高(占总脂类的 15%),引起 FFA 含量的明显增加(占总脂类的 8.5%~11.4%),二酰基甘油含量也有增加,单酰基甘油在较低程度上有所增加。

强烈的脂类水解与脂肪组织中的碱性和中性脂酶活性有关,这些酶类主要是脂蛋白脂酶和荷尔蒙敏感脂酶。在 Corsican 火腿加工过程中,游离脂肪酸含量随着加工过程缓慢增加,脂酶活性可保持到 24 个月。在 6 个月后脂肪水解率降低是由于脂蛋白脂酶在 5 个月后活力消失或中性脂酶活性下降。在脂肪水解过程中产生的二酰基甘油的量远高于单酰基甘油的量说明二酰基甘油酶是脂肪组织中脂类水解的限制酶。Belfrage 等人(1984)提出:荷尔蒙敏感脂酶能水解三酰基甘油和二酰基甘油,但对二酰基甘油有较低的亲和力。

在干腌火腿加工过程中,三酰基甘油分子构型不同,其水解也程度不同,POO、PSO、POL、PPO 和 OOL 是主要的三酰基甘油分子。其中 POO、OOL 和 POL 水解程度较大,是由于这类三酰基甘油的分子构型中含有 2 个或 3 个不饱和脂肪酸,其熔点较低,在干腌火腿成熟过程中,环境温度在 14~18℃ 时呈液体状态,适宜于脂肪水解酶在水-油界面的反应。而 PSO 和 PPO 等三酰基甘油分子构型中含有 2 个饱和脂肪酸,其熔点较高,在干腌火腿成熟过程中,环境温度在 14~18℃ 时呈固体状态,限制了它们的脂酶水解,因而造成脂肪组织中游离脂肪酸的构成中硬脂酸的比例降低,棕榈酸的比例升高。

从上述分析可以看出,干腌火腿加工时间和加工过程中的温度条件是影响脂肪组织中脂类水解程度的重要因素。我国传统的腌腊肉制品制作是在春节前后的 2~3 个月时间内进行,环境温度较低,利用盐腌、风干和(或)烟熏等加工手段降低肉的水分活度,抑制肉的微生物的生长繁殖,降低酶活性达到长期贮藏、调节季节供应的目的。随着贮藏时间的延长,脂肪组织的食用品质发生了明显的变化,色泽由白色向透明的玻璃状态转变,熟制后口感脆嫩、利口、无油腻感,同时表现出传统优质腌腊制品的特有风味。显

然,腌腊制品脂肪组织特有的食用口感品质的形成与加工、贮藏过程中脂类的水解和氧化密切相关。在加工过程中,低熔点的三酰基甘油在常温下呈液体或半液体状态,是食用时表现出柔软与油腻感的主要成分,在脂类水解过程中,低熔点的三酰基甘油容易与脂肪水解酶接触被优先水解,在熟制时,脂类的水解产物有相当部分溶解在水中,使脂肪组织中高熔点的三酰基甘油比例相应增加,硬度提高,油腻感下降,色泽向透明的玻璃态转变,食用口感品质发生根本变化。因此,在进行传统腌腊肉制品工业化生产过程中,应当正确处理加工时间、温度与脂类水解程度之间的平衡关系,在保持传统制品特有口感品质的前提下,缩短生产时间,提高生产效率。

4.2 脂肪组织中游离脂肪酸氧化与风味品质的关系

在干腌火腿加工过程中,脂肪组织中多不饱和脂肪酸的甘油酯在环境条件下优先发生水解,释放出游离脂肪酸。在主要的三酰基甘油分子构型中,POO、POL 和 OOL 优先水解,释放出棕榈酸、油酸和亚油酸。在游离脂肪酸构成中,棕榈酸(P)的比例随着加工过程而增加,油酸(O)的比例基本不变化,亚油酸(L)的比例明显降低,特别是在加工过程的前 6 个月亚油酸的比例下降的更多,说明多不饱和脂肪酸最易被氧化,单不饱和脂肪酸比饱和脂肪酸易被氧化。从游离脂肪酸和三酰基甘油的脂肪酸构成在加工过程中的变化可以看出,游离状态的不饱和脂肪酸比三酰基甘油中的不饱和脂肪酸更易被氧化。

在干腌火腿加工过程的前 6 个月,在游离脂肪酸构成中亚油酸明显减少,说明该阶段脂肪氧化程度最大;随着加工过程的进行,亚油酸的减少程度下降,脂肪氧化程度稳定在一定的水平。脂肪氧化程度测定(TBA 值)是脂肪组织中脂肪酸氧化产物在瞬间含量的量度,TBA 值的测定结果表明,脂肪氧化产物并没有累加性,其中一些具有挥发性如羰基化合物,随着加工过程的延续,TBA 值出现波动现象,说明脂肪氧化产物仍在继续发生反应,转化为其他的产物。一般情况下,脂肪酸的氧化产物能在产物之间、产物与脂肪组织中的其他化合物(如蛋白质)之间发生反应,形成许多具有挥发性的烃、醇、醛、酮、酸、酯、呋喃和吡嗪等有机化合物,其中一些对干腌火腿特有的风味具有重要贡献。因此,在干腌火腿的加工过程中,适当程度的脂肪氧化是必需的,过度的氧化则可导致异味的产生,是应该被限制的。

5 结 论

(1) 鲜猪腿皮下脂肪组织含 5.6% 的水分和 89.7% 的脂类。三酰基甘油占总脂类的 99.9%, 游离脂肪酸占 0.1%, 二酰基和单酰基甘油痕量。主要的三酰基甘油分子构型为 POO、PSO、POL、PPO 和 OOO; 构成三酰基甘油的脂肪酸主要为油酸 50.0%、棕榈酸 23.3%、硬脂酸 12.2% 和亚油酸 7.4%。

(2) 在火腿加工过程中的前 6 个月, 脂肪组织中的水分含量从 5.6% 降到 2.1%; 三酰基甘油的水解程度达到 15%, 二酰基甘油、单酰基甘油的含量和游离脂肪酸的含量迅速增加; 6 个月以后变化较小基本保持稳定。

(3) 在三酰基甘油酯分子构型中, 含有 2 个或 3 个不饱和脂肪酸的 POO、OOL 和 POL, 在干腌火腿成熟过程中, 环境温度在 14~18℃ 时呈液体状态, 适宜于脂肪水解酶在水-油界面的反应, 其水解程度较大, 使脂肪组织在常温下呈液体或半液体状态的低熔点三酰基甘油的含量减少, 高熔点的三酰基甘油含量相对增加, 在熟制时, 一部分水解产物溶解在水中, 降低了脂肪组织中脂类成分的含量, 减少油腻感, 增加硬度, 使色泽由白色向透明的玻璃状态转变, 食用口感脆嫩、利口。

(4) 在干腌火腿加工过程中, 三酰基甘油 POO、POL 和 OOL 优先水解, 释放出棕榈酸、油酸和亚油酸。在游离脂肪酸构成中油酸和亚油酸的比例并没有增加, 反而亚油酸所占的比例却有明显降低, 说明在加工过程中多不饱和脂肪酸最易被氧化, 单不饱和脂肪酸比饱和脂肪酸易被氧化, 游离状态的不饱和脂肪酸比三酰基甘油中的不饱和脂肪酸更易被氧化。

(5) 脂肪氧化程度测定(TBA 值)是脂肪组织中脂肪酸氧化产物在瞬间含量的量度。在加工过程中, 脂肪酸的氧化产物不是静止不变的, 其中一些具有挥发性。另外, 在产物之间、产物与火腿组织的其他化合物(如蛋白质)之间发生反应, 形成许多具有挥发性的烃、醇、醛、酮、酸、酯、呋喃和吡嗪等类有机化合物, 其中一些对干腌火腿特有的风味具有重要贡献。因此, 在干腌火腿的加工过程中, 适当程度的脂肪酸氧化是必需的, 过度的氧化则导致异味的产生, 是应该被限制的。

参 考 文 献

- 1 Antequera T, Lopez-Bote J, Cordoba J, et al. Lipid oxidative changes in the processing of Iberian pig hams [J]. *Food Chemistry*, 1992 (45): 105~111
- 2 Barbieri G, Bolzoni L, Parolari G, et al. Flavor compounds of dry cured ham [J]. *J Agric Food Chem*, 1992 (40): 2389~2394
- 3 Christian S, Crostoma S, Roberta V. Lipolysis in dry-cured ham maturation [J]. *Meat Science*, 2000 (55): 1~5
- 4 Coutron-Gambotti C, Gandemer G. Lipolysis and oxidation in subcutaneous adipose tissue during dry-cured ham processing [J]. *Food Chemistry*, 1999 (64): 95~101
- 5 Fidel Toldra, Monica Flores, Yolanda Sanz. Dry-cured ham flavour: enzymatic generation and process influence [J]. *Food Chemistry*, 1997 (59): 523~530
- 6 Molly K, Demeyer D, Civera T, et al. Lipolysis in a Belgian sausage: relative importance of endogenous and bacterial enzymes [J]. *Meat Sci*, 1996 (43): 235~244
- 7 Moltiva M J, Toldra F, Aristoy M C, et al. Subcutaneous adipose tissue lipolysis in the processing of dry-cured ham [J]. *J Food Biochem*, 1993 (16): 323~335
- 8 Motiva M J, Toldra F, Nieto P, et al. Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham [J]. *Food Chemistry*, 1993 (48): 121~125

The Effect of Subcutaneous Adipose Tissue on Quality of Dry-cured Ham

Qiao Fadong

(Bioengineering College of Henan University of Technology, Zhengzhou 450052, China)

ABSTRACT The characteristics of subcutaneous adipose tissue and changes during processing of dry-cured hams were analyzed. The preferential hydrolysis of di-oleoyl-palmitoyl glycerol (POO), di-oleoyl-linoleoyl glycerol (OOL) and palmitoyl-oleoyl-linoleoyl glycerol (POL) released plentiful palmitic acid, oleic acid and linoleic acid because of their low melting point and liquid state at ripening temperature(14~18℃) which favour the lipolysis at the water-oil interface. The proportion of linoleic acid decreased in FFA during processing indicated that part of the linoleic acid was oxidized to form other compounds. The rate of lipolysis was higher during the first 6 months while the proportion of low melting point triacylglycerols decreased. The reactions of fatty acids and/or fatty acids oxidation can produced some volatile compounds contributed to the flavor of the products. Adequate lipolysis and oxidation can improved the quality of the products with less richness, transparent color and good flavor.

Key words dry-cured ham, subcutaneous adipose tissue, characteristic, edible quality