

脂类物质在火腿风味形成中的作用

郇延军, 周光宏, 徐幸莲

(南京农业大学农业部农畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 江苏南京 210095)

摘 要: 脂类物质在火腿风味形成中起重要作用, 他们既是形成风味物质的前体, 也是风味化合物蓄积的溶剂。火腿中的脂类物质主要是甘油酯和磷脂, 磷脂对风味物质形成的贡献更突出。腌制过程中, 脂类物质主要发生了水解、氧化, 氧化产物还可以通过美拉德反应与其它化合物进一步作用形成风味物质。本文综合论述了脂类物质在火腿加工过程中所发生的变化及变化机制, 讨论了这些变化在火腿风味形成中的作用。

关键词: 火腿; 风味; 脂肪; 磷脂

The Role of Lipids in the Formation of Ham Flavour

HUAN Yan-jun, ZHOU Guang-hong, XU Xing-lian

(Key Laboratory of Farm and Animal Products Processing and Quality Control Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Lipids play an important role in the formation of ham flavour, they are predecessor of flavour compounds and also act as a solvent for flavour compounds accumulated during production. The main lipids are triglycerides and phospholipids which contribute more to ham flavour. During curing, lipids mainly undergo hydrolysis and oxidation, the compounds from lipids oxidative changes may also react with others through Maillard reaction to give other flavour compounds. This paper summarized the changes and change mechanisms of lipids during the ham process, discussed the role of these changes in the formation of ham flavour.

Key words: ham; flavour; lipid; phospholipids

中图分类号: TS205.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2004)-01-0186-05

风味是通过摄入口腔的食物的化学感觉而获得的印象, 其中包括香味(嗅觉器官和感觉)、滋味(味觉器官和感觉)和化学感觉因子。在肉制品原料及肉制品风味的研究中, 种类繁多的风味化合物已经得到分离和鉴定, 然而, 没有哪一种化合物或哪一类化合物可以单独形成肉的风味, 肉的风味是多种多类化合物在量上达到一定的平衡共同产生的^[10]。其中脂类物质在风味的形成中起到了很大的作用。脂类物质广泛存在于动物体中, 一般家畜体内脂肪含量约为其活重的10%~20%, 肥育动物可高达30%以上。动物体内的脂肪多以两种形式存在, 一种是中性脂肪, 即甘油酯, 另一类是磷脂。磷脂主要存在于动物体的组织脂肪中。在肌肉内, 磷脂占组织脂肪的比例为25%~50%, 进行肥育者, 磷脂含量减少而中性脂肪含量增高。脂肪组织含有细胞所具有的一般化合物, 包括蛋白质、氨基酸、盐和糖以及脂肪。脂肪和脂肪组织中所含有的水溶性化合物是形成肉特征风味所必须的。

脂类物质在肉制品风味形成中主要有两种作用, 一种作用是形成风味化合物, 该过程经过了水解、氧化, 并且其产物可与其它化合物进一步反应; 另一种作用是作为风味化合物的溶剂, 在风味化合物形成过程中蓄积该类化合物或作为风味物质进一步反应的场所^[10]。

在近期对火腿风味的研究中, 许多研究者分别采用减压蒸馏技术^[16], 溶剂萃取技术, 动态顶空技术^[18]和固相微萃取技术对多种火腿的风味化合物进行了鉴别和定量。由于火腿品种的不同和分析方法的不同, 所鉴定成分也不完全一样。Flores M, Grimm C C等在对西班牙Serrano火腿进行分析时, 采用动态顶空方法, 通过吹扫-冷阱捕集技术浓缩挥发性风味化合物吸附在吸附剂Tenax上, 检测出100多种挥发性物质, 所鉴别的化合物从相对分子量为46的乙醇到相对分子量为184的支链碳氢化合物, 化合物按照其数量上的重要性所排列的顺序是: 17种支链碳氢化合物(占总挥发面积的47%~48%)、17种醇

收稿日期: 2003-03-25

基金项目: 国家863计划课题资助项目(2002AA248031)

作者简介: 郇延军, 副教授, 在职博士生, 主要从事畜产品加工的研究。

(16%~17%)、11种醛(13%~15%)、9种酮(6%~7%)、7种开链烃(6.0%~6.6%)、10种酯(3%~3.5%)、4种芳香烃(1.3%~1.4%)、2种呋喃(0.75%)、2种卤化物(0.6%~0.9%)、3种硝基化合物(0.5%)和其它(1.7%~2.2%)^{[4][27]}。

显而易见,这些化合物并不都是由脂类物质产生,如醛,它可以由脂肪酸氧化产生,也可以由氨基酸经strecker降解产生,而酯、芳香烃、呋喃类化合物则大多不是脂类物质的直接产物,但脂类物质的直接产物与其它化合物的进一步反应则可以形成这些化合物,当然它们也可以经由其它途径,由水溶性物质产生。脂类物质在火腿腌制过程中形成风味成分的途径一般经过了水解、氧化和进一步与其它化合物的反应,如美拉德反应。

1 脂类物质的水解

中性脂肪酸和磷脂的水解和氧化是脂类物质形成风味成分的基础。水解和氧化两个途径密切相关,因为游离脂肪酸比中性脂肪更易于氧化。在通常的肉制品中,pH的高低都不足以形成脂质的酸碱水解,火腿中脂质的水解主要是在酶的作用下进行的。

关于肌肉中脂肪水解酶的研究多有报道,Maria-Jose Motilva在研究干腌火腿腌制过程中脂肪水解现象时指出,酸性脂肪酶主要作用于中性脂肪和胆固醇,最适pH为4~5,中性脂肪酶的最适pH为7~7.5,碱性脂肪酶的最适pH为8~9^[24]。干腌火腿的pH一般在5.5~6.2,因此水解作用主要是酸性脂肪酶和中性脂肪酶产生,它们都能水解中性脂肪和磷脂,其结果是形成了单甘酯和双甘酯及游离脂肪酸^[8]。

对于西班牙Serrano火腿,腌制过程中酸性脂肪酶的活力逐步下降,第15个月,活力下降到原始的10%左右,中性和碱性脂肪酶的活力在开始的2个月活力上升,然后在干制开始的时候又急骤下降,它们在加工末期(第15个月)的活力仍能测到,约为开始时的10%~20%^[23]。Christian S Vestergaard等在研究意大利Parma火腿脂肪水解情况时指出,酸性脂肪酶和中性脂肪酶在6个月时活力达到最大,半膜肌中酸性脂肪酶的活力高于股二肌中的酶活,这一结果与腌制过程中半膜肌中的游离脂肪酸含量高于股二肌中游离脂肪酸的含量相一致^[8]。各种脂肪酸在腌制过程中的含量和变化趋势不完全相同,硬脂酸、油酸、亚油酸、棕榈酸含量相对较高,一般为3~4g/100g,棕榈油酸和花生四烯酸含量较低,最高含量为0.3g/100g,亚麻酸、豆蔻油酸、十五烷酸、十七烷酸含量很低,约为40~60mg/100g。棕榈油酸在整个腌制过程中其浓度一直上升,亚油酸和花生四烯酸在第5个月达到最大值,之后其含量突然下降到最高浓度的70%左右,并基本维持恒定,油酸在第5个月浓度上升到最大,之后基本维持不变,硬脂酸在第5个月上升到最高浓度,之后缓慢

下降,十五烷酸在整个腌制过程中含量基本不变,十七烷酸和亚麻酸在第5个月达到最大值,之后有所下降,豆蔻酸在10~15个月上升幅度较大^{[8][24]}。这些不同的变化趋势除了取决于酶的水解程度之外,与游离脂肪酸的氧化、成酯反应密切相关,事实上,脂肪酸只是第一步反应的产物,它是第二级反应(如氧化反应和与蛋白质之间的反应等)的前体物质,第二级反应是形成风味物质的主要反应^[28]。游离脂肪酸还可以与脂质氧化所产生的醇发生反应生成酯^[24],挥发性脂肪酸形成的酯可以赋予肉制品果香甜味的特征,长链的脂肪酸所产生的酯则会产生一种更具脂香特征的风味^[5]。

酯酶的活力也可以在整个腌制过程中检测到,但其活力很低,酸性酯酶在腌制的前5个月活力较高,之后突然下降,中性酯酶的活力很低,在整个腌制过程中都表现地相当稳定^[24],相对于脂酶而言,酯酶在火腿风味形成中的作用很模糊,整个加工过程中挥发性游离脂肪酸的含量十分低,含量最高的挥发性脂肪酸是乙酸,其它挥发性脂肪酸的含量很低,在2mg/100g以下,甚至可以忽略^[24]。这一结果除了与酯酶的活力低有关外,还与肉中酯酶底物(短链的脂肪酸甘油酯)的不充足有关,肉中的甘油酯和磷脂是长链脂肪酸酯^[21],也说明酯酶在火腿腌制过程中的作用很小^[24]。

Fidel Toldra等在研究干腌火腿脂肪酶的变化时指出,中性脂肪酶和酸性脂肪酶是主要的脂肪水解酶类,其研究和分析统计结果显示磷脂酶没有什么作用^[14]。但这不能说明磷脂在风味形成中的作用小,D S mottram和R a Edwards在研究甘油三酸酯和磷脂在蒸煮牛肉风味中的作用时发现,除去中性脂肪时,肉的风味基本没有变化,当除去中性脂肪和磷脂时,肉的风味有了很大的变化,说明磷脂在风味形成中的重要作用^[10]。磷脂也可以作为脂肪酶的底物在火腿腌制过程中产生水解。Solange Buscailhon等在研究法国干腌火腿加工过程中肌间脂肪的变化时指出,腌制过程中约有8%的脂肪产生水解作用,主要是磷脂,约有2/3的磷脂被水解,使其含量明显下降,中性脂肪受到的影响很小,也说明了磷脂在腌制过程中的重要作用^[29,30]。

2 脂类物质的氧化

脂类物质的氧化与脂肪酸的不饱和度密切相关。猪肉中的主要脂肪酸含量如表1所示^[1]。

干腌火腿的加工周期比较长,一般都在十几个月,这就为肌肉内和脂肪组织中发现的大量的不饱和脂肪酸的脂质分解和氧化降解提供了足够的时间。许多研究已经报导,干腌火腿中特征香味的产生与脂质氧化的开始是一致的^[27]。

2.1 醇的产生 在脂肪的氧化过程中,烷氧基自由基和

表1 猪肉中主要脂肪酸的含量

脂肪酸类别	脂肪酸	含量(%)
饱和脂肪酸	豆蔻酸(C ₁₃ H ₂₇ COOH)	0.7~1.1
	软脂酸(C ₁₅ H ₃₁ COOH)	26~32
	硬脂酸(C ₁₇ H ₃₅ COOH)	12~16
不饱和脂肪酸	豆蔻油酸(C ₁₃ H ₂₅ COOH)	0~0.3
	棕榈油酸(C ₁₅ H ₂₉ COOH)	2~5
	油酸(C ₁₇ H ₃₃ COOH)	41~50
多不饱和脂肪酸	亚油酸(C ₁₇ H ₃₁ COOH)	3~14
	亚麻酸(C ₁₇ H ₂₉ COOH)	0~1
	花生四烯酸(C ₁₉ H ₃₅ COOH)	0.4~3

另一个脂肪分子反应,产生一个醇和一个烷自由基,后者再参与到游离基的链传递过程中去^[3]。由于醇的阈值相对较高,它们的风味在肉制品中被认为并不十分重要^[9]。已经证明,直链的一级醇(C2和C3-烷醇、2-烷醇)相对来说是无风味的,但随着碳链的增长,风味增强了^[15],产生出清香、木香、脂肪香的特征。在Serrano火腿中鉴别的17种醇中,大多数是脂质氧化分解所产生,1-丙醇和1-丁醇可能产生于豆蔻油酸,1-戊醇来自于亚油酸,1-己醇可能是由棕榈酸和油酸生成,1-辛醇来自于油酸的氧化,1-丙烯-3-醇是亚麻酸的氧化产物。而侧链上有甲基的醇则可能是经氨基酸的Strecker降解和还原产生^{[4][11][27]}。

2.2 醛的产生 在脂肪的氧化过程中,烷氧基自由基可以分解为醛和另一个烷自由基^[3]。在火腿的风味成分中,羰基化合物是最大量的一类物质^[32],其浓度随成熟时间的延长而增加。在羰基化合物中,由于醛的阈值很低,并且在脂质氧化中形成的速率很快,因此它对干腌火腿风味形成的贡献很大。多数的直链醛是由于不饱和脂肪酸的氧化形成,如己醛来自于亚油酸的氧化分解,2,4-癸二烯醛是亚油酸氧化的其它产物,而大多数的支链醛则是由于氨基酸的Strecker降解产生。不饱和醛还会发生进一步的氧化反应,产生碳链较短的醛^[9]。3~4个碳原子的醛具有强烈的刺激性风味,5~9个碳原子的醛具有清香、油香、脂香风味,分子量较高的醛具有橘子皮似的风味^[15]。M Du和D U Ahn在研究金华火腿时发现,挥发性成分中15%是醛类物质,因为金华火腿在加工过程中暴露在空气中长达1年之久,许多脂肪氧化产物可以被检测到,其中包括戊醛和己醛^[25]。在serrano火腿中,有四种醛被认为与火腿的芳香风味密切相关:3-甲基丁醛、己醛、辛醛和壬醛,它们具有清香的气味^[27]。T. Amtequera等在研究Iberian火腿脂质氧化时,鉴定出己醛,庚醛,辛醛,壬醛,2-壬烯醛,2,4-壬二烯醛,2,4-癸二烯醛与Iberian火腿的风味相关^[32]。腌制后期和干制过程中的温度与挥发性醛的产生密切相关^{[11][23]}。

2.3 酮的产生 火腿风味成分中的酮也主要是通过脂质

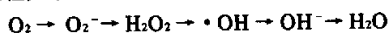
的氧化作用产生^{[4][11][27]}。烷氧基被另一个烷游离基所氧化,生成酮和炔类物质,这是一个链终止反应^[3]。意大利帕尔玛火腿中酮占挥发性物质的7%^[6],西班牙Serrano火腿中酮占挥发性物质的6%~7%,两者十分接近^{[4][27]}。其中的2-庚酮是由亚油酸氧化产生^{[4][11][27][31]},多数的酮具有清香的气味^[15]。

除了以上的风味物质外,还有一些其它的化合物也是由于脂质的氧化降解作用产生的,如2-戊基呋喃被认为是亚油酸的一种氧化产物。但呋喃类化合物的产生并不都是由脂质的氧化降解产生,硫胺素的降解也能产生数量众多的呋喃类化合物^[2]。

脂类物质的氧化过程十分复杂,分为自动氧化和酶氧化两种情况^[3],不管哪种情况都与脂肪中自由基的产生有关^{[3][11]}。

脂肪在氧化过程中,并不是与O₂直接作用的,这是由于脂肪酸与氧结合时,自由能(ΔG)为很高的正值,而反应的活性能也很高,另外氧分子有两个平行自旋的不成对电子,由于受自旋阻遏的影响,O₂很难和具有成对电子结构的不饱和脂肪酸结合,因此不饱和脂肪酸通常被认为不可能直接与O₂结合而发生氧化^[3]。发生氧化的基础是自由基和氢过氧化物的产生^[11]。通常有两种过程,一种是活性氧的产生,一种是铁离子作用下过氧化物的产生^[3]。

活性氧是指具有比氧气分子活泼的氧的某些物质及其衍生物。如:·OH, O₂, H₂O, H₂O₂等。其产生的过程如下^{[3][11]}:



·OH最为活泼,可直接作用于脂肪形成脂类过氧化物ROOH^[11]。

组织中微量的铁离子可以与ADP结合形成[ADP-Fe²⁺-O₂]复合物,该复合物又可以转化为[ADP-Fe³⁺-O₂],且该转化为可逆反应,在一定条件下,这两种复合物可以引发不饱和脂肪酸过氧化,产生RO·, RO₂·, ROOH^[3]。

ROOH不会使脂类过氧化过程延续,但在Fe²⁺和Fe³⁺复合物的存在下,可以进一步转变为RO·和RO₂·自由基而使脂肪氧化继续下去^[3]。

RO·很不稳定,分解为低分子的醛、酮、醇和新的烷基自由基。

RO₂·除了可以与RH反应生成ROOH重复上述变化外,还可以转化为环过氧化物。

酶氧化主要是脂肪氧化酶催化不饱和脂肪酸发生的氧化反应,大多数的脂肪氧化酶以花生四烯酸为主要底物,猪骨骼肌中的脂肪氧化酶还可以亚油酸为底物^[17]。这种对亚油酸较高的活性反映出在猪肌肉中亚油酸的浓度高于花生四烯酸。脂肪氧化酶使1个氧分子与脂肪酸结合,该酶主要作用是从不饱和的脂肪酸中的1,4-戊二烯

结构中有立体取向地消除氢,随后发生氧合作用^[311]。但也有其它反应类型,如在底物的其它部位发生氧化,一级氢过氧化物的进一步氧化,一级氢过氧化物转化为环氧化物^[311],当氢过氧化物通过均裂或 β -裂变分解时,就形成了二级氧化产物^[4111],醛、酮就是对火腿风味贡献很大的二级产物^[4127]。

脂类物质在发生氧化时,不同部位的脂其氧化的程度也不完全相同。M L Timon 等研究了 Iberian 火腿的皮下脂肪、肌内脂肪和肌间脂肪的特点,皮下脂肪中的挥发性成分高于肌间脂肪中的挥发性成分,这是由于挥发性成分的形成涉及到脂的氧化,而表层脂肪较肌间脂肪易受氧气、光线的作用从而易发生氧化,这也解释了表层脂肪的水解程度比较高,但多不饱和脂肪酸(PUFA)含量较低的原因^[26]。

3 脂质和美拉德反应间的相互作用

一些挥发性的风味化合物能够通过脂质和美拉德反应间的相互作用形成。这些挥发性的化合物是含有长链烷基取代基($C_5 \sim C_{15}$)的 O-、N-、S- 杂环化合物。烷基通常是由脂肪族衍生物而来,而脂肪族醛则是由脂肪氧化产生,氨基酸是 N 和 S 的主要来源。这些杂环化合物如:吡啶、吡嗪、噻吩、噻唑和噻唑啉对形成肉的风味做出了贡献。T Antequera 等在研究意大利 Iberian 火腿的脂质氧化时发现,醛类物质的含量在腌制开始阶段持续上升,过氧化值(PV)也持续增高,但到干制阶段(约 168d) PV 没有进一步上升,醛的含量下降^[32]。这可能与该阶段的温度比较高有关,在较高温度下,醛类物质之间以及与它们的降解物之间发生了反应,醛类物质和氨基酸之间,尤其是与碱性氨基酸之间也发生了反应,该反应就是羰基和氨基之间的美拉德反应,干制阶段的条件比较适合于该反应的进行,此时的 pH 为 6.06,半膜肌的水分活度为 0.88,股二肌的水分活度为 0.92^[32]。Linda J 在研究甘油酯和三种磷脂与胱氨酸和核糖的热降解风味成分时指出,胱氨酸和核糖与脂类氧化成分一起受热风味发生了很大变化,最大的变化是醛,尤其是不饱和醛的含量降低,美拉德反应主要降低了不含胆胺的脂肪醛的含量,由磷脂形成的含有胆胺极性基团的不饱和醛有助于席夫(Schiff)碱的形成,美拉德反应也可能会形成呋喃类物质,因为醛的阈值很低,并且被认为与食品哈味相关,因此不论何种机制的美拉德反应都会降低醛的含量,对食品的风味质量产生很重要的影响^[22]。

4 结 语

火腿的风味是火腿质量的一个重要指标,火腿风味形成的因素很多且机制复杂,风味成分也多种多样,没有哪一类化合物能够单独代表火腿的风味。大量的研究

表明,脂类物质是火腿风味形成的前体,也是火腿腌制过程中风味成分蓄积的溶剂,脂类物质经水解、氧化及氧化产物与其它物质之间的美拉德反应对火腿风味形成贡献突出。目前火腿腌制的工艺大多采用传统的腌制工艺,由于对火腿风味形成机制和影响风味形成的因素了解较少,导致对火腿风味的控制比较困难。通过对风味形成机制和影响风味形成条件、参数的研究,可以指导火腿生产工艺的改进,提高产品质量。

参考文献:

- [1] 周光宏,徐幸莲.肉品学[M].北京:中国农业出版社,2001.
- [2] 丁耐克.食品风味化学[M].北京:中国轻工出版社,1996.
- [3] 方允中,李文杰.自由基与酶[M].北京:科学出版社,1994.
- [4] F Shahidi.肉制品与水产品的风味[M].李洁,朱国斌,译.北京:中国轻工出版社,2001.278-291.
- [5] Baines D A, Mlotkiewicz J A. The chemistry of meat flavour. In Recent advances in the chemistry of meat, Ed A J Bailey [M]. London: The Royal society of chemistry, 1984. 119-164.
- [6] Barbieri J L, Denoyer C, et al. Flavour compounds of dry-cured ham[J]. J Agric Food Chem, 1992, 40: 2389-2394.
- [7] Barbieri G, et al. Volatile components of dry cured ham[J]. J Agric Food Chem, 1991, 39: 1257-1261.
- [8] Christian S, Bestergaard, et al. Lipolysis in dry-cured ham maturation[J]. Meat sci, 2000, 55: 1-5.
- [9] Drumm T D, Spanier A M. Changes in the content of lipid autoxidation and sulphur-containing compounds in cooked beef during storage[J]. J Agric Food Chem, 1991, 39: 336-343.
- [10] D s Mottram, R A Edwards. The role of triglycerides and phospholipids in the aroma of cooked beef[J]. J Sci Food Agric, 1983, 34: 517-522.
- [11] E N Frankel. Lipid oxidation: mechanisms, products and biological significance[J]. JAOCS, 1984, 61(12): 1908-1917.
- [12] E Sabio et al. Volatile compounds present in six types of dry-cured ham from south European countries[J]. Food chem, 1998, 46: 493-503.
- [13] Flores M, Grimm C C. Correlations of sensory and volatile compounds of Spanish 'Serrano' dry-cured ham as a function of two processing times[J]. J Agric Food Chem, 1997(b), 45: 2178-2186.
- [14] Fidel Toldra, et al. Pattern of muscle proteolytic and lipolytic enzymes from light and heavy pigs[J]. J Sci Food Agric, 1996, 71: 124-128.
- [15] Forss D A. Odor and flavour compounds from lipids[J]. Prog Chem, Fats and Other Lipids, 1972, 13: 181-258.
- [16] Garcia C, et al. Volatile components of dry cured Iberian ham [J]. Food chem, 1991, 41: 23-32.
- [17] Gata J L, et al. Lipoxigenase activity in pig muscle: purifica-

- tion and partial characterization[J]. J Agric Food chem, 1996, 44: 2573-2577.
- [18] Hinrichsen L L, Pedersen S B. Relationship among flavour, volatile compounds, chemical changes, and microflora in Italian-type dry-cured ham during processing[J]. J Agric Food chem, 1995, 43: 2932-2940.
- [19] Imanaks T, et al. Characterization of lysosomal acid lipase purified from rabbit liver[J]. J Biochem, 1984, 1089-1101.
- [20] Imanaks T, et al. Purification and properties of rabbit liver acid lipase (4-methylumbelliferyl oleate hydrolase)[J]. Biochim Biophys Acta, 1981, 665: 22-330.
- [21] Leseigneuf-Meynier A, Gandemer G. Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of the fibers[J]. Meat Sci, 1991, 29: 229-241.
- [22] Linda J Farmer, Donald S Mottram. Effect of cysteine and ribose on the volatile thermal degradation products of a Triglyceride and Three Phospholipids[J]. J Sci Food Agric, 1992, 60: 489-497.
- [23] L Martin, et al. Evolution of volatile aldehydes in Iberian ham matured under different processing conditions[J]. Meat sci, 2000, 54: 333-337.
- [24] Maria-Jose Motilva, et al. Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham[J]. Food chem, 1993, 48: 121-125.
- [25] M Du D U Ahn. Volatile substances of chinese traditional Jinhua ham and cantonese sausage[J]. J Food sci, 2001, 66(6): 827-831.
- [26] M L Timon, et al. Subcutaneous and intermuscular fat characterisation of dry cured Iberian hams[J]. Meat sci, 2001, 58: 85-91.
- [27] Monica Flores, et al. correlations of sensory and volatile compounds of Spanish "Serrano" dry-cured ham as a function of two processing times[J]. J Agric Food chm, 1997, 45: 2178-2186.
- [28] Moody W G. Beef flavour-a review[J]. Food Technol, 1983, 37: 227-230.
- [29] Solange Buscailhon, G Gandemer, G Monin. Time-Related changes in intramuscular Lipids of French Dry-Cured Ham [J]. Meat Sci, 1994, 37: 245-255.
- [30] Solange Buscailhon, J L Berdague, G Monin. Time-Related changes in Volatile compounds of lean tissue during processing of French Dry-cured ham[J]. J Sci Food Agric, 1993, 63: 69-75.
- [31] St Angelo A J, et al. Identification of lipoxigenase linoleate decomposition products by direct gas chromatography-mass spectrometry[J]. Lipids, 1980, 15: 45-49.
- [32] T Antequera, et al. Lipid oxidative changes in the processing of Iberian pig hams[J]. Food chem, 1992, 45: 105-110.

保健食品清除自由基作用的体外测定方法和原理

文 镜, 贺素华, 杨育颖, 唐秀华
(北京联合大学应用文理学院生物系, 北京 100083)

摘 要: 综述了抗氧化保健食品清除 $O_2 \cdot$ 、 $\cdot OH$ 、 H_2O_2 和 $DPPH \cdot$ 自由基作用的体外实验方法和原理。检测保健食品清除自由基的体外实验方法有多种, 一般采用化学方法在体系中产生自由基, 通过测定自由基与体系中的化学物质或离体组织成分反应所产生的颜色变化、发光现象等间接测定自由基含量或根据氧张力的变化等直接测定自由基含量。当体系中加入有清除自由基作用的保健食品功效成分后, 体系中的自由基含量会减少, 由此确定保健食品清除自由基能力的高低。体外实验的特点是快速、灵敏, 可对保健食品清除自由基作用进行初步分析评价, 适用于筛选抗氧化保健食品功能材料。

关键词: 保健食品; 抗氧化; 自由基; 体外实验方法

收稿日期: 2003-07-21

基金项目: 北京市教委科技发展计划研究课题 (KM200311417142)

作者简介: 文镜(1952-), 男, 主要从事保健食品功能评价原理及方法学的研究。