

甘草提取物对冷藏兔肉糜脂肪酸氧化的影响

徐谓,李洪军,贺稚非*

(西南大学 食品科学学院,重庆,400716)

摘要 以四川白兔后腿肉为原料,通过气相色谱研究兔肉糜在4℃冷藏过程中脂肪酸的变化规律,以及3种甘草提取物对脂肪酸氧化的影响。结果表明:3种甘草提取物对DPPH·有较强的清除能力,且对冷藏过程中兔肉糜脂肪酸的氧化有抑制作用。甘草醇提取物和水提取物对多不饱和脂肪酸的氧化抑制作用较强;甘草醇提取物和购买的甘草提取物对单不饱和脂肪酸氧化抑制效果较好。3种提取物对兔肉糜中n-3和n-6多不饱和脂肪酸氧化均有抑制作用,但不能将n-6/n-3比值维持在(5~10)/1。

关键词 四川白兔;甘草;脂肪酸;气相色谱

兔肉中富含脂肪酸、矿物质、生理活性肽和B族维生素等人体所需的营养物质,已经被认定为功能性食品^[1]。其脂肪酸中不饱和脂肪酸尤其是n-3长链不饱和脂肪酸组成占比高,对降低人体低密度胆固醇,保护心脏等有重要作用^[2]。但不饱和脂肪酸在食品加工及贮藏过程中极易发生氧化,严重时产生不良风味,导致风味劣变^[3-4]。冷藏是兔肉零售中常见的保鲜方式。防止或减缓兔肉冷藏过程中脂肪酸氧化,对于维持兔肉营养品质,保障兔肉的货架品质至关重要。

甘草是一种药食同源的传统食品,具有渊远的食用历史。其所含的甘草酸^[5]、多酚^[6]、黄酮^[7]以及多糖^[8]类物质均有很强的抗氧化作用。甘草提取物在欧盟、美国、中国等均被作为一种安全有效的抗氧化剂允许添加于肉品中^[9]。随着消费者对于食品添加剂了解的深入,大多消费者倾向于选择天然来源的食品添加剂^[10]。这一需求促使甘草提取物等天然抗氧化剂的研究和应用迅速发展。JIANG等^[11]研究了甘草提取物对猪肉饼脂肪氧化的抑制,发现添加0.1%的甘草提取物可显著抑制猪肉饼中脂质氧化,且效果优于迷迭香提取物,与添加0.01%的叔丁基羟基茴香醚(butylated hydroxyanisole, BHA)无显著差异。张慧芸等^[12]将迷迭香和甘草提取物混合液喷洒在猪肉表面,发现喷洒2.5、5、10 mg/mL的甘草提取物均可显著抑制猪肉脂质氧化。ZHANG等^[13]以3~4 g/kg

甘草提取物加饲滩羊,发现羊肉的自由基清除能力和总抗氧化能力显著提升,且羊肉贮藏过程中的脂质氧化减缓。

甘草提取物对肉类脂质氧化的抑制作用已有一定的研究基础,但未见甘草提取物对脂肪酸氧化规律影响的相关报道。通过分析四川白兔后腿肉中脂肪酸的含量,了解兔后腿肉中多种脂肪酸在冷藏过程中的变化规律;并将甘草的水提取物、醇提取物以及市售甘草提取物分别添加于兔肉糜中,分析3种甘草提取物对脂肪酸氧化的影响,为抑制冷藏兔肉脂肪酸的氧化提供安全有效的方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验兔肉,实验所用四川白兔兔肉购于成都鼎鑫兔业发展有限公司龙泉驿兔场。所用实验兔均为同一条件下饲养3个月的四川白兔,平均质量约1.75 kg。取兔后腿作为研究材料。实验用乌拉尔甘草(*Glycyrrhiza uralensis*),购于甘肃省武威市;甘草提取物,购于四川三星堆制药有限公司。

37种脂肪酸甲酯混标,美国Sigma公司;甲醇、乙二胺四乙酸二钠(分析纯),重庆川东化工集团;三氟化硼甲醇(分析纯),上海安谱科学仪器有限公司;三氯甲烷、石油醚、乙醚、三氯乙酸(分析纯),成都市科龙化工试剂厂;硫代巴比妥酸(分析纯),启东市名成化工有限公司。

1.2 仪器与设备

气相色谱分析仪 GC QP2010plus,日本岛津公司;UB-7 pH计,德国Sartorius AG公司;电子分析天

第一作者:硕士研究生(贺稚非教授为通讯作者,E-mail:2628576386@qq.com)。

基金项目:国家兔产业技术体系肉加工与综合利用项目(CARS-44-D-1)

收稿日期:2016-05-22,改回日期:2016-07-05

平,赛多利斯科学仪器有限公司;HH-6 富华数显恒温水浴锅,金坛市富华仪器有限公司;UV-2450 紫外分光光度计,日本岛津公司;JYL-C020 绞肉机,九阳股份有限公司;RE-52AA 真空旋转蒸发器、SHZ-III 型循环水真空泵,上海亚荣生化仪器厂;5702 型台式离心机,德国 Eppendorf 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 甘草提取物的制备

购买的甘草在 25 ℃ 下烘干。用粉碎机磨粉,过 20 目筛。甘草粉装在棕色试剂瓶中,密封后保存于阴凉处备用。购买的甘草提取物直接盛放在棕色试剂瓶中,密封后保存于阴凉处。甘草水提物和醇提物制备参考 TOHMA 等^[14]的方法,并作修改。

甘草水提物:取 25 g 甘草粉末于 500 mL 烧杯中,加入 400 mL 沸水,在磁力搅拌器上加热搅拌 15 min 后用纱布过滤,然后取滤液再用滤纸过滤。取滤液 3 000 r/min 离心 20 min。取上清液在 -84 ℃ 冷冻贮藏。

甘草醇提物:取 12.5 g 甘草粉末,放入 250 mL 三角瓶中,加入 100 mL 乙醇,振荡提取 1 h 后过滤,取滤渣再次提取,重复 2 次,合并滤液。45 ℃ 旋蒸去除乙醇后在 -20 ℃ 下保存。

1.3.2 样品处理

选取 90 日龄的四川白兔,按常规方法屠宰后在冰上分割。取兔后腿肉,剔骨,去除表面脂肪及筋膜结缔组织。将兔肉切成约 (1 × 1 × 1) cm 后,在绞肉机中绞碎 30 s,制成肉糜。将肉糜分别与质量分数 10% 的 3 种甘草提取物溶液混匀后在 4 ℃ 冰箱中冷藏。对照组肉糜与 10% 的水混匀后在 4 ℃ 冰箱中冷藏。

1.3.3 脂肪酸的提取

参考 FOLCH 等^[15]的方法并作修改。取兔后腿腿大肌部分肌肉制成的肉糜样品 10 g,加入 100 mL V(三氯甲烷):V(甲醇) = 3:2 倍液,45 ℃ 恒温振荡 2 h 后过滤。向滤液中加入 30 mL 饱和 NaCl 溶液,振荡摇匀,倒入分液漏斗中静置,分层后分液,使下层清液经无水 Na₂SO₄ 干燥后流入干燥至恒重的三角瓶中,即得到脂肪提取液。在 45 ℃ 下水浴、旋转蒸发,浓缩得肌肉脂肪。

1.3.4 脂肪酸甲酯化

参考 DIAS^[16]等以及 AOAC (association of official analytical chemists) 的方法。向提取得到的肌肉脂肪加入 4 mL V(苯):V(石油醚) = 1:1 混合倍剂,旋转摇

动使之充分溶解后转移至具塞试管中。加入 2 mL 14% 三氟化硼甲醇溶液,混匀,在 45 ℃ 下水浴 30 min,甲酯化。加 1 mL 正己烷溶解脂肪酸甲酯。最后加适量饱和 NaCl 溶液使全部有机相甲酯溶液上升至试管上部。待溶液澄清后吸取上清液,装入气相小瓶中,即可进行气相色谱分析。

1.3.5 脂肪酸组成分析

色谱条件 色谱柱:SPTM-2560 专用柱 (Sigma Aldrich, Supelco, USA; 100 m × 0.25 mm, 0.2 μm); 升温程序:100 ℃ 保持 5 min 后以 4 ℃/min 升至 240 ℃,在 240 ℃ 保持 30 min;载气 (N₂) 流速 3 mL/min;进样量 1 μL;分流比:10:1;进样口温度 250 ℃;检测器温度 260 ℃。

1.3.6 其他指标

DPPH·清除能力测定参考 LI 等^[17]的方法。

TBARS 值测定参照 GB/T 5009.181—2003《猪油中丙二醛的测定》进行,结果以 mg/kg 表示。

1.3.7 统计分析

各处理包含 3 次平行,3 次重复。实验数据表示为均值 ± 标准差 (mean ± SD)。采用 SPSS21.0 统计分析软件进行方差分析和显著性检验,差异显著性分析使用 Turkey HSD 程序 ($P < 0.05$ 差异显著)。采用软件 Origin 作图。肌肉脂肪酸用峰面积归一化法定量。

2 结果与分析

2.1 甘草提取物的自由基清除能力

DPPH·是一种稳定的自由基,结构简单,接受电子或氢自由基成为稳定的抗磁性分子^[18]。采用 DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) 法测定 3 种甘草提取物的自由基清除能力,结果如图 1。

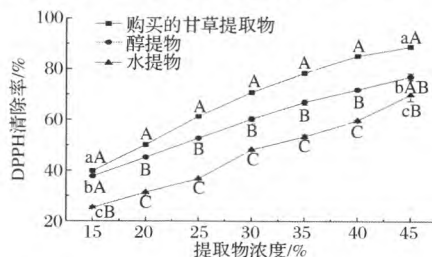


图 1 3 种甘草提取物对 DPPH·清除能力

Fig.1 DPPH· free radical scavenging activity of licorice extracts

注:图 1 中同列不同小写字母(a,b,c)表示差异显著 ($0.01 < P < 0.05$);同列不同大写字母(A,B,C)表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

由图 1 可知,3 种甘草提取物对 DPPH·均有较

强的清除能力。购买的甘草提取物、甘草醇提物、甘草水提物分别在浓度约 20%、25%、30% 时达到半数清除率。其中,购买的甘草提取物由水提醇沉法制备,具有较强的清除活性,DPPH·最高达 90%;甘草醇提物自由基清除能力强于水提物;而水提物在浓度 45% 时自由基清除能力高于 70%。这与 TOHMA 等^[19]研究发现甘草根提取物具有很强的 DPPH·清除能力结果一致。由于 3 种提取物均有较强的自由基清除能力,可分别或混合后用于防止肉品脂质氧化,抑制有害氧化产物形成,维持肉品营养品质,延长货架期。

2.2 兔肉中脂肪酸种类定性分析

采用脂肪酸甲酯混合标准物保留时间对照样品中脂肪酸甲酯保留时间对四川白兔后腿肉中脂肪酸种类进行定性分析(图 2、图 3)。

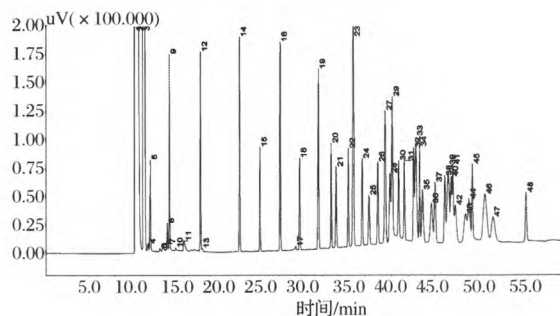


图 2 37 中脂肪酸甲酯混标 GC 出峰图

Fig. 2 Chromatographs of FAME standards mix C₄-C₂₄

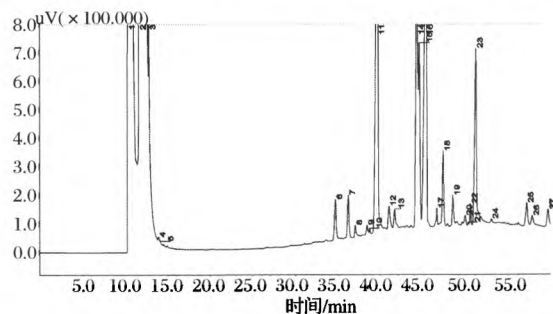


图 3 兔肉中脂肪酸甲酯出峰图

Fig. 3 Chromatographs of fatty acid methyl esters from rabbit meat

由图 2、图 3 分析可知,四川白兔后腿肉中主要有 18 种脂肪酸,依次为 C_{13:0}、C_{14:0}、C_{14:1} (n-6)、C_{15:0}、C_{15:1} (n-6)、C_{16:0}、C_{17:0}、C_{17:1} (n-8)、C_{18:0}、C_{18:1} (n-9)、C_{18:2} (n-6)、C_{20:1} (n-9)、C_{18:3} (n-3)、C_{22:1} (n-9)、C_{20:3} (n-3)、C_{20:4} (n-6)、C_{20:5} (n-3)、C_{22:6} (n-3)。

2.3 甘草提取物对冷藏兔肉脂肪氧化的影响

由图 4 可知,随着冷藏时间的延长,兔肉中丙二醛逐渐积累,含量增大。前 4 d TBARS 无显著变化,

第 6 天起快速增加,对照组在第 10 天达到 1.56 mg/kg。3 种甘草提取物的添加对兔肉中丙二醛的形成均有显著抑制作用,说明 3 种提取物均可抑制兔肉中脂肪氧化分解。从第 6 天起,添加醇提物的兔肉中丙二醛显著低于添加水提物和商品提取物的兔肉。TBARS 值升高表明脂肪酸的逐渐氧化,兔肉的营养品质降低,同时肉的色泽变暗^[20],影响感官品质。

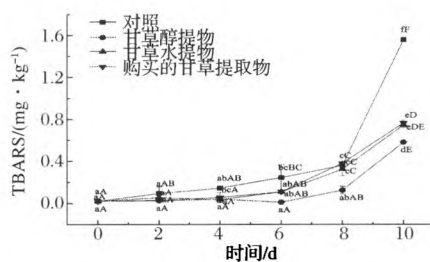


图 4 3 种提取物处理的兔肉在冷藏过程中 TBARS 值的变化

Fig. 4 The effect of licorice extracts on TBARS of rabbit meat during storage at 4 °C

注:图 4 中不同小写字母(a、b、c、d、e、f)表示差异显著(0.01 < P < 0.05);同列不同大写字母(A、B、C、D、E、F)表示差异极显著(P < 0.01)。

2.4 甘草提取物对冷藏兔肉脂肪组成的影响

在贮藏过程中,饱和脂肪酸仅 C_{13:0} 相对含量显著降低,总的饱和脂肪酸相对含量显著升高,这是由于不饱和脂肪酸双键更为活泼,发生氧化分解形成短链的醛、酸等化合物,导致总的饱和脂肪酸相对含量降低。相对于未添加甘草提取物的对照组,添加甘草醇提物和甘草水提物的兔肉饱和脂肪酸含量显著偏低,而添加商品提取物组虽无显著差异,仍略低于对照组。单不饱和脂肪酸中 C_{14:1}、C_{18:1}、C_{20:1} 相对含量相比于鲜肉糜均有降低,其中 C_{18:1} 相对含量在添加醇提物和商品提取物组并未发生显著变化。4 °C 贮藏 10 d 后,未添加提取物组单不饱和脂肪酸低至 17.41%,低于添加醇提物和商品提取物组。总的多不饱和脂肪酸相对含量在冷藏过程中显著降低。其中未添加提取物以及添加水提物和商品提取物的兔肉中 C_{20:3} 在冷藏后相对含量均显著降低,而添加醇提物组的变化不显著。花生四烯酸相对含量在冷藏后降低,但醇提物处理组降低较少,显著高于水提物和商品提取物处理组。二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)相对含量在贮藏过程也显著降低,水提物组 DHA 相对含量较高。

表 1 兔肉糜 4 ℃贮藏 10 d 后脂肪酸组成

Table 1 Fatty acid profile(%) of hindleg muscle during 10 days of storage at 4 ℃

	鲜肉糜	对照	醇提取物	水提取物	商品提取物
C _{13:0}	3.58 ± 0.04 ^a	2.44 ± 0.01 ^b	2.90 ± 0.01 ^c	2.48 ± 0.11 ^b	2.73 ± 0.01 ^d
C _{14:0}	1.09 ± 0.13 ^a	2.39 ± 0.01 ^b	2.48 ± 0.01 ^c	1.91 ± 0.01 ^d	1.42 ± 0.04 ^d
C _{16:0}	27.23 ± 0.4 ^a	29.16 ± 0.01 ^b	26.62 ± 0.12 ^a	26.92 ± 0.19 ^a	29.19 ± 0.47 ^b
C _{18:0}	11.46 ± 0.39 ^a	17.67 ± 0.01 ^b	17.28 ± 0.11 ^b	17.63 ± 0.29 ^b	17.73 ± 0.20 ^b
其他	1.26 ± 0.11 ^a	0.84 ± 0.08 ^{ab}	0.96 ± 0.08 ^{ab}	1.53 ± 0.28 ^{ab}	0.97 ± 0.13 ^b
SFA	44.59 ± 0.86 ^a	52.48 ± 0.08 ^d	50.23 ± 0.15 ^b	50.45 ± 0.10 ^{bc}	52.03 ± 0.43 ^{cd}
C _{14:1} n-6	4.11 ± 0.24 ^a	2.53 ± 0.01 ^b	2.36 ± 0.01 ^b	2.54 ± 0.01 ^b	2.49 ± 0.1 ^b
C _{18:1} n-9	13.68 ± 0.2 ^a	11.32 ± 0.08 ^b	12.395 ± 0.09 ^a	11.755 ± 0.76 ^b	13.345 ± 0.15 ^{ab}
C _{20:1} n-9	1.16 ± 0.08 ^a	1.77 ± 0.01 ^b	3.06 ± 0.01 ^c	1.535 ± 0.01 ^c	1.89 ± 0.03 ^d
其他	2.55 ± 0.61	1.82 ± 0.07	1.71 ± 0.01	1.96 ± 0.41	1.92 ± 0.00
MUFA	21.50 ± 1.13 ^a	17.41 ± 0.02 ^b	18.53 ± 0.11 ^b	17.26 ± 0.36 ^b	18.64 ± 0.09 ^b
C _{18:2} n-6	21.53 ± 0.36 ^c	20.53 ± 0.01 ^b	21.21 ± 0.11 ^c	23.04 ± 0.1 ^d	19.81 ± 0.24 ^a
C _{20:3} n-3	1.61 ± 0.10 ^a	0.535 ± 0.01 ^b	1.36 ± 0.00 ^a	0.375 ± 0.09 ^{cb}	0.62 ± 0.03 ^c
C _{20:4} n-6	7.53 ± 0.33 ^a	7.28 ± 0.03 ^a	7.52 ± 0.02 ^a	6.46 ± 0.28 ^b	6.92 ± 0.05 ^{ab}
C _{22:6} n-3	2.05 ± 0.16 ^c	1.06 ± 0.01 ^{ab}	0.79 ± 0.16 ^a	1.26 ± 0.01 ^b	0.79 ± 0.03 ^a
其他	0.78 ± 0.08 ^b	0.68 ± 0.00 ^b	0.38 ± 0.01 ^a	0.64 ± 0.05 ^b	1.92 ± 0.00 ^c
PUFA	33.49 ± 0.31 ^c	30.08 ± 0.06 ^b	31.25 ± 0.05 ^b	31.77 ± 0.25 ^b	28.83 ± 0.35 ^a
n-3	4.44 ± 0.35 ^a	2.27 ± 0.01 ^b	2.53 ± 0.18 ^b	2.28 ± 0.22 ^b	2.45 ± 0.06 ^b
n-6	29.06 ± 0.04 ^a	27.82 ± 0.04 ^b	28.72 ± 0.13 ^c	29.26 ± 0.01 ^d	26.72 ± 0.28 ^a
n-6/n-3	6.58 ± 0.52 ^a	12.27 ± 0.08 ^b	11.40 ± 0.87 ^b	11.65 ± 1018 ^b	10.27 ± 0.13 ^b

注:10 d 指 4 ℃冷藏 10 d;同行上标不同字母(a、b、c、d)表示差异显著($P < 0.05$)。

冷藏 10 d 后的兔肉中 n-3、n-6 系列多不饱和脂肪酸总量显著减少,仅水提取物处理组的兔肉中 n-6 系列不饱和脂肪酸未发生显著降低。n-3 系列脂肪酸的氧化分解导致 n-6 /n-3 比值升高。贮藏 10 d 后所有处理组 n-6 /n-3 比值均大于 10。FAO/WHO 推荐的人体必需多不饱和脂肪酸 n-6 /n-3 比值为 5-10/1,且较低的比值有助于降低慢性病风险^[21]。新鲜兔肉 n-6 /n-3 比值为 6.58,非常适宜食用;冷藏 10 d 后兔肉中仍有较高含量的人体所需的多不饱和脂肪酸,但其 n-6 和 n-3 系列不饱和脂肪酸的比例不如鲜肉适宜。由于摄入 n-3 系列多不饱和脂肪酸的含量比适宜的 n-6 /n-3 比值更为重要^[22],而添加醇提取物和购买的商品提取物组相对于对照组能较高地保留 n-3 系列不饱和脂肪酸的含量,因此这 2 种提取物可更好的保持兔肉的营养品质。

3 结论

四川白兔后腿肉中部分饱和脂肪酸在冷藏过程中会发生氧化,但饱和脂肪酸氧化相对不饱和脂肪酸氧化分解作用较弱,因此随着不饱和脂肪酸相对含量降低,饱和脂肪酸相对含量升高。冷藏过程中,单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量均有降低,其中花生四烯酸、DHA 等迅速氧化分解,饱和脂肪酸相对含量上升,而丙二醛含量逐渐上升。3 种甘草提取物对

大多数脂肪酸的氧化均有抑制作用,且对各类脂肪酸氧化抑制的效果不同。甘草水提取物和醇提取物对多不饱和脂肪酸氧化有较强的抑制作用;购买的甘草提取物对单不饱和脂肪酸氧化有较好的抑制作用。但 3 种提取物均不能完全防止脂肪酸氧化,且不能同时抑制兔肉中所有种类的脂肪酸氧化。

参 考 文 献

- [1] DALLE ZOTTE A, SZENDRO Z. The role of rabbit meat as functional food[J]. Meat Science, 2011, 88(3): 319 - 331.
- [2] HARRIS W S. International recommendations for consumption of long-chain omega-3 fatty acids[J]. Journal of Cardiovascular Medicine, 2007, 8: S50 - S52.
- [3] FAUSTMAN C, SUN Q, MANCINI R, et al. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control[J]. Meat Science, 2010, 86(1): 86 - 94.
- [4] 葛林梅, 郜海燕, 穆宏磊, 等. 山核桃加工过程脂肪酸氧化及抗氧化能力变化研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(1): 61 - 65.
- [5] MICHAELIS M, GEILER J, NACZK P, et al. Glycyrrhizin exerts antioxidative effects in H5N1 influenza A virus-infected cells and inhibits virus replication and pro-inflammatory gene expression [J]. PLOS One, 2011, 6(5): e19705.
- [6] FAN R, LI N, JIANG X, et al. HPLC-DAD-MS/MS identification and HPLC-ABTS · + on-line antioxidant activity evaluation of bioactive compounds in liquorice (Glycyrrhiza

- uralensis* Fisch.) extract [J]. European Food Research and Technology, 2014, 240(5): 1 035 - 1 048.
- [7] HARAGUCHI H, ISHIKAWA H, MIZUTANI K, et al. Antioxidative and superoxide scavenging activities of retrochalcones in *Glycyrrhiza inflata*[J]. Bioorganic & medicinal chemistry, 1998, 6(3): 339 - 347.
- [8] ZHANG C H, YU Y, LIANG Y Z, et al. Purification, partial characterization and antioxidant activity of polysaccharides from *Glycyrrhiza uralensis*[J]. International journal of biological macromolecules, 2015, 79(5): 681 - 686.
- [9] OLUKOJA A, DONALDSON D. Historical perspectives on health The history of liquorice: the plant, its extract, cultivation, commercialisation and etymology[J]. The Journal of the Royal Society for the Promotion of Health, 1998, 118(5): 300 - 304.
- [10] BEARTH A, COUISN M E, SIEGRIST M. The consumer's perception of artificial food additives: Influences on acceptance, risk and benefit perceptions[J]. Food Quality and Preference, 2014, 38: 14 - 23.
- [11] JIANG J, ZHANG X, TRUE A D, et al. Inhibition of lipid oxidation and rancidity in precooked pork patties by radical-scavenging licorice (*Glycyrrhiza glabra*) extract [J]. Journal of Food Science, 2013, 78(11): C1 686 - C1 694.
- [12] 张慧芸, 孔保华, 孙旭. 迷迭香和甘草复配液对冷却肉李斯特菌抑制效果及品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(5): 199 - 204.
- [13] ZHANG Y W, LUO H L, LIU K, et al. Antioxidant effects of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis*) extract during aging of longissimus thoracis muscle in Tan sheep[J]. Meat Science, 2015, 105(6): 38 - 45.
- [14] TOHMA H S, GULCIN I. Antioxidant and radical scavenging activity of aerial parts and roots of Turkish liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.)[J]. International Journal of Food Properties, 2010, 13(4): 657 - 671.
- [15] FOLCH J, LEES M, SLOANE-STANLEY G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497 - 509.
- [16] INDRASTI D, MAN Y B C, MUSTAFA S, et al. Lard detection based on fatty acids profile using comprehensive gas chromatography hyphenated with time-of-flight mass spectrometry[J]. Food Chemistry, 2010, 122(4): 1 273 - 1 277.
- [17] XICAN LI, JING LIN, YAOXIANG GAO, et al. Antioxidant activity and mechanism of Rhizoma Cimicifugae. Chemistry Central Journal. 2012; 6(1):140.
- [18] 熊双丽, 卢飞, 史敏娟, 等. DPPH 自由基清除活性评价方法在抗氧化剂筛选中的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 380 - 383.
- [19] TOHMA H S, GULCIN I. Antioxidant and radical scavenging activity of aerial parts and roots of Turkish liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.)[J]. International Journal of Food Properties, 2010, 13(4): 657 - 671.
- [20] HERNANDEZ-HERNANDEZ E, PONCE-ALQUICIRA E, JARAMILLO-FLORES M E, et al. Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARS and colour of model raw pork batters[J]. Meat Science, 2009, 81(2): 410 - 417.
- [21] SIMOPOULOS A P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids[J]. Biomedicine & pharmacotherapy, 2002, 56(8): 365 - 379.
- [22] DE SMET S, VAN PAEMEL M, DIERICK, N. (2010). Altering the content of essential nutrients in meats? [C]//Proc. 56th ICoMST, Jeju: Republic of Korea, August 15 - 20, 2010: 25 - 33.

Effect of licorice extracts on fatty acids oxidation in rabbit meat during storage at 4 °C

XU Wei, LI Hong-jun, HE Zhi-fei *

(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China)

ABSTRACT Sichuan white rabbit hind leg meat was used to study fatty acids oxidation. Three different licorice extracts were added to grounded meat. The results indicated that licorice extracts had effective DPPH · scavenging activity and slowed down fatty acids oxidation. Ethanol and aqueous extracts of licorice exhibited significantly inhibition ability of polyunsaturated fatty acid oxidation, while ethanol extract and the purchased extract had stronger effects on monounsaturated fatty acid antioxidation. All extracts shows the inhibition capacity to n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids oxidation, but they were incapable of keeping n-6/n-3 ratio as (5 - 10)/1.

Key words Sichuan white rabbit; licorice; fatty acids; gas chromatography (GC)