

葱姜蒜混合物对炖煮猪肉感官品质、脂肪氧化及脂肪酸组成的影响

王瑞花, 姜万舟, 汪倩, 陈健初, 叶兴乾, 刘东红

(浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 馥莉食品研究院, 浙江省农产品加工技术研究重点实验室, 浙江省食品加工技术与装备工程中心, 浙江杭州 310058)

摘要: 研究了不同添加量葱姜蒜混合物 (onion-ginger-garlic, OGG) (5%、10%、15%) 对炖煮猪肉感官品质 (色泽、质地、滋味、香气)、基本理化指标 (脂肪和水分)、脂肪氧化程度 (过氧化值 (POV) 和硫代巴比妥酸值 (TBA)) 及脂肪酸组成的影响。结果表明: OGG 的添加能够提高炖煮猪肉的感官品质、改善肉的持水力, 且随着 OGG 添加量的增大, 炖煮猪肉的持水力显著提高 ($P < 0.05$)。OGG 能够抑制炖煮猪肉过氧化物及 TBARS 的产生, 且添加量为 15% 的效果最显著 ($P < 0.05$)。炖煮猪肉中添加 OGG 能显著抑制猪肉脂肪酸氧化, 尤其是不饱和脂肪酸的氧化, 且随着添加量的增加其抑制效果也明显提高。此外, OGG 的添加还影响炖煮猪肉脂肪酸含量, 添加 OGG 制得的炖煮猪肉, 其单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量显著升高 ($P < 0.05$), 提高了不饱和脂肪酸(UFA)和饱和脂肪酸 (SFA) 的比例 ($P < 0.05$), 从而改善了猪肉的营养价值。

关键词: 炖煮猪肉; 葱姜蒜复合物; 感官评价; 脂肪氧化; 脂肪酸

文章编号: 1673-9078(2015)9-238-243

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.039

Effects of Ginger, Onion, and Garlic Mixtures on the Sensory Quality, Lipid Oxidation, and Fatty Acid Composition of Stewed Pork

WANG Rui-hua, JIANG Wan-zhou, WANG Qian, CHEN Jian-chu, YE Xing-qian, LIU Dong-hong

(Zhejiang University, College of Biosystems Engineering and Food Science, Fuli Institute of Food Science, Zhejiang Key Laboratory for Agro-Food Processing, Zhejiang R & D Center for Food Technology and Equipment, Hangzhou 310058, China)

Abstract: The effects of the addition of a ginger, onion, and garlic (OGG) mixture on the sensory quality, basic physical and chemical characteristics, level of lipid oxidation and fatty acid composition of stewed pork were evaluated. The results suggested that the addition of OGG improves the sensory quality of stewed pork and the water-holding capacity of the meat, which significantly increased with further addition of OGG ($P < 0.05$). OGG suppressed the formation of peroxides and TBARS in stewed pork, and 15% OGG achieved the most significant effect ($P < 0.05$). The addition of OGG significantly suppressed the oxidation of fatty acids, especially that of unsaturated fatty acids, in stewed pork. The suppressive effect increased significantly as OGG addition increased. Furthermore, OGG affected the fatty acid content of stewed pork. The mono- and polyunsaturated fatty acid contents significantly increased with the addition of OGG ($P < 0.05$), as did the ratio of unsaturated fatty acid to saturated fatty acid ($P < 0.05$), thus improving the nutritional value of pork.

Key words: stewed pork; ginger, onion and garlic mixture; sensory evaluation; lipid oxidation; fatty acids

脂肪是肉制品的重要组成部分, 在肉制品加工过程中脂肪的氧化和水解使肉类的物理和化学特性发生改变, 从而对肉制品的色泽、风味等产生重要影响^[1]。研究发现, 肉制品中挥发性香气物质中 60% 来自脂肪的氧化^[2]。但同时加工过程中的高温条件, 促使肉制品中脂肪氧化和水解, 产生大量过氧化物和自由基等

收稿日期: 2014-12-01

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2014BAD04B01)

作者简介: 王瑞花, 女, 在读硕士, 研究方向: 现代调理食品的研究与开发

通讯作者: 陈健初, 男, 教授, 研究方向: 食品加工

有害物质, 从而对人体的健康形成潜在的危害^[3]。脂肪的氧化和水解不仅与肉的种类、部位等原料特性有关, 也与食品辅料和加工处理方法有很大关系^[4]。以猪肉制品为例, 目前, 很多学者致力于研究不同加工方式对猪肉脂肪的影响^[5-6], 但是对烹饪中添加的辅料对猪肉脂肪氧化及脂肪酸组成的研究未见具体报道。

葱姜蒜是我国传统的药食兼用型植物。在日常生活中也常作为食品辅料用于中式烹饪以改善食品的风味, 提高食品的感官品质。现代研究表明, 葱姜蒜中含有可溶性多糖、酚类物质, 具有保健作用, 添加在

食品中不仅能够改善食品风味,还能通过抗氧化、抑菌的作用提高食品的营养价值。Tang^[5]等在烹制鸡肉卷时加入葱提取液,提高鸡肉卷的持水性,降低鸡肉脂肪的氧化,从而改善鸡肉卷的品质。Cao^[6]等将葱姜蒜混合提取液用于炖煮猪肉的保鲜,延长了炖煮猪肉的货架期。然而,目前尚未有葱姜蒜对烹饪过程猪肉脂肪氧化作用的相关研究。研究葱姜蒜复合物对炖煮猪肉脂肪变化的作用,不仅符合消费者对肉制品的感官品质要求,也能够满足营养健康的需求。因此,本研究结合感官评定及现代仪器分析研究不同添加量葱姜蒜复合物对炖煮猪肉脂肪氧化及脂肪酸组成的影响,为科学地选择烹饪过程中葱姜蒜的添加量提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 实验试剂与amp;仪器

1,1,3,3-四乙氧基丙烷(TEP)、三十七种脂肪酸混标(美国Sigma公司)、十九烷酸(美国sigma公司)、氯仿、甲醇、氢氧化钠、硫代巴比妥酸(TBA)、乙二胺四乙酸(EDTA)、三氯乙酸、硫氰酸钾、氯化亚铁均为分析纯。

Agilent 7890 气相色谱仪(美国Agilent公司); UV2550/2450 紫外-可见分光光度计(日本岛津公司); FSH-II型高速电动匀浆机(江苏金坛市振兴仪器厂); Ti32 红外测温仪(Fluke Corporation); MA-150 水分测定仪; HH-10 数显恒温搅拌水浴锅(金坛市科杰仪器厂); 涡旋机; 电磁炉(美的); JYL-C16V 九阳料理机; 家用煮锅(苏泊尔)。

1.2 葱姜蒜混合物(OGG)的制备

新鲜葱(*Allium cepa* L.)、姜(*Zingiber officinale* Rosc)、蒜(*Allium sativum* L.)购于杭州沃尔玛超市。称取等量葱、姜、蒜混匀置于绞碎机,绞碎1 min至蓉状,按实验要求称取5%、10%、15% ($m_{\text{OGG}}: m_{\text{肉}}$) OGG于纱布制成的包袋中,并置于4℃冰箱中备用。

1.3 原料及烹饪处理

冷鲜猪肉(肋排上五花肉)购于杭州沃尔玛超市。将洗净沥干的五花肉切成约4 cm×3 cm×3 cm的小块(肥瘦质量比约40:60)。烹制方法根据中式传统家庭烹饪方法和文献报道,主要分水焯和炖煮两个阶段。水焯:在不锈钢煮锅中将1000 mL水用电磁炉烧开(设定功率为1300 W),立即放入约500 g切块五花肉,加盖水煮2 min,水浴冷却,沥干。炖煮:采用料水

比 $m:m=1:1.5$,将上述水焯后的五花肉放入4个盛有750 mL水的带刻度煮锅中,加入0%、5%、10%、15% OGG,加盖锅盖,在电磁炉上大火煮沸(设定功率为1300 W),水沸腾后开始计时,并将电磁炉温度调低(设定功率为300 W,测得加热水温95℃,肉中心温度为86℃),炖煮2 h。烹制过程中添加100℃蒸馏水确保体系总质量不变,烹制完成后进行感官评定。剩余肉块捞出,用吸水纸吸干经室温冷却后,去皮,将皮下脂肪和肌肉分开并用绞肉机绞碎均匀,-20℃冷藏用于理化指标和脂肪酸组成的分析。

1.4 感官评价

感官评价实验在感官评定室中进行,鉴定时室温在20~25℃。挑选经过感官评定培训的食品专业学生10人(4男6女)组成感官评定小组,采用打分法,从肉的颜色、香气、滋味及质地四个方面进行评价,满分100分,各指标的感官评定分四个等级,分值在1~25分之间,分值越低,表示样品的品质越差。所有待评样品以统一容器盛装,随机取样,评定员在单独的房间进行评定,评定过程禁止相互讨论,以10 min为时间间隔单位,评定完一个样品后以清水漱口。

1.5 试验方法

1.5.1 水分含量、粗脂肪(TL)的测定

利用MA-150水分测定仪分析样品中水分含量,每个样品重复三次。

粗脂肪含量测定按如下方法,取10 g肉样用100 mL三氯甲烷-甲醇(三氯甲烷与甲醇体积比为2:1)溶液提取。提取的脂肪用旋转蒸发器在真空条件下干燥,总脂含量通过称量得出,表示为g/100 g(以样品干质量计)。得到的总脂肪样品于-20℃条件下避光保存。

1.5.2 过氧化值(POV)的测定

过氧化值的测定参照Margaret R.^[7]的方法,并略作修改。精密吸取1.0 mL上述实验制备的脂质样品与干燥的10 mL比色管内,加0.05 mL 3.5 g/L氯化亚铁溶液,用三氯甲烷-甲醇(7:3)混合溶剂稀释至刻度,混匀。加0.05 mL硫氰酸钾溶液,混匀。室温下放置5 min后,于500 nm波长处测定吸光度。通过与标准曲线的对照计算TBARS值,结果用meq/kg(以肉样计)表示。

标准曲线的制备:分别精确吸取铁标准使用液(10.0 μg/mL)0、0.2、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0 mL于干燥的10 mL比色管中,用三氯甲烷-甲醇(7:3)混合溶剂稀释至刻度,混匀。加0.05 mL硫氰酸钾溶液,混匀。室温下放置5 min后,于500 nm波长处测

定吸光度。

1.5.3 硫代巴比妥酸值 (TBA) 的测定

TBA 值的测定参照 Jin^[8] 的方法, 并略作修改。取 10 g 肉样研细, 加 50 mL 7.5 g/100 mL 的三氯乙酸 (含 0.1% EDTA), 用组织高速匀浆机连续均质处理 30 s (15000 r/min), 混合物用 Whatman No.1 滤纸过滤。取滤液 5 mL, 加 5 mL 0.02 mol/L TBA 溶液, 100 °C 沸水浴中保持 1 h, 取出后流动自来水冷却至室温, 用紫外-可见分光光度计检测反应溶液在 532 nm 波长处的吸光度。通过与 TEP 标准曲线的对照计算 TBA 值, 结果用 mg MDA/kg (以肉样计) 表示 (MDA 为丙二醛)。

标准曲线的制备: 准确称取 0.2000 g TEP, 溶解并定容至 1000 mL, 制成 200 mg/L TEP 标准溶液。再取 200 mg/L TEP 溶液配制 2 mg/L TEP 标准溶液用于以下实验: 于 10.0 mL 加热管中, 分别加入 0、0.8、1.6、2.4、3.2、4.0、5.0 mL 的 2 mg/L TEP 标准溶液, 用去离子水补足至 5.0 mL, 再各加 5.0 mL 的 0.02 mol/L TBA 溶液, 沸水浴 1 h, 取出后流动自来水冷却至室温, 于 532 nm 波长处测定吸光度。

1.5.4 脂肪酸 (FA) 甲酯化及脂肪酸组成的分析

脂肪酸组成分析以 37 种游离脂肪酸混标 (sigma) 标准图谱为参照, 并采用内标法进行定量计算, 内标物为 C_{19:0}。

1.5.4.1 脂肪酸甲酯的制备

脂肪酸甲酯的制备参照 Amira^[9] 的方法, 准确称取 10 mg 前述试验中制备的脂质样品, 依次加入 2 mL 正己烷, 4 mL 2 mol/L 氢氧化钾-甲醇溶液, 室温涡旋 2 min, 静置。正己烷层用 0.22 μm 孔径有机相滤膜过滤后进行气相色谱 (GC) 分析, 进样量为 1 μL。

1.5.4.2 气相色谱 (GC) 分析条件

分析柱使用 Agilent 公司的 DB-23 石英毛细管柱 (60 m×0.32 mm×0.25 μm), FID 检测器, 载气为高纯氮气, 不分流, 进样口温度为 270 °C, 检测气温度 300 °C, 柱升温程序: 起始温度 50 °C, 维持 2 min, 然后以 10 °C/min 升至 180 °C, 维持 5 min, 再以 5 °C/min 升至 230 °C, 保持 2 min。

1.6 数据统计

每个样品设 3 个平行, 采用 Origin8.5 和 SPSS 20.0 软件进行数据分析, 测定结果以平均值±标准差 (means±SD) 表示。实验数据采用 ANOVA 进行邓肯氏 (Duncan's) 差异分析, 以 $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与讨论

2.1 感官评定结果

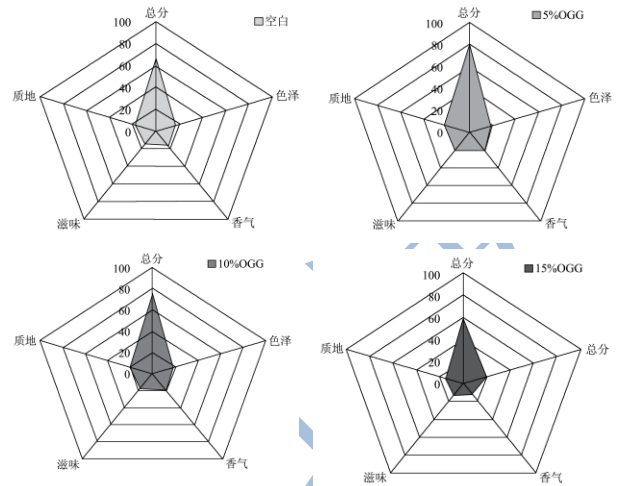


图 1 OGG 对炖煮猪肉感官评价的影响

Fig.1 Effect of OGG on the sensory quality of stewed pork

由图 1 可知, 从色泽、香气、滋味及质地四个方面全面评价 OGG 对炖煮猪肉的影响, OGG 添加量为 5% 的样品获得了最高综合感官评价: 肉色光泽自然, 香气浓郁无异味, 滋味醇厚, 且细嫩多汁。未添加 OGG 和 10% OGG 两组样品感官得分相当, 而当 OGG 添加量为 15% 得分最低, 此时 OGG 的香气过于浓郁掩盖了猪肉特有的香味, 并有异味产生。OGG 对猪肉的香气影响较大, 5% OGG 的香气得分最高 (21.5), 其次是 10% OGG 和空白组 (20 和 17), 15% OGG 香气获得了最低分 (12)。OGG 对肉的色泽、滋味及质地也有一定的影响。添加适量的 OGG 能够使肉色自然有光泽, 去除肉腥味和肥腻味, 肉品细嫩多汁。

2.2 不同浓度 OGG 对炖煮肉物化指标的影响

由表 1 可知, 在未添加 OGG 的情况下, 原料肉经 2 h 炖煮后, 持水力下降, 且脂肪失水较肌肉严重, 脂肪中水分含量由 8.4% 降低到 3.76%, 下降 55.2%, 而肌肉中水分含量则由 48.88% 降低到 38.88%, 下降 20.5%。添加 OGG 后, 脂肪层和肌肉层的水分都有所增加, 且随着 OGG 添加量的增多, 持水力显著提高 ($P < 0.05$)。当 OGG 的添加量达到 15% 时, 炖煮肉的水分含量与原料肉相当, 且比空白组水分升高 87.8% (脂肪层) 和 24.92% (肌肉层)。这表明 OGG 能够提高炖煮猪肉的持水力。持水力是评价肉质最重要的指标之一, 它直接影响肉的滋味、香气、多汁性、嫩度和营养价值等食用品质^[10]。Tang^[5] 等也研究发现将

葱的提取液添加到鸡肉卷中，能够有效改善鸡肉卷的持水力。据文献报道，OGG 中含有丰富的可溶性碳水化合物，尤以果聚糖居多^[11]。这些可溶性糖可能促使肉中水分的保留，从而改善肉及肉制品的持水力。原料肉经 2 h 炖煮后，脂肪层和肌肉层的粗脂肪含量都有所下降。其中，脂肪层和肌肉层粗脂肪含量分别由 8.52 g/100 g、4.03 g/100 g(干重)下降到 7.31 g/100 g、2.47 g/100 g，各下降了 14.2%、38.8%。这与脂肪在长时间炖煮过程中容易降解成挥发性物质有关。与空白组相比，添加 OGG 的样品其脂肪减少明显降低，尤其是当 OGG 的添加量达到 10% 及以上时，效果更为显著 ($P<0.05$)。现有研究证实，OGG 中富含多酚、黄酮等具有抗氧化功能的物质^[12-13]。因此在炖煮肉过程中，添加适量的 OGG，能够抑制脂肪及脂肪酸的过度氧化分解，改善猪肉营养价值。

表 1 OGG 对肉物化指标的影响 (n=3)

Table 1 Effects of OGG on the physical and chemical indices of stewed pork (n = 3)

OGG 添加量 ($m_{OGG}/m_{肉}$)	水分/%		脂肪/(g/100 g, 干重)	
	脂肪层	肌肉层	脂肪层	肌肉层
原料	8.40±0.39 ^c	48.88±0.55 ^d	8.52±0.02 ^d	4.03±0.12 ^c
0	3.76±0.37 ^a	38.88±0.55 ^a	7.31±0.10 ^a	2.47±0.13 ^a
5%	4.59±0.42 ^b	41.71±0.35 ^b	7.34±0.07 ^a	2.44±0.15 ^a
10%	6.94±0.49 ^c	45.30±0.93 ^c	7.54±0.04 ^b	2.93±0.09 ^b
15%	7.06±0.41 ^d	48.57±0.21 ^c	7.93±0.07 ^c	3.16±0.06 ^b

注：同列小写字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)。下同。

2.3 OGG 对炖煮猪肉脂肪氧化作用的影响

脂质氧化是产生肉风味的主要途径，肉类风味的差异主要由脂肪氧化产物不同所致^[14]。脂肪尤其是脂肪酸在加热过程中容易发生氧化，生成酮、醛、酸等对风味化合物有重要作用的挥发性羰基化合物，这些物质还可与氨基酸或美拉德反应的中间产物进行后续反应，生成风味化合物^[11]。但同时由于不饱和脂肪酸含有双键更容易被氧化，从而降低了肉的营养价值；另外，脂肪的过度氧化会产生大量过氧化物及自由基，食用后会对人体产生危害。因此在炖煮过程中，可以适量添加天然植物性抗氧化剂作为辅料，在保证肉香的同时提高肉的食用价值。

2.3.1 OGG 对过氧化值 (POV) 的影响

POV 值是反映脂肪氧化程度的重要参数，是测定不饱和脂肪酸的初级氧化产物—氢过氧化物含量的理化指标，它表明脂肪发生初级氧化的程度。过氧化值越高，脂肪氧化的初级产物积累越多，而这些初级氧化产物一般都很不稳定，会进一步分解成其他小分子

化合物，如醛、酮等羰基化合物。

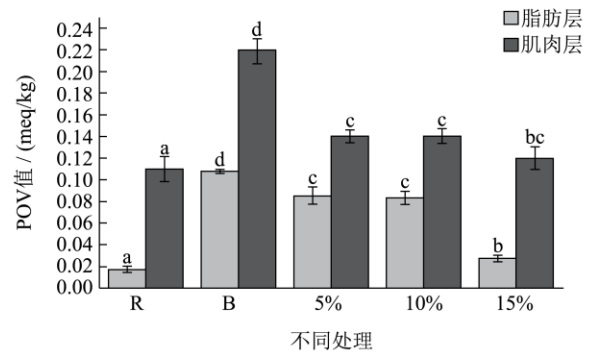


图 2 不同浓度 OGG 对肉过氧化值 (POV) 的影响

Fig.2 Effects of various concentrations of OGG on the POV of stewed pork

注：R. 原料肉；B. 空白；5%、10%、15% 分别表示 OGG 添加量 ($W_{OGG}/W_{肉}$)；小写字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)。下同。

由图 2 可知，原料肉的 POV 值较低，在未添加 OGG 的情况下，猪肉经 2 h 炖煮后 POV 值升高，尤以脂肪层的 POV 值变化显著 ($P<0.05$)，由 0.016 meq/kg 升高到 0.107 meq/kg，而肌肉层则由 0.11 meq/kg 升高到 0.22 meq/kg。且肌肉的 POV 值始终高于脂肪 POV 值。这表明猪肉经炖煮，脂肪发生氧化分解产生丰富的过氧化物。肌内脂肪是由甘油三酯、磷脂和游离脂肪酸组成，而磷脂和游离脂肪酸较甘油三酯更容易被氧化产生过氧化物及其他挥发性物质^[14]。OGG 能够显著降低猪肉炖煮后的 POV 值，减少过氧化物的形成 ($P<0.05$)。其中，OGG 添加量为 5% 和 10% 时都能够有效降低 POV 值，且二者的抑制效果差异不显著 ($P>0.05$)，但当 OGG 添加量增加到 15% 时，其抑制效果最为显著 ($P<0.05$)。过氧化物只是脂肪氧化的初级氧化产物，它的含量取决于生成量和降解量的比率。本实验测得的 POV 值略低于文献报道。顾伟钢^[15]等测得红烧肉制作过程中，POV 值先上升后下降，其成品的 POV 值为 4.32 meq/kg。造成上述结果差异的主要原因是选用原料及加工方式等的不同。

2.3.2 OGG 对硫代巴比妥酸值 (TBA 值) 的影响

TBA 值是指油脂中不饱和脂肪酸氧化分解所产生的次级产物如丙二醛等与 TBA 反应的结果，其值的高低表明脂肪次级氧化的程度。

由图 3 可知，原料肉中脂肪层和肌肉层的 TBA 值分别为 0.52 mg MDA/kg、0.21 mg MDA/kg，未添加 OGG 的情况下，炖煮后可达到 2.71 mg MDA/kg、1.27 mg MDA/kg，TBA 值在炖煮过程中显著增加 ($P<0.05$)。这表明经过高温水焯和低温慢炖后原料肉

脂肪氧化明显，次级氧化产物生成较多。添加 OGG 后，脂肪层和肌肉层的 TBA 值都有明显的降低，说明 OGG 能够抑制猪肉次级氧化产物的生成。且 TBA 值随着 OGG 添加量的增加逐渐降低，尤以脂肪层 TBA 值变化显著 ($P < 0.05$)，肌肉层 TBA 值虽有下降但不显著 ($P > 0.05$)。该结果与上述 POV 值一致，表明 OGG 具有抑制炖煮猪肉脂肪氧化分解的功能，且 OGG 的抗氧化性与其添加量相关。本实验所得结果与文献报道相一致，Tang^[5]等研究证实烹制鸡肉时添加一定量的葱提取液能够明显降低鸡肉的 TBA 值；Cao^[6]等报道葱姜蒜混合提取液用于炖煮猪肉的保藏中能够延缓猪肉在贮藏过程中的脂肪氧化，延长货架期。

氧化分解产生挥发性物质，脂肪酸的含量取决于其形成和降解量的比率。不同添加量 OGG 对炖煮猪肉脂肪酸组成及含量的影响见表 2。

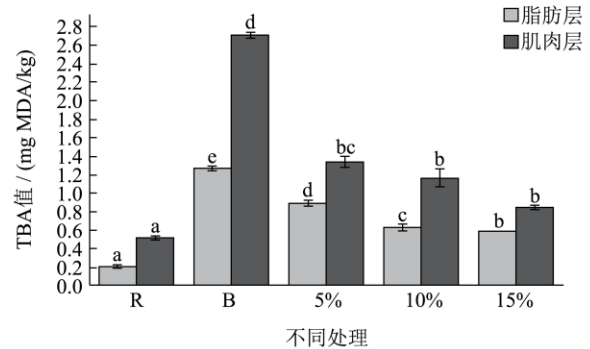


图 3 不同添加量 OGG 对肉硫代巴比妥酸值 (TBA) 的影响

Fig.3 Effects of various amounts of OGG on the TBA value of stewed pork

2.4 OGG 对炖猪肉脂肪酸 (FA) 影响

加热期间，脂肪降解形成脂肪酸，脂肪酸进一步

表 2 不同添加量 OGG 对肉中脂肪酸含量的影响 (g/100g 鲜重, n=3)

Table 2 Effects of various amounts of OGG on the fatty acid content of stewed pork (g/100g of fresh weight; n = 3)

脂肪酸	脂肪层					肌肉层				
	YL	KB	5%	10%	15%	YL	KB	5%	10%	15%
C _{10:0}	0.07±0.01 ^{ab}	0.06±0.01 ^a	0.06±0.01 ^a	0.07±0.01 ^a	0.08±0.01 ^b	0.05±0.01 ^a	0.05±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a
C _{13:0}	0.08±0.00 ^a	0.06±0.01 ^a	0.06±0.00 ^a	0.06±0.01 ^a	0.07±0.00 ^a	0.04±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.01 ^a
C _{15:0}	1.35±0.02 ^b	1.05±0.09 ^a	1.25±0.05 ^b	1.14±0.17 ^{ab}	1.29±0.02 ^b	0.89±0.09 ^a	0.80±0.14 ^a	0.77±0.01 ^a	0.79±0.02 ^a	0.78±0.14 ^a
C _{16:0}	0.12±0.00 ^a	0.10±0.02 ^a	0.10±0.01 ^a	0.10±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a	0.06±0.01 ^a	0.05±0.01 ^a	0.05±0.00 ^a	0.05±0.00 ^a	0.05±0.01 ^a
C _{18:0}	2.10±0.01 ^c	1.59±0.08 ^a	1.96±0.09 ^c	1.79±0.00 ^b	2.03±0.04 ^c	1.44±0.15 ^a	1.29±0.23 ^a	1.26±0.02 ^a	1.27±0.04 ^a	1.34±0.23 ^a
C _{20:0}	0.02±0.00 ^b	0.02±0.01 ^a	0.02±0.00 ^{ab}	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.01 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.01 ^a
C _{24:0}	0.24±0.01 ^a	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.06±0.02 ^a	0.06±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a
SFA	3.98±0.01 ^c	2.88±0.2a	3.45±0.14 ^{cd}	3.18±0.11 ^{bc}	3.60±0.06 ^d	2.50±0.27 ^a	2.05±0.39 ^a	2.24±0.05 ^a	2.27±0.05 ^a	2.31±0.40 ^a
C _{15:1}	0.03±0.01 ^b	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.11±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a
C _{16:1}	nd	nd	0.01±0.00 ^a	nd	nd	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a
C _{17:1}	0.75±0.01 ^c	0.53±0.02 ^a	0.70±0.03 ^{bc}	0.67±0.05 ^b	0.73±0.01 ^c	0.47±0.01 ^a	0.47±0.08 ^a	0.45±0.01 ^a	0.48±0.01 ^a	0.44±0.08 ^a
C _{18:1n7t}	0.17±0.02 ^a	0.16±0.04 ^a	0.17±0.01 ^a	0.16±0.01 ^a	0.17±0.00 ^a	0.10±0.01 ^a	0.10±0.02 ^a	0.09±0.00 ^a	0.09±0.01 ^a	0.09±0.02 ^a
C _{20:1}	0.04±0.00 ^a	0.04±0.01 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.01 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.01 ^a
C _{24:1}	0.31±0.02 ^c	0.22±0.00 ^b	0.14±0.01 ^a	0.12±0.01 ^a	0.35±0.03 ^d	0.30±0.13 ^c	0.24±0.04 ^b	0.08±0.01 ^a	0.06±0.00 ^a	0.10±0.01 ^{ab}
MUFA	1.32±0.00 ^b	0.96±0.03 ^a	1.07±0.03 ^c	1.10±0.05 ^a	1.30±0.02 ^b	0.92±0.11 ^b	0.86±0.07 ^{ab}	0.96±0.01 ^a	0.97±0.02 ^a	0.98±0.12 ^a
C _{18:2n6c}	0.03±0.00 ^b	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^{ab}
C _{18:3n6}	0.06±0.00 ^a	0.07±0.00 ^b	0.08±0.00 ^c	0.09±0.00 ^d	0.09±0.00 ^c	0.06±0.01 ^c	0.06±0.01 ^{bc}	0.06±0.00 ^b	0.05±0.00 ^a	0.05±0.00 ^a
C _{18:3n3}	0.05±0.00 ^b	0.04±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	0.05±0.00 ^b	0.05±0.00 ^{ab}	0.04±0.01 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.03±0.01 ^a
C _{20:2}	0.02±0.00 ^a	nd	0.02±0.00 ^a	nd	nd	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^{ab}	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^{ab}
C _{20:5n3}	0.02±0.00 ^a	nd	0.09±0.01 ^b	0.09±0.01 ^b	0.09±0.22 ^b	nd	nd	0.06±0.02 ^a	0.06±0.03 ^a	0.05±0.00 ^a
PUFA	0.18±0.01 ^c	0.13±0.00 ^a	0.25±0.01 ^b	0.26±0.01 ^d	0.26±0.00 ^d	0.13±0.00 ^a	0.13±0.01 ^a	0.19±0.04 ^b	0.18±0.04 ^{ab}	0.16±0.11 ^a
UFA	1.50±0.01 ^c	1.09±0.03 ^a	1.32±0.04 ^d	1.36±0.07 ^b	1.56±0.02 ^c	1.05±0.10 ^b	0.99±0.08 ^b	1.15±0.03 ^b	1.15±0.06 ^{ab}	1.14±0.13 ^a
UFA:SFA	0.38±0.00	0.38±0.02	0.39±0.01	0.43±0.00	0.43±0.01	0.42±0.09	0.44±0.04	0.51±0.01	0.51±0.02	0.50±0.01

注: nd 表示未检测到物质, SFA: 饱和脂肪酸, MUFA: 单不饱和脂肪酸, PUFA: 多不饱和脂肪酸, UFA: 不饱和脂肪酸。

原料肉及炖猪肉的主要脂肪酸为饱和脂肪酸 (SFA), 其次为单不饱和脂肪酸 (MUFA)、多不饱

和脂肪酸 (PUFA)。其中硬脂酸 (C18:0) 是肉的主要 SFA; 油酸 (C18:1) 和十七烯酸 (C17:1) 是主要 MUFA;

亚麻酸 (C18:3) 和亚油酸 (C18:2) 为主要 MUFA。不同处理烹制得的肉, 其脂肪酸组成基本相同, 由此可见, OGG 对脂肪酸组成影响不明显。

在未添加 OGG 的情况下, 原料肉经过 2 h 炖煮, SFA 的含量显著降低, 肥肉和瘦肉 SFA 含量分别下降了 27.8%, 18.5% ($P < 0.05$)。MUFA 和 PUFA 的含量也有所下降, 但不饱和脂肪酸和饱和脂肪酸的比例 (UFA/SFA) 没有明显变化, 分析其原因是猪肉长时间炖煮中, SFA 和 UFA 同时发生氧化分解, 产生低分子挥发性物质。由表 2 可以看出, 添加 OGG 后炖煮猪肉的 SFA、MUFA 及 PUFA 含量都明显提高, UFA 与 SFA 的比例大大提高 ($P < 0.05$)。OGG 添加量对脂肪酸含量的影响较显著。与空白对照组相比, 当 OGG 添加量为 15% 时, 炖煮猪肉脂肪层和肌肉层的饱和脂肪酸分别由 2.88 g/100 g、2.05 g/100 g 提高到 3.60 g/100 g、2.31 g/100 g; 不饱和脂肪酸分别由 1.09 g/100 g、0.99 g/100 g 提高到 1.56 g/100 g、1.44 g/100 g; UFA 与 SFA 的比例则由 0.38、0.44 提高到 0.43、0.50。OGG 在炖煮过程中能够有效抑制脂肪酸 (FA) 尤其是 UFA 的氧化。SFA 作为主要供能物质, 适量摄入能够保障机体日常活动所需能量。UFA 具有降低低密度脂蛋白胆固醇的作用, 可以预防动脉硬化及心血管疾病等^[7]。因此, 在炖煮中添加适量 OGG 可以在改善风味的同时有效提高猪肉的营养价值。

4 结论

4.1 随着经济的发展, 消费者对饮食的要求也不断提高, 饮食不仅是吃的饱, 更要吃的天然、健康及营养。葱姜蒜是具有保健作用的天然植物香料, 在中式烹饪中具有重要的作用。感官评定结果表明 OGG 的添加量为 5% 烹制得的猪肉香味浓郁, 细嫩多汁。猪肉经过长时间炖煮后持水力显著下降, 表现为肌肉较硬难咀嚼, 脂肪肥腻。OGG 中含有丰富的可溶性糖, 适量添加能够提高明显熟肉的持水力。以过氧化值和 TBARS 评价炖煮猪肉脂肪氧化情况, 由于 OGG 本身的抗氧化作用, 添加 OGG 可以减少猪肉烹饪过程中形成的过氧化物和 TBARS。且 5% 和 10% OGG 的抗氧化效果相当, 15% 较前二者抗氧化效果尤为显著 ($P < 0.05$), 但当 OGG 浓度为 15% 时, OGG 气味过于浓烈, 降低了猪肉的感官品质。因此, 综合上述因素烹制猪肉时添加 5% 左右的 OGG 为宜。

4.2 脂肪酸是人体重要的营养素之一, 其组成和含量关系到肉的营养价值。OGG 影响肉中脂肪酸含量但对脂肪酸组成的作用不明显。硬脂酸 (C18:0)、油酸 (C18:1)、十七烯酸 (C17:1)、亚麻酸 (C18:3)、亚

油酸 (C18:2) 是原料肉和炖猪肉的主要脂肪酸。炖煮过程饱和脂肪酸(SFA)和不饱和脂肪酸(UFA)同时发生降解反应, 含量下降。OGG 能够提高炖煮猪肉的 SFA、MUFA 及 PUFA 含量, 尤其是 UFA 的含量, 使得 UFA 与 SFA 的比例大大提高, 改善肉的营养价值。

参考文献

- [1] 欧全文,王卫,张崑,等.肉类风味的研究进展[J].食品科技, 2012,37(12):107-110
OU Quan-wen, WANG Wei, ZHANG Yin, et al. Development of meat flavor research [J]. Food Science and Technology, 2012, 37(12): 107-110
- [2] Gorelik S, Lapidot T, Shaham I, et al. Lipid peroxidation and coupled vitamin oxidation in simulated and human gastric fluid inhibited by dietary polyphenols: Health implications [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(9): 3397-3402
- [3] 黄业传,李洪军,吴照明.猪肉烤制过程中脂肪含量和脂肪酸组成的变化[J].食品科学, 2011,3(4): 213-219
HUANG Ye-chuan, LI Hong-jun, WU Zhao-min, et al. Changes in Lipid Content and Fatty Acid Composition of Pork during Roasting [J]. Food Science, 2011, 3(4): 213-219
- [4] 张进杰,顾伟钢,吕兵兵,等.杨梅果渣提取物在鲜、熟猪肉中抗菌和抗氧化作用研究[J].中国食品学报,2011,11(5):100-107
ZHANG Jin-jie, GU Wei-gang, LV Bing-bing, et al. Antioxidative and antibacterial actions of bayberry pomace extract in raw and cooked pork [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2011, 11(5): 100-107
- [5] Xueyan Tang, Cronim D A. The effects of brined onion extracts on lipid oxidation and sensory quality in refrigerated cooked turkey breast rolls during storage [J]. Food Chemistry, 2007, 100(2): 712-718
- [6] Yumin Cao, Weigang Gu, Jinjie Zhang, et al. Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage [J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 1655-1660
- [7] Margaret R. Neff, Satyendra P. Bhavsar, Eric Braekevelt, et al. Effects of different cooking methods on fatty acid profiles in four freshwater fishes from the Laurentian Great Lakes region [J]. Food Chemistry, 2014, 164: 544-550
- [8] Guofeng Jin, Jinhao Zhang, Xiang Yu, et al. Lipolysis and lipid oxidation in bacon during curing and drying-ripening [J]. Food Chemistry, 2010, 123(2): 465-471

- [9] Amira Mnari Bhourri, Hanene Jrah Harzallah, Madiha Dhibi, et al. Nutritional fatty acid quality of raw and cooked farmed and wild sea bream(*Sparus aurata*) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(1): 507-512
- [10] 高晓平,柳艳霞,赵改名,等.屠宰因素对肌肉保水性影响的研究进展[J].现代食品科技,2007,23(2): 98-100
GAO Xiao-ping, LIU Yan-xia, ZHAO Gai-ming, et al. Advance in the research of slaughter on water holding capacity of muscle [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2007, 23(2): 98-100
- [11] Sabine Baumgartner, Thomas G. Dax, Werner Praznik, et al. Characterisation of the high-molecular weight fructan isolated from garlic (*Allium sativum* L.) [J]. *Carbohydrate Research*, 2003, 328(2): 177-183
- [12] Shirin Adel P R, Prakash J. Chemical composition and antioxidant properties of ginger root (*Zingiber officinale*) [J]. *Journal of Medicinal Plant Research*, 2010, 4(24), 2674-2679
- [13] Naznin, Most Tahera, Maeda, Tomoko, Morita, Naofumi. Antioxidant functions of E- and Z-Ajoene derived from Japanese garlic [J]. *International Journal of Food Properties*, 2010, 13(4): 821-829
- [14] Donald S Mottram. Flavour formation in meat and meat products: a review [J]. *Food Chemistry*, 1998, 62(4):415-424
- [15] 顾伟钢,张进杰,姚燕佳,等.红烧肉制作过程中脂肪氧化和脂肪酸组成的变化[J].食品科学,2011,32(17):76-80
GU Wei-gang, ZHANG Jin-jie, YAO Yan-jia, et al. Lipid oxidation and fatty acid composition change during the processing of stewed pork [J]. *Food Science*, 2011, 32(17):76-80