

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20190917001

http://www.yykxjz.cn/

陈小雷, 胡王, 马朝彬, 凌俊, 段国庆, 鲍凯. 丁香油对蟹黄鲜虾酱贮藏品质的影响. 渔业科学进展, 2020, 41(6): 181–191
Chen XL, Hu W, Ma CB, Ling J, Duan GQ, Bao K. Effects of clove oil on storage quality of crab cream and shrimp sauce. Progress in Fishery Sciences, 2020, 41(6): 181–191

丁香油对蟹黄鲜虾酱贮藏品质的影响*

陈小雷¹ 胡王^{2①} 马朝彬³ 凌俊¹ 段国庆¹ 鲍凯⁴

(1. 安徽省农业科学院水产研究所 水产增殖安徽省重点实验室 合肥 230031;
2. 安徽省农业科学院 合肥 230031; 3. 阜阳市老庙镇农村综合服务站 阜阳 236143;
4. 安徽惠民实业有限责任公司 芜湖 238331)

摘要 将丁香油添加到蟹黄鲜虾酱中, 25℃恒温贮藏 180 d, 通过对蟹黄鲜虾酱贮藏过程中丙二醛含量、总巯基含量、脂肪酸组成及含量、呈味物质含量进行定期检测, 并结合滋味物质的味道强度值和味道当量在贮藏过程中的变化, 探索丁香油对蟹黄鲜虾酱贮藏过程品质的影响。结果显示, 丁香油能抑制丙二醛的生成、总巯基的降低和不饱和脂肪酸的分解, 添加丁香油的蟹黄鲜虾酱呈味核苷酸、鲜味氨基酸、甜味氨基酸、游离氨基酸含量和味精当量值显著高于不添加丁香油的蟹黄鲜虾酱。研究表明, 在贮藏过程中, 丁香油对蟹黄鲜虾酱不仅具有抗脂肪和蛋白质氧化的作用, 还能够提高其贮藏稳定性和风味。

关键词 丁香油; 蟹黄鲜虾酱; 脂肪酸; 呈味核苷酸; 游离氨基酸

中图分类号 S984 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2020)06-0181-11

蟹黄鲜虾酱是将巢湖秀丽白虾(*Exopalaemon modestus*)、河蟹(*Eriocheir sinensis*)蟹黄焗炒后添加到黄豆酱中, 经炒制、调味、冷却、包装、高温杀菌后制成的佐餐调味酱。蟹黄鲜虾酱油脂含量高, 富含高蛋白、高不饱和脂肪酸蟹黄、鲜虾的添加使其在贮藏过程中更易出现脂肪酸败和蛋白质氧化变质, 进而影响蟹黄鲜虾酱的组织、风味等特性, 且氧化产物会引起人体动脉粥样硬化、胃肠病以及癌症等(Negre-Salvayre *et al.*, 2010)。

丁香既是 GB2760-2014 中允许使用的食用香料, 又是植物源食品保鲜剂和抗氧化剂, 除赋予食品独特的风味外(Suhaj, 2006), 还能降低食品的过氧化物质

(沈勇根等, 2012), 抑制汉母逊氏酵母菌(*Torulopsis*)、青霉(*Penicillium*)、黑曲霉(*Rhizopus*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)和大肠杆菌(*Escherichia coli*)的生长(吴传茂等, 2000), 丁香油和桂皮油复合使用能延缓冷却猪肉的腐败变质(姚成强等, 2011), 丁香醇提取物可以延长新鲜羊肉保质期至 4 d (Kumudavally *et al.*, 2011)。在实际使用过程中, 丁香油少量添加达不到抗氧化效果, 大量使用则会影响产品的风味。基于此, 本研究着重考察丁香油作为香料和抗氧化剂对蟹黄鲜虾酱贮藏过程中风味、脂肪酸组成及含量、蛋白质和脂肪氧化的影响, 以探索蟹黄鲜虾酱贮藏过程中, 脂肪氧

* 芜湖市科技攻关(2018cg22)、安徽省农业科学院创新团队(15C0501)、国家虾蟹产业技术体系(CARS-48)和安徽省水产产业技术体系(皖农科〔2016〕84号)共同资助 [This work was supported by Wuhu Scientific and Technological Project (2018cg22), the Scientific and Technological Innovation Project Supported by Anhui Academy of Agricultural Sciences (15C0501), Modern Shrimp-Crab-Industry and Technology Research System (CARS-48), and the Earmarked Fund for Anhui Fishery Research System (2016-84)]. 陈小雷, E-mail: chenxiaolei3344@126.com

① 通讯作者: 胡王, 副研究员, E-mail: huwang101@sina.com

收稿日期: 2019-09-17, 收修改稿日期: 2019-10-28

化与脂肪酸组成及含量的关系,并为丁香油在酱制品的工业化应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

蟹黄鲜虾酱采自安徽省惠民实业有限责任公司,采购时间为2018年6月;丁香油为丁香全提取物,总酚含量约80%,购自陕西浩洋生物科技有限公司,采购时间为2018年6月。

高氯酸、尿素、十二烷基磺酸钠、乙二胺四乙酸、Tris-HCl 均为分析纯,购自国药集团化学试剂有限公司;IMP(5'-肌苷酸)标准品、GMP(5'-鸟苷酸)标准品、AMP(5'-腺苷酸)标准品,购自上海安谱实验科技股份有限公司;MDA 试剂盒和 BCA 试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

1.2 实验仪器

FA25 型高速分散机,弗鲁克(上海)公司;CR22G 型高速冷冻离心机,日本日立公司;TU-1901 紫外-可见分光光度计,北京普析通用仪器公司;L-8900 全自动氨基酸分析仪,日本日立公司;GC-2010 Plus 气相色谱仪,日本岛津公司。

1.3 实验方法

1.3.1 样品处理 按照安徽省惠民实业有限责任公司生产蟹黄鲜虾酱常规方法制好后,平均分成2组:1组按酱质量添加0.2%丁香油,混匀,分装后121℃高温灭菌30 min,为实验组;另1组分装后121℃高温灭菌30 min,为对照组。2组样品于25℃恒温贮藏,每45 d 取样进行检测,每组6个平行。

1.3.2 游离氨基酸的测定 参考 Wang 等(2016)的方法并稍作修改。将酱制品混匀,取适量均质后加入15 ml 5%三氯乙酸溶液,冰浴匀浆2 min,超声5 min 后静置2 h,4℃ 15000 r/min 离心10 min。取5 ml 上清液,用1 mol/L NaOH 溶液调节pH至(2.00±0.05)后,蒸馏水定容至10 ml。取适量溶液过0.45 μm 的水相针式超滤膜后待检测。将待测液放入自动氨基酸分析仪中,在570和440 nm (Pro)下进行检测。

1.3.3 脂肪酸的测定 按照 GB 5009.168-2016 方法测定。

1.3.4 呈味核苷酸的测定 参照 Kong 等(2012)的方法并稍作修改。称(5.00±0.01) g 样品均质后加入30 ml 4℃预冷的5% HClO₄ 溶液,冰浴匀浆2 min 后超声5 min,然后4℃ 15000 r/min 冷冻,离心10 min

取上清液,向沉淀加入10 ml 4℃预冷的5% HClO₄ 溶液,重复上述步骤至离心结束,合并2次上清液,用提前配好的KOH和HClO₄ 溶液调节pH至5.75,之后将上清液定容至50 ml,取适量用0.22 μm 微量过滤膜过滤至进样瓶,待测。

高效液相色谱条件如下:色谱柱:岛津 Intersil ODS-3(205.0 mm×4.6 mm);柱温为30℃;流动相:甲醇(A)和pH为5.75的磷酸缓冲液(B);流速:1 ml/min;洗脱程序见表1,洗脱时间为30 min;PDA 检测器全波段扫描,选取248 nm 进行数据处理。

1.3.5 味道强度值(TAV)及味精当量(EUC) 参照王丹青等(2018),滋味物质的味道强度值(Taste activity value)的计算公式如下:

$$TAV = \frac{C}{T} \quad (1)$$

式中,C为滋味物质的绝对浓度值,T为该滋味物质的阈值。

味道当量(Equivalent umami concentration)的计算公式如下:

$$EUC = \sum a_i b_i + 1218 \left(\sum a_i b_i \right) \left(\sum a_j b_j \right) \quad (2)$$

式中,EUC单位为g MSG/100 g;1218为协同作用常数;a_i为鲜味氨基酸的浓度(g/100 g);b_i为鲜味氨基酸相对于MSG的鲜度系数(天门冬氨酸 Asp 为0.077,谷氨酸 Glu 为1);a_j为呈味氨基酸的浓度(g/100 g);b_j为呈味氨基酸相对于IMP的鲜度系数(IMP为1,GMP为2.3,AMP为0.18)。

1.3.6 总巯基含量的测定 (1)肌原纤维蛋白的提取:参照 Yang 等(2015)的方法。取10 g 样品,加入20 ml、4℃预冷的去离子水,12000 r/min 匀浆30 s,10000 r/min、4℃离心20 min,弃上清液,向沉淀加入去离子水,重复提取1次。沉淀中再加入20 ml、4℃预冷的0.05 mol/L 磷酸缓冲液(pH为7.2)(其中补充0.6 mol/L NaCl),12000 r/min 匀浆30 s,10000 r/min、4℃离心20 min,收集上清液。沉淀用上述含有NaCl的磷酸缓冲液重复提取1次,合并上清液。蛋白质含量采用BCA 试剂盒测定。

(2)总巯基含量的测定:参考 Benjakul 等(2009)的方法。调节(1)中提取的肌原纤维蛋白溶液浓度至4 mg/ml,取0.5 ml,加入4.5 ml 0.2 mol/L Tris-HCl Buffer [pH为6.8,含有8 mol/L 尿素、2%十二烷基磺酸钠(SDS)、10 mmol/L 乙二胺四乙酸(EDTA)]。取1 ml 上述混合液,加入0.1 ml 0.1% DTNB,40℃温育25 min,测定其OD_{412 nm}。空白对照以0.6 mol/L KCl 溶液(pH为7.0)代替样品。总巯基含量的计算公式如下:

$$\text{总巯基含量(nmol/mg)} = [(D \times n) / (\epsilon \rho)] \times 10^6 \quad (3)$$

式中, D 为 412 nm 波长处的吸光度; n 为稀释倍数; ϵ 为摩尔吸光系数, 取值为 13600 L/(mol·cm); ρ 为蛋白质质量浓度(mg/ml)。

1.3.7 丙二醛含量的测定 称取定量蟹黄鲜虾酱, 加入 5 倍体积去离子水, 10000 r/min 匀浆 1 min, 进行丙二醛含量的检测。依据硫代巴比妥酸法原理采用试剂盒检测, 结果以 1 mg 样品中丙二醛的含量(nmol/mg)表示。

1.3.8 数据统计分析 实验结果采用平均值±标准差(Mean±SD, $n=6$)表示。采用 SPSS 17.0 对数据进行统计分析和多重方差分析, 所有显著性均在 $P \leq 0.05$ 水平下检验。

2 结果与分析

2.1 蟹黄鲜虾酱贮藏过程中丙二醛含量的变化

丙二醛常用来衡量脂质氧化程度, 其含量越高, 肉制品氧化程度就越高, 品质也越差(Pignoli *et al.*, 2009)。作为脂肪氧化二级产物, 丙二醛还可以与蛋白的多肽骨架及其边链发生氧化修饰, 改变蛋白质的构象(Zhao *et al.*, 2012)。

蟹黄鲜虾酱在 25℃贮藏过程中丙二醛的变化情况见图 1。从图 1 可以看出, 对照组和实验组丙二醛含量均显著升高。0 d 时, 对照组和实验组差异不显著; 45 d 后, 对照组显著高于实验组, 说明 0.2% 的丁香油对蟹黄鲜虾酱贮藏过程中脂肪氧化有抑制作用, 这与江慎华等(2010)、沈勇根等(2012)、Karuppiiah 等(2012)的研究结果一致, 因为丁香油的主要物质丁香酚(沈勇根等, 2012)具有疏水性, 疏水性氨基酸可以捕获脂类自由基, 加强抗氧化肽与疏水性多不饱和脂肪酸的相互作用, 从而延缓脂质氧化反应(Burt, 2004)。

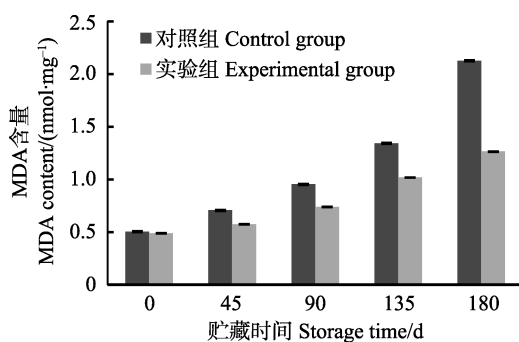


图 1 蟹黄鲜虾酱贮藏过程丙二醛含量变化
Fig.1 The changes of MDA content during storage of crab cream and shrimp sauce

2.2 蟹黄鲜虾酱贮藏过程中总巯基含量的变化

肉品中蛋白质的巯基含量很丰富, 且易发生氧化

反应(陆玉芹等, 2015), 在加工、运输、贮藏过程中, 肌原纤维蛋白空间结构发生改变, 使埋藏在分子内部的巯基活性基团暴露出来被氧化成二硫键, 导致巯基含量减少(Dean *et al.*, 1997), 因而常用巯基含量的变化指示蛋白质氧化的程度(屠冰心等, 2014)。蛋白质氧化会降低肉制品品质、功能及消费者的可接受性。

蟹黄鲜虾酱在 25℃贮藏过程中总巯基含量的变化如图 2 所示。随着贮藏时间的延长, 对照组和实验组总巯基含量呈下降趋势, 贮藏 90 d 以上, 总巯基含量均显著降低, 因为经过加热和高温灭菌处理, 蟹黄鲜虾酱中蛋白质空间结构发生改变, 且受到各种促氧化成分如自由基等的攻击, 蛋白质发生氧化, 巯基含量下降(Xia *et al.*, 2009)。贮藏 90 d 后, 实验组总巯基含量显著高于对照组, 说明丁香油对蟹黄鲜虾酱贮藏过程蛋白质氧化有抑制作用, 与 Karuppiiah 等(2012)和姚洁玉等(2019)的研究结果类似, 因为脂质氧化生成的活性和非活性自由基夺取蛋白的氢原子, 生成蛋白自由基, 引发蛋白质链式反应, 从而促进蛋白质氧化(Stadtman *et al.*, 2003), 而丁香油抑制脂肪氧化, 也会对蛋白质氧化起到一定的抑制作用。

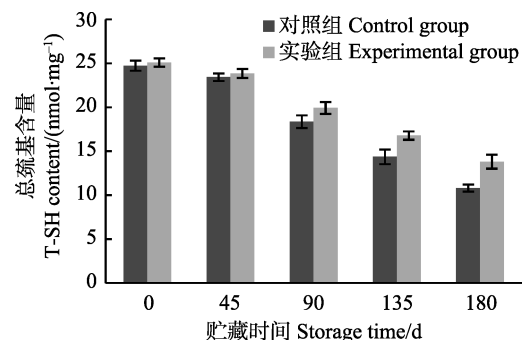


图 2 蟹黄鲜虾酱贮藏过程总巯基含量的变化
Fig.2 The changes of T-SH content during storage of crab cream and shrimp sauce

2.3 蟹黄鲜虾酱贮藏过程中脂肪酸组成及含量的变化

肉类的营养和品质与肌肉脂肪的含量和组成密切相关(Utaiwan *et al.*, 2007)。脂肪酸的分解不仅导致食品风味的劣变, 氧化产物还会与蛋白质发生反应, 进一步促进蛋白质的氧化(Stadtman *et al.*, 2003)。

对照组蟹黄鲜虾酱在 25℃贮藏过程中, 脂肪酸组成及含量变化如表 2 所示。新鲜蟹黄鲜虾酱中共检出 29 种脂肪酸, 随着贮藏时间的延长, 脂肪酸种类不断减少, 180 d 后, 仅检出 19 种。饱和脂肪酸总量从 55.869% 增至 80.439%, 单不饱和脂肪酸总量从 19.141% 降至 4.906%, 多不饱和脂肪酸总量从 24.991% 降至 14.655%; 其中, C8:0、C12:0、C13:0、C14:1、C15:0、C15:1、C16:0、C17:1、C18:1n9t、

C18:2n6t、C20:1、C20:3n6、C20:3n3、C20:4n6 和 C22:1n9 显著降低, C16:1、C17:0、C18:0、C18:2n6c、C20:0、C18:3n3、C21:0、C20:2、C22:0、C23:0、C22:2n6 和 C20:5n3 显著升高。这种变化是因为蟹黄鲜虾酱经过加热和高温灭菌处理, 加之贮藏过程中温度、自由基等因素的影响, 脂肪酸体系受到破坏, 不饱和脂肪

酸优先发生氧化降解(Yagiz *et al.*, 2009); 同时, 脂肪氧化过程中, 自由基连锁攻击不饱和脂肪酸, 使其趋于饱和, 一部分不饱和脂肪酸转变成饱和脂肪酸, 一部分变成单不饱和脂肪酸(刘冬敏等, 2013); 一些长链不饱和脂肪酸多位于磷脂中, 会发生碳链延长和去饱和现象(Memon *et al.*, 2011)。

表1 高效液相法核苷酸梯度洗脱程序
Tab.1 HPLC gradient elution program for nucleotide analysis

流动相 Mobile phase	时间Time (min)					
	0	10	15	23	26	30
A (%)	0	6	6	30	0	0
B (%)	100	94	94	70	100	100

表2 对照组蟹黄鲜虾酱贮藏过程脂肪酸组成及含量变化(g/100 g)
Tab.2 The changes of fatty acids and their contents during storage of control crab cream and shrimp sauce (g/100 g)

脂肪酸 Fatty acids	贮藏时间 Storage time (d)				
	0	45	90	135	180
C8:0	3.269±0.006 ^a	2.541±0.115 ^b	0.048±0.000 ^c	0.048±0.001 ^c	—
C12:0	3.738±0.103 ^a	3.495±0.057 ^b	1.810±0.016 ^c	1.273±0.003 ^d	0.766±0.004 ^e
C13:0	0.306±0.003 ^a	0.293±0.001 ^b	0.473±0.003 ^c	0.503±0.004 ^d	0.287±0.005 ^b
C14:0	0.381±0.004 ^a	0.356±0.004 ^b	0.469±0.004 ^b	0.371±0.004 ^a	0.390±0.004 ^a
C14:1	1.562±0.011 ^a	1.403±0.041 ^b	1.372±0.010 ^b	1.075±0.002 ^c	0.422±0.006 ^d
C15:0	1.138±0.022 ^a	0.997±0.029 ^b	0.082±0.002 ^c	0.078±0.001 ^c	—
C15:1	2.554±0.003 ^a	1.319±0.023 ^b	0.614±0.004 ^c	0.435±0.009 ^d	0.280±0.000 ^e
C16:0	0.305±0.006	—	—	—	—
C16:1	0.895±0.008 ^a	0.585±0.002 ^b	1.005±0.016 ^c	0.972±0.022 ^c	1.041±0.050 ^c
C17:0	0.312±0.010 ^a	0.317±0.007 ^a	1.257±0.016 ^b	1.281±0.008 ^b	1.281±0.002 ^b
C17:1	1.026±0.009 ^a	0.610±0.002 ^b	0.171±0.003 ^c	0.175±0.005 ^c	0.153±0.007 ^d
C18:0	2.709±0.013 ^a	4.715±0.061 ^b	4.411±0.048 ^c	4.612±0.035 ^b	3.100±0.032 ^d
C18:1n9t	3.008±0.027 ^a	3.312±0.036 ^b	4.703±0.118 ^c	—	—
C18:1n9c	9.316±0.065 ^a	0.457±0.008 ^b	4.435±0.036 ^c	4.544±0.014 ^d	3.010±0.023 ^e
C18:2n6t	21.804±0.137 ^a	18.799±0.477 ^b	2.993±0.052 ^c	—	—
C18:2n6c	0.688±0.006 ^a	0.769±0.026 ^a	6.240±0.085 ^b	6.721±0.085 ^c	6.355±0.103 ^b
C20:0	42.713±0.022 ^a	54.503±0.498 ^b	53.184±0.462 ^c	60.515±0.158 ^d	66.752±0.180 ^e
C20:1	0.479±0.008 ^a	0.424±0.009 ^b	0.331±0.014 ^c	0.369±0.021 ^d	—
C18:3n3	0.973±0.012 ^a	1.769±0.036 ^b	5.337±0.096 ^c	5.448±0.004 ^c	4.843±0.036 ^d
C21:0	0.404±0.001 ^a	0.333±0.002 ^a	5.721±0.090 ^b	6.288±0.111 ^c	5.921±0.018 ^d
C20:2	0.031±0.011 ^a	0.313±0.002 ^b	1.606±0.014 ^c	1.661±0.018 ^d	1.426±0.008 ^e
C22:0	0.197±0.011 ^a	0.399±0.001 ^b	1.245±0.005 ^c	1.262±0.003 ^d	1.394±0.001 ^e
C20:3n6	0.458±0.003	—	—	—	—
C20:3n3	0.082±0.008	—	—	—	—
C20:4n6	0.073±0.004	—	—	—	—
C22:1n9	0.300±0.025 ^a	0.247±0.001 ^b	0.051±0.000 ^c	—	—
C23:0	0.397±0.010 ^a	0.458±0.008 ^b	0.439±0.005 ^b	0.487±0.003 ^c	0.546±0.014 ^d
C22:2n6	0.490±0.004 ^a	0.817±0.001 ^b	0.687±0.024 ^c	0.694±0.013 ^c	0.736±0.020 ^d
C20:5n3	0.391±0.021 ^a	0.769±0.010 ^b	1.315±0.017 ^c	1.187±0.002 ^d	1.296±0.012 ^c
SFA	55.869±0.437 ^a	68.407±0.785 ^b	69.140±0.653 ^b	76.720±0.334 ^c	80.439±0.261 ^d
MUFA	19.141±0.157 ^a	8.358±0.122 ^b	12.681±0.201 ^c	7.570±0.073 ^d	4.906±0.087 ^e
PUFA	24.991±0.205 ^a	23.235±0.551 ^b	18.178±0.288 ^c	15.711±0.122 ^d	14.655±0.180 ^e

注: 同行不同字母表示差异显著, $P<0.05$; —表示未检出。下同

Note: Different letters in the same line mean significant difference ($P<0.05$), — means not detected. The same as below

实验组蟹黄鲜虾酱 25℃贮藏过程中, 脂肪酸组成及含量变化如表 3 所示。随着贮藏时间的延长, 饱和脂肪酸含量由 55.786%升至 69.814%, 单不饱和脂肪酸由 18.847%降至 10.233%, 多不饱和脂肪酸由 25.367%降至 19.953%; 其中, C8:0、C12:0、C13:0、C14:0、C14:1、C15:0、C15:1、C16:0、C17:1、C18:1n9t、C18:1n9c、C18:2n6t、C20:1、C20:3n6、C20:3n3、C20:4n6 和 C22:1n9 显著降低, C16:1、C17:0、C18:0、C18:2n6c、C20:0、C18:3n3、C21:0、C20:2、C22:0、C23:0、C22:2n6 和 C20:5n3 显著升高, 而 C13:0、C14:0、C14:1、C15:0、C15:1、C16:0、C17:0、C17:1、

C18:1n9t、C20:1、C20:3n6、C20:3n3、C20:4n6 和 C22:1n9 的变化趋势与对照组有所不同。贮藏 180 d 后, 实验组饱和脂肪酸含量比对照组降低 13.2%, 单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量分别提高 1.1 倍和 36.2%。由此可见, 丁香油对蟹黄鲜虾酱不饱和脂肪酸具有保护作用, 因为丁香油的主要成分丁香酚能够清除顽固 2,2-二苯基-1-苦基肼自由基, 降低过渡金属离子的浓度, 从而有效延缓不饱和脂肪酸反应生成烷氧基、过氧化氢的反应和脂质过氧化启动物铁氧基螯合物的产生(罗雨婷等, 2017)。

表 3 实验组蟹黄鲜虾酱贮藏过程脂肪酸组成及含量变化(g/100 g)

Tab.3 The changes of fatty acids and their contents during storage of test crab cream and shrimp sauce (g/100 g)

脂肪酸 Fatty acids	贮藏时间 Storage time (d)				
	0	45	90	135	180
C8:0	3.334±0.006 ^a	2.541±0.115 ^b	0.036±0.003 ^c	0.044±0.001 ^c	—
C12:0	3.781±0.103 ^a	3.198±0.016 ^b	1.265±0.025 ^c	0.739±0.012 ^d	0.764±0.006 ^d
C13:0	0.310±0.003 ^a	0.309±0.008 ^a	0.310±0.003 ^a	0.243±0.001 ^b	0.280±0.001 ^c
C14:0	0.386±0.004 ^a	0.370±0.016 ^a	0.167±0.002 ^b	0.071±0.001 ^c	—
C14:1	1.580±0.011 ^a	1.471±0.016 ^b	1.515±0.007 ^c	0.781±0.002 ^d	0.849±0.005 ^e
C15:0	0.970±0.127	—	—	—	—
C15:1	2.584±0.003 ^a	1.956±0.008 ^b	0.551±0.001 ^c	0.566±0.001 ^c	0.643±0.009 ^d
C16:0	0.386±0.007 ^a	0.275±0.006 ^b	0.036±0.000 ^c	—	—
C16:1	0.905±0.008 ^a	1.026±0.046 ^b	1.170±0.006 ^c	1.175±0.011 ^c	1.422±0.011 ^d
C17:0	0.315±0.011 ^a	0.498±0.012 ^b	1.454±0.013 ^c	0.888±0.001 ^d	0.797±0.001 ^e
C17:1	0.714±0.007	—	—	—	—
C18:0	2.741±0.013 ^a	3.052±0.019 ^b	3.449±0.023 ^c	3.669±0.012 ^d	2.905±0.005 ^e
C18:1n9t	3.043±0.027 ^a	2.819±0.050 ^b	2.203±0.041 ^c	1.813±0.007 ^d	1.060±0.010 ^e
C18:1n9c	9.425±0.065 ^a	8.946±0.007 ^b	6.920±0.143 ^c	7.120±0.081 ^c	6.260±0.033 ^d
C18:2n6t	22.060±0.137 ^a	16.900±0.191 ^b	1.875±0.014 ^c	—	—
C18:2n6c	0.696±0.006 ^a	1.648±0.008 ^b	9.597±0.021 ^c	9.621±0.046 ^c	11.668±0.050 ^d
C20:0	42.814±0.022 ^a	49.934±0.049 ^b	49.624±0.474 ^b	55.357±0.185 ^c	54.042±0.223 ^d
C20:1	0.398±0.005	—	—	—	—
C18:3n3	0.985±0.008 ^a	1.650±0.017 ^b	3.627±0.051 ^c	3.636±0.056 ^c	4.144±0.057 ^d
C21:0	0.408±0.012 ^a	0.758±0.015 ^b	6.010±0.063 ^c	6.630±0.074 ^d	7.695±0.156 ^e
C20:2	0.031±0.001 ^a	0.074±0.001 ^b	0.869±0.004 ^c	0.846±0.019 ^c	0.964±0.010 ^d
C22:0	0.199±0.011 ^a	0.375±0.007 ^b	4.176±0.045 ^c	2.471±0.028 ^d	2.458±0.006 ^d
C20:3n6	0.505±0.003 ^a	0.329±0.005 ^b	0.253±0.001 ^c	—	—
C20:3n3	0.106±0.008 ^a	0.187±0.001 ^a	1.072±0.001 ^b	0.508±0.011 ^{ab}	—
C20:4n6	0.093±0.004 ^a	0.130±0.006 ^b	0.415±0.003 ^c	0.406±0.004 ^c	—
C22:1n9	0.197±0.025	—	—	—	—
C23:0	0.142±0.010 ^a	0.212±0.001 ^b	0.734±0.009 ^c	0.725±0.003 ^c	0.873±0.021 ^d
C22:2n6	0.496±0.003 ^a	0.677±0.007 ^b	0.709±0.001 ^c	0.755±0.009 ^d	0.923±0.002 ^e
C20:5n3	0.396±0.021 ^a	0.663±0.020 ^b	1.959±0.008 ^c	1.936±0.010 ^c	2.254±0.013 ^d
SFA	55.786±0.460 ^a	61.523±0.431 ^b	67.262±0.325 ^c	70.837±0.318 ^d	69.814±0.420 ^d
MUFA	18.847±0.319 ^a	16.218±0.127 ^b	12.360±0.199 ^c	11.455±0.103 ^d	10.233±0.067 ^e
PUFA	25.367±0.189 ^a	22.260±0.257 ^b	20.378±0.102 ^c	17.708±0.155 ^d	19.953±0.133 ^e

2.4 蟹黄鲜虾酱贮藏过程中呈味核苷酸及游离氨基酸组成的变化

核苷酸是一种重要的呈味物质, GMP 和 IMP 鲜

味最强, 除了增鲜, 核苷酸对甜味有增效作用, 对咸味、苦味、酸味和焦味等有消杀作用(Fuke *et al*,

1996): IMP 增强食物的咸感, 具有减盐作用; GMP

增强食物的入口爽滑感,能改善食物在口中滞留的感觉;AMP在较低浓度(<50~100 mg/100 g)下呈甜味,当浓度>100 mg/100 g时,甜味逐渐减弱,鲜味逐渐增强(Rotzoll *et al*, 2006);低浓度的IMP能够增强AMP的鲜味和甜味。对照组蟹黄鲜虾酱在25℃贮藏

过程中呈味氨基酸含量变化如表4所示,含量最高的是GMP,其次是IMP。随着贮藏时间的延长,3种呈味核苷酸波动降低,因为在有水体系中,呈味核苷酸的稳定性随蟹黄鲜虾酱pH、含水量、温度和酸碱度的变化而变化(崔桂友,1999)。

表4 对照组蟹黄鲜虾酱贮藏过程中呈味核苷酸及游离氨基酸组成的变化(g/100 g)

Tab.4 The changes of taste nucleotides and free amino acids during storage of control crab cream and shrimp sauce (g/100 g)

呈味成分 Taste compositions	贮藏时间 Storage time (d)				
	0	45	90	135	180
GMP	0.028±0.001 ^a	0.023±0.008 ^b	0.029±0.002 ^c	0.026±0.001 ^d	0.025±0.004 ^d
IMP	0.017±0.001 ^a	0.015±0.003 ^b	0.10±0.001 ^c	0.011±0.002 ^d	0.012±0.000 ^d
AMP	0.015±0.001 ^a	0.003±0.000 ^b	0.10±0.000 ^c	0.005±0.001 ^d	0.011±0.001 ^e
总量 Total	0.060±0.003 ^a	0.041±0.011 ^b	0.049±0.003 ^c	0.042±0.003 ^b	0.048±0.005 ^c
天门冬氨酸 Asp	0.164±0.006 ^a	0.225±0.007 ^b	0.931±0.009 ^c	0.934±0.009 ^c	0.905±0.002 ^d
苏氨酸 Thr	0.110±0.001 ^a	0.111±0.001 ^a	0.383±0.005 ^b	0.393±0.006 ^b	0.386±0.006 ^b
丝氨酸 Ser	0.145±0.005 ^a	0.145±0.005 ^a	0.406±0.006 ^b	0.434±0.007 ^c	0.417±0.005 ^b
谷氨酸 Glu	1.651±0.002 ^a	1.582±0.058 ^a	3.081±0.052 ^b	3.165±0.057 ^b	3.392±0.031 ^c
脯氨酸 Pro	0.153±0.005 ^a	0.095±0.002 ^b	0.525±0.005 ^c	0.539±0.005 ^d	0.472±0.003 ^e
甘氨酸 Gly	0.135±0.005 ^a	0.135±0.006 ^a	0.481±0.003 ^b	0.475±0.004 ^b	0.471±0.002 ^b
丙氨酸 Ala	0.250±0.006 ^a	0.196±0.004 ^b	0.605±0.005 ^c	0.607±0.002 ^c	0.584±0.007 ^d
缬氨酸 Val	0.150±0.003 ^a	0.147±0.004 ^a	0.467±0.003 ^b	0.515±0.004 ^c	0.498±0.009 ^d
蛋氨酸 Met	0.033±0.001 ^a	0.035±0.001 ^a	0.368±0.006 ^b	0.194±0.008 ^c	0.165±0.006 ^d
异亮氨酸 Ile	0.225±0.005 ^a	0.132±0.003 ^b	0.452±0.002 ^c	0.435±0.003 ^d	0.438±0.006 ^d
亮氨酸 Leu	0.225±0.005 ^a	0.230±0.010 ^a	0.734±0.005 ^b	0.742±0.006 ^b	0.715±0.002 ^c
酪氨酸 Tyr	0.014±0.000 ^a	0.061±0.001 ^b	0.317±0.008 ^c	0.215±0.002 ^d	0.234±0.008 ^e
苯丙氨酸 Phe	0.100±0.001 ^a	0.135±0.008 ^b	0.422±0.007 ^c	0.435±0.007 ^c	0.427±0.009 ^c
赖氨酸 Lys	0.162±0.002 ^a	0.161±0.002 ^a	0.629±0.004 ^c	0.555±0.023 ^d	0.621±0.005 ^c
组氨酸 His	0.014±0.001 ^a	0.018±0.002 ^a	0.162±0.002 ^b	0.157±0.004 ^b	0.158±0.004 ^b
精氨酸 Arg	0.133±0.002 ^a	0.166±0.003 ^b	0.497±0.003 ^c	0.505±0.014 ^c	0.496±0.006 ^c
游离氨基酸总量 TAA	3.664±0.038 ^a	3.574±0.117 ^a	10.460±0.125 ^b	10.300±0.161 ^b	10.379±0.111 ^b
鲜味氨基酸 FAA	1.815±0.008 ^a	1.807±0.065 ^a	4.012±0.061 ^b	4.099±0.066 ^b	4.297±0.033 ^c
鲜味氨基酸/氨基酸总量 FAA/TAA	0.495	0.506	0.384	0.398	0.414
甜味氨基酸 SAA	0.793±0.022 ^a	0.682±0.018 ^b	2.400±0.024 ^c	2.448±0.024 ^c	2.330±0.023 ^d
甜味氨基酸/氨基酸总量 SAA/TAA	0.216	0.191	0.229	0.238	0.225
苦味氨基酸 BAA	1.042±0.008 ^a	1.024±0.034 ^a	3.731±0.040 ^b	3.538±0.071 ^c	3.518±0.055 ^c
苦味氨基酸/氨基酸总量 BAA/TAA	0.284	0.287	0.357	0.344	0.339

注:鲜味氨基酸包括天门冬氨酸、谷氨酸;甜味氨基酸包括苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸;苦味氨基酸包括亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、缬氨酸、精氨酸、赖氨酸、蛋氨酸(张慧林等,2019)。下同

Note: Flavor amino acid includes Asp, Glu; sweet amino acid includes Thr, Ser, Gly, Ala and Pro; bitter amino acid includes Leu, Ile, Phe, His, Val, Arg, Lys and Met (Zhang *et al*, 2019). The same as below

游离氨基酸的种类和含量与蟹黄鲜虾酱的口感、风味、营养和生理活性有关(Namanug *et al*, 2010)。对照组蟹黄鲜虾酱在25℃贮藏过程中游离氨基酸含量变化如表4所示。检出的16种游离氨基酸贮藏180d均显著提高,因为随着蟹黄鲜虾酱贮藏时间的延长,蛋白质不断发生降解,导致游离氨基酸含量增加。呈鲜味氨基酸中,含量最高的为谷氨酸,与IMP有显著的协同增效作用,是蟹黄鲜虾酱鲜味的主要贡献者;呈甜味氨基酸中,丙氨酸含量最高,与谷氨酸、

肌苷酸等呈味物质有协同作用,还具有协助葡萄糖代谢的功能(赵亭亭等,2018),是蟹黄鲜虾酱甜味的主要贡献者;精氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸和缬氨酸虽然是苦味氨基酸,但对蟹黄鲜虾酱特殊的水产风味具有重要的贡献(Wang *et al*, 2015)。

实验组蟹黄鲜虾酱在25℃贮藏过程中呈味核苷酸及游离氨基酸的变化如表5所示。GMP和IMP呈降低趋势,180d后,分别降至0.306和0.156 g/100 g;AMP含量先降后升,180d后,升至0.180 g/100 g;

呈味核苷酸总量先降后升, 180 d 与 0 d 差异不显著。检出的 16 种游离氨基酸, 主要为谷氨酸、天门冬氨酸、亮氨酸、丙氨酸、精氨酸、赖氨酸、缬氨酸、丝氨酸和脯氨酸, 占总游离氨基酸的 78.13%。贮藏 180 d 后, 16 种游离氨基酸含量均显著提高; 游离氨基酸总量, 鲜味和甜味氨基酸含量贮藏 45 d 后显著升高。对照组蟹黄鲜虾酱贮藏 180 d 后, GMP、IMP 和 AMP 降低幅度分别为 10.7%、29.4% 和 26.7%, 实验组 GMP 和 IMP 降低幅度分别为 8.8% 和 23.8%, 而 AMP 含量增加 1.3 倍。GMP 是香菇和酵母的主要呈味物质, 具有菌类特征风味(孙芝杨, 2011), IMP 和 AMP 是虾鲜味的特征呈味物质(李婉君, 2015), 且 AMP 的甜滋味轮廓表现出来是独立的, 使蟹黄鲜虾酱变得香甜可

口。说明丁香油能有效抑制蟹黄鲜虾酱中主要呈味核苷酸风味核苷酸的分解, 从而对蟹黄鲜虾酱的主要风味起稳定和强化作用, 与 Milan(2006)的结论一致。从游离氨基酸方面来看, 蟹黄鲜虾酱主要呈味物质是谷氨酸, 丁香油对其贮藏过程中的变化没有显著影响。蟹黄鲜虾酱贮藏 180 d 后, 除了丙氨酸和赖氨酸, 其余游离氨基酸含量在添加丁香油酱制品中均比不添加高, 其中, 对丝氨酸和蛋氨酸影响最大。蛋氨酸是酱制品挥发性风味物质中含硫化化合物的前体物(赵改名等, 2006), 对酱制品风味有影响(康旭等, 2011)。丁香油对蟹黄鲜虾酱的游离氨基酸的影响可能是通过抑制蛋白质的氧化, 促进其向游离氨基酸方向的降解实现的。

表 5 实验组蟹黄鲜虾酱贮藏过程呈味核苷酸及游离氨基酸组成的变化(g/100 g)

Tab.5 The changes of taste nucleotides and free amino acids during storage of test crab cream and shrimp sauce (g/100 g)

呈味成分 Taste compositions	贮藏时间 Storage time (d)				
	0	45	90	135	180
GMP	0.034±0.001 ^a	0.027±0.012 ^b	0.029±0.001 ^c	0.029±0.000 ^c	0.031±0.002 ^d
IMP	0.021±0.001 ^a	0.019±0.003 ^b	0.015±0.000 ^c	0.015±0.001 ^c	0.016±0.001 ^d
AMP	0.008±0.000 ^a	0.005±0.001 ^b	0.009±0.001 ^c	0.008±0.000 ^a	0.018±0.004 ^d
总量 total	0.063±0.001 ^a	0.051±0.016 ^b	0.053±0.002 ^c	0.052±0.002 ^{bc}	0.065±0.008 ^a
天门冬氨酸 Asp	0.256±0.004 ^a	0.222±0.001 ^a	1.113±0.051 ^b	1.124±0.002 ^{bc}	1.046±0.023 ^{bd}
苏氨酸 Thr	0.127±0.003 ^a	0.113±0.002 ^a	0.443±0.025 ^b	0.444±0.006 ^b	0.416±0.004 ^b
丝氨酸 Ser	0.165±0.002 ^a	0.142±0.002 ^b	0.464±0.006 ^c	0.472±0.007 ^c	0.538±0.008 ^d
谷氨酸 Glu	1.666±0.027 ^a	1.565±0.027 ^b	3.234±0.024 ^c	3.295±0.043 ^c	3.422±0.056 ^d
脯氨酸 Pro	0.164±0.001 ^a	0.093±0.001 ^b	0.584±0.032 ^{cd}	0.541±0.011 ^c	0.498±0.014 ^{ce}
甘氨酸 Gly	0.138±0.005 ^a	0.121±0.001 ^a	0.512±0.022 ^b	0.514±0.012 ^b	0.498±0.007 ^b
丙氨酸 Ala	0.226±0.007 ^a	0.186±0.008 ^b	0.618±0.025 ^c	0.625±0.004 ^c	0.575±0.005 ^d
缬氨酸 Val	0.174±0.004 ^a	0.145±0.006 ^b	0.525±0.019 ^c	0.561±0.005 ^d	0.534±0.002 ^c
蛋氨酸 Met	0.029±0.001 ^a	0.034±0.001 ^a	0.311±0.013 ^b	0.248±0.014 ^c	0.218±0.004 ^d
异亮氨酸 Ile	0.132±0.004 ^a	0.136±0.004 ^a	0.521±0.014 ^b	0.495±0.007 ^c	0.473±0.004 ^d
亮氨酸 Leu	0.255±0.008 ^a	0.235±0.006 ^a	0.849±0.046 ^b	0.846±0.006 ^b	0.765±0.003 ^c
酪氨酸 Tyr	0.021±0.001 ^a	0.059±0.001 ^b	0.367±0.013 ^c	0.269±0.016 ^d	0.228±0.009 ^e
苯丙氨酸 Phe	0.124±0.002 ^a	0.147±0.007 ^a	0.503±0.022 ^b	0.505±0.007 ^b	0.457±0.013 ^c
赖氨酸 Lys	0.175±0.006 ^a	0.156±0.004 ^a	0.717±0.031 ^b	0.674±0.013 ^b	0.606±0.011 ^c
组氨酸 His	0.018±0.000 ^a	0.017±0.000 ^a	0.183±0.004 ^b	0.185±0.005 ^b	0.172±0.012 ^b
精氨酸 Arg	0.193±0.002 ^a	0.167±0.008 ^a	0.621±0.015 ^b	0.628±0.016 ^b	0.558±0.014 ^c
游离氨基酸总量 TAA	3.863±0.077 ^a	3.538±0.079 ^a	11.565±0.262 ^b	11.426±0.179 ^{bc}	11.004±0.189 ^c
鲜味氨基酸 FAA	1.922±0.031 ^a	1.787±0.028 ^b	4.347±0.075 ^c	4.419±0.045 ^c	4.468±0.079 ^c
鲜味氨基酸/氨基酸总量 FAA/TAA	0.498	0.505	0.376	0.387	0.406
甜味氨基酸 SAA	0.820±0.018 ^a	0.655±0.014 ^b	2.621±0.110 ^c	2.596±0.040 ^c	2.525±0.038 ^c
甜味氨基酸/氨基酸总量 SAA/TAA	0.212	0.185	0.227	0.227	0.230
苦味氨基酸 BAA	1.100±0.028 ^a	1.037±0.037 ^a	4.230±0.077 ^b	4.142±0.094 ^b	3.783±0.072 ^c
苦味氨基酸/氨基酸总量 BAA/TAA	0.285	0.293	0.366	0.363	0.344

2.5 蟹黄鲜虾酱贮藏过程滋味强度值(TAV)及味精当量(EUC)的变化

TAV 是评价食品中单一组分的滋味强度及对整体风味贡献最经典和客观的方法(王曜等, 2014),

TAV 值越大, 说明该物质对食品滋味贡献越大。对照组和实验组蟹黄鲜虾酱贮藏过程呈味物质的滋味强度值变化如表 6~表 7 所示。GMP、IMP 和谷氨酸是蟹黄鲜虾酱中最主要的呈鲜味物质。

表6 对照组蟹黄鲜虾酱呈味物质的阈值和贮藏过程滋味强度值、味精当量的变化(g/100 g)
Tab.6 The changes of TAV and EUC during storage of control crab cream and shrimp sauce (g/100 g)

呈味成分 Taste compositions	呈味情况 Taste (张家奇等, 2017)	阈值 Threshold	贮藏时间 Storage time (d)				
			0	45	90	135	180
GMP		0.0125	2.24	1.84	2.32	2.08	2.00
IMP		0.025	0.68	0.60	0.40	0.44	0.48
AMP		0.05	0.30	0.06	0.20	0.10	0.22
天门冬氨酸 Asp	鲜/酸(+) Umami/Sour	0.10	1.64	2.25	9.31	9.34	9.05
苏氨酸 Thr	甜(+) Sweet	0.26	0.42	0.43	1.47	1.51	1.48
丝氨酸 Ser	甜(+) Sweet	0.15	0.97	0.97	2.71	2.89	2.78
谷氨酸 Glu	鲜/酸(+) Umami/Sour	0.03	55.03	52.73	102.70	105.50	113.07
脯氨酸 Pro	甜/苦(+) Sweet/Bitter	0.30	0.51	0.32	1.75	1.80	1.57
甘氨酸 Gly	甜(+) Sweet	0.13	1.04	1.04	3.70	3.65	3.62
丙氨酸 Ala	甜(+) Sweet	0.06	4.17	3.27	10.08	10.12	9.73
缬氨酸 Val	甜/苦(-) Sweet/Bitter	0.04	3.75	3.68	11.68	12.88	12.45
蛋氨酸 Met	苦/甜/硫(-) Bitter/Sweet/Sulfur	0.03	1.10	1.17	12.27	6.47	5.50
异亮氨酸 Ile	苦(-) Bitter	0.09	2.50	1.47	5.02	4.83	4.87
亮氨酸 Leu	苦(-) Bitter	0.19	1.18	1.21	3.86	3.91	3.76
苯丙氨酸 Phe	苦(-) Bitter	0.09	1.11	1.50	4.69	4.83	4.74
赖氨酸 Lys	甜/苦(-) Sweet/Bitter	0.05	3.24	3.22	12.58	11.10	12.42
组氨酸 His	苦(-) Bitter	0.02	0.70	0.90	8.10	7.85	7.90
精氨酸 Arg	甜/苦(+) Sweet/Bitter	0.05	2.66	3.32	9.94	10.10	9.92
EUC(g MSG/100 g)			171.91	135.98	306.54	287.11	304.50

表7 实验组蟹黄鲜虾酱呈味物质的阈值和贮藏过程滋味强度值、味精当量的变化(g/100 g)
Tab.7 The changes of TAV and EUC during storage of test crab cream and shrimp sauce (g/100 g)

呈味成分 Taste compositions	呈味情况 Taste (张家奇等, 2017)	阈值 Threshold	贮藏时间 Storage time (d)				
			TAV 值 TAV value				
			0	45	90	135	180
GMP		0.0125	2.72	2.16	2.32	2.32	2.48
IMP		0.025	0.84	0.76	0.60	0.60	0.64
AMP		0.05	0.16	0.10	0.18	0.16	0.36
天门冬氨酸 Asp	鲜/酸(+) Umami/Sour	0.10	2.56	2.22	11.13	11.24	10.46
苏氨酸 Thr	甜(+) Sweet	0.26	0.49	0.43	1.70	1.71	1.60
丝氨酸 Ser	甜(+) Sweet	0.15	1.10	0.95	3.09	3.15	3.59
谷氨酸 Glu	鲜/酸(+) Umami/Sour	0.03	55.53	52.17	107.80	109.83	114.07
脯氨酸 Pro	甜/苦(+) Sweet/Bitter	0.30	0.55	0.31	1.95	1.80	1.66
甘氨酸 Gly	甜(+) Sweet	0.13	1.06	0.93	3.94	3.95	3.83
丙氨酸 Ala	甜(+) Sweet	0.06	3.77	3.10	10.30	10.42	9.58
缬氨酸 Val	甜/苦(-) Sweet/Bitter	0.04	4.35	3.63	13.13	14.03	13.35
蛋氨酸 Met	苦/甜/硫(-) Bitter/Sweet/Sulfur	0.03	0.97	1.13	10.37	8.27	7.27
异亮氨酸 Ile	苦(-) Bitter	0.09	1.47	1.51	5.79	5.50	5.26
亮氨酸 Leu	苦(-) Bitter	0.19	1.34	1.24	4.47	4.45	4.03
苯丙氨酸 Phe	苦(-) Bitter	0.09	1.38	1.63	5.59	5.61	5.08
赖氨酸 Lys	甜/苦(-) Sweet/Bitter	0.05	3.50	3.12	14.34	13.48	12.12
组氨酸 His	苦(-) Bitter	0.02	0.90	0.90	9.15	9.25	8.60
精氨酸 Arg	甜/苦(+) Sweet/Bitter	0.05	3.86	3.34	12.42	12.56	11.16
EUC(g MSG/100 g)			208.24	159.59	334.07	345.64	389.58

EUC 可衡量鲜味氨基酸与呈味核苷酸混合产生的协同效应。对照组和实验组蟹黄鲜虾酱贮藏过程味精当量的变化如表 6~表 7 所示。随着贮藏时间的延长, 对照组和实验组 EUC 呈先下降后上升的趋势, 贮藏 180 d 时, 分别达到 304.50 g 和 389.58 g MSG/100 g, 说明添加丁香油, 对蟹黄鲜虾酱的鲜甜味有提升作用。

3 结论

丁香油在蟹黄鲜虾酱贮藏过程中, 能抑制丙二醛生成、总巯基降低和不饱和脂肪酸的分解, 对蟹黄鲜虾酱贮藏过程中呈味核苷酸总量、鲜味氨基酸、甜味氨基酸和游离氨基酸总量也有显著提高的作用, 使酱制品的味精当量显著高于不添加丁香油的酱制品。说明丁香油在蟹黄鲜虾酱贮藏过程中, 不仅具有抗脂肪和蛋白质氧化的作用, 还能提高蟹黄鲜虾酱的贮藏稳定性和风味。

参 考 文 献

- Benjakul S, Sutthipan N. Muscle changes in hard and soft shell crabs during frozen storage. *LWT-Food Science and Technology*, 2009, 42(3): 723–729
- Burt S. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods: A review. *International Journal of Food Microbiology*, 2004, 94(3): 223–253
- Cui GY. Flavor nucleotides and their usage in food. *Chinese Cuisine Research*, 1999(2): 1–6 [崔桂友. 呈味核苷酸及其在食品调味中的应用. *中国烹饪研究*, 1999(2): 1–6]
- Dean RT, Fu SL, Stochker R, *et al.* Biochemistry and pathology of radical-mediated protein oxidation. *The Journal of Biological Chemistry*, 1997, 324(1): 1–18
- Fuke S, Ueda Y. Interactions between umami and the other flavor characteristics. *Trends in Food Science and Technology*, 1996, 7(12): 407–411
- Jiang SH, Wang SY, Ma HL, *et al.* Extracting technology and antioxidant activity of bioactive components from clove. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2010, 41(1): 132–138 [江慎华, 王书源, 马海乐, 等. 丁香活性物质提取工艺优化与抗氧化活性研究. *农业机械学报*, 2010, 41(1): 132–138]
- Kang X, Qiao X, Li DS, *et al.* Amino acid changes relating with volatile flavor compound in the soybean paste. *Food Science and Technology*, 2011, 36(6): 281–286 [康旭, 乔鑫, 李东生, 等. 豆酱中黄豆氨基酸变化与挥发性物质的关系. *食品科技*, 2011, 36(6): 281–286]
- Karuppiath P, Rajaram S. Antibacterial effect of *Allium sativum* cloves and *Zingiber officinal* rhizomes against multiple-drug resistant clinical pathogens. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2012, 2(8): 597–601
- Kong L, Cai CF, Ye YT, *et al.* Comparison of non-volatile compounds and sensory characteristics of Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) reared in lakes and ponds: Potential environmental factors. *Aquaculture*, 2012, 364: 96–102
- Kumudavally KV, Tabassum A, Radhakrishna K, *et al.* Effect of ethanolic extract of clove on the keeping quality of fresh mutton during storage at ambient temperature (25±2)°C. *Journal of Food Science and Technology*, 2011, 48(4): 466–471
- Li WJ. Nutritional and flavor components analysis of Antarctic krill and white shrimp. Master's Thesis of Shanghai Ocean University, 2015 [李婉君. 南极磷虾与南美白对虾营养与滋味成分比较. 上海海洋大学硕士研究生学位论文, 2015]
- Liu DM, Wang JH, Liu YL, *et al.* Changes in fatty acid composition during cold storage of fresh grass carp muscle. *Food Science*, 2013, 34(2): 194–198 [刘冬敏, 王建辉, 刘永乐, 等. 草鱼肌肉脂肪酸组成及其在冷藏过程中的含量变化. *食品科学*, 2013, 34(2): 194–198]
- Lu YQ, Yan MY, Chen DW, *et al.* Protein oxidation of processed fish products. *Food Science*, 2015, 36(19): 55–59 [陆玉芹, 颜明月, 陈德慰, 等. 鱼类加工制品蛋白质氧化程度分析. *食品科学*, 2015, 36(19): 55–59]
- Luo YT, Gu DH, Xu ZQ, *et al.* Antioxidant activity of natural spices used in meat products. *Meat Research*, 2017, 31(10): 53–57 [罗雨婷, 谷大海, 徐志强, 等. 天然香辛料在肉制品中抗氧化活性研究进展. *肉类研究*, 2017, 31(10): 53–57]
- Memon NN, Talpur FN, Bhangar MI, *et al.* Changes in fatty acid composition in muscle of three farmed carp fish species (*Labeo rohita*, *Cirrhinus mrigala*, *Catla catla*) raised under the same conditions. *Food Chemistry*, 2011, 126(2): 405–410
- Milan S. Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2006, 19(6–7): 531–537
- Namanug HJ, Park HJ, Cho IH, *et al.* Metabolite profiling of doenjang, fermented soybean paste, during fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 90(11): 1926–1935
- Negre-Salvayre A, Auge N, Ayala V, *et al.* Pathological aspects of lipid peroxidation. *Free Radical Research*, 2010, 44(10): 1125–1171
- Pignoli G, Bou R, Rodriguez-Estrada MT, *et al.* Suitability of saturated aldehydes as lipid oxidation markers in washed turkey meat. *Meat Science*, 2009, 83(3): 412–416
- Rotzoll N, Dunkel A, Hofmann T. Quantitative studies, taste reconstitution and omission experiments on the key taste compounds in morel mushrooms (*Morchella deliciosa* Fr.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54(7): 2705–2711

- Shen YG, Pei ZP, Jiang SH, *et al.* Antioxidant activity of non-volatiles from clove. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(10): 131–137 [沈勇根, 裴志鹏, 江慎华, 等. 丁香非挥发性成分抗氧化活性. *农业机械学报*, 2012, 43(10): 131–137]
- Stadtman ER, Levine RL. Free radical-mediated oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins. *Amino Acids*, 2003, 25(3–4): 207–218
- Suhaj M. Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2006, 19(6): 531–537
- Sun ZY. Application and development prospects of flavour agent. *China Condiment*, 2011, 36(6): 1–4 [孙芝杨. 鲜味剂的应用及发展前景. *中国调味品*, 2011, 36(6): 1–4]
- Tu BX, Lou YJ, Liu YG. Sharp freezing effects on the quality of frozen stored *Larimichthys crocea*. *Progress in Fishery Sciences*, 2014, 35(1): 55–59 [屠冰心, 娄永江, 刘永固. 低温速冻处理对养殖大黄鱼冻藏品质的影响. *渔业科学进展*, 2014, 35(1): 55–59]
- Utaiwan C, Arunee A, Alan EB. Effects of hydrocolloid addition and high pressure processing on the rheological properties and microstructure of a commercial ostrich meat product “Yor” (Thai sausage). *Meat Science*, 2007, 76(3): 548–554
- Wang DQ, Zhang L, Wu XG, *et al.* Effect of 8‰ low salinity seawater on taste compounds and sensory evaluation of female Chinese mitten crab during temporary culture. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(5): 1–7 [王丹青, 张龙, 吴旭干, 等. 8‰低盐度海水暂养对中华绒螯蟹雌蟹肌肉滋味品质的影响. *食品工业科技*, 2018, 39(5): 1–7]
- Wang S, He Y, Wang YY, *et al.* Comparison of flavor qualities of three sourced *Eriocheir sinensis*. *Food Chemistry*, 2016, 200(12): 24–31
- Wang Y, Chen SS. Comparative composition of free amino acids in wild and cultured *Procambarus clarkia*. *Food Science*, 2014, 35(11): 269–273 [王曜, 陈舜胜. 野生与养殖克氏原螯虾游离氨基酸的组成及比较研究. *食品科学*, 2014, 35(11): 269–273]
- Wang Y, Hui T, Zhang YW, *et al.* Effects of frying conditions on the formation of heterocyclic amines and *trans* fatty acids in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Food Chemistry*, 2015, 167: 251–257
- Wu CM, Wu ZH. Studies on antibacterial activity of *Eugenia caryophyllata* thunb extract. *Journal of Hubei Polytechnic University*, 2000, 15(1): 43–45 [吴传茂, 吴周和. 丁香提取液的抑菌作用研究. *湖北工学院学报*, 2000, 15(1): 43–45]
- Xia XF, Kong BH, Liu Q, *et al.* Physicochemical change and protein oxidation in porcine longissimus dorsi as influenced by different freeze-thaw cycles. *Meat Science*, 2009, 83(2): 239–245
- Yagiz Y, Kristinsson HG, Balaban MO, *et al.* Effect of high pressure processing and cooking treatment on the quality of Atlantic salmon. *Food Chemistry*, 2009, 116(4): 828–835
- Yang F, Rustad T, Xu YS, *et al.* Endogenous proteolytic enzymes- a study of their impact on cod (*Gadus morhua*) muscle proteins and textural properties in a fermented product. *Food Chemistry*, 2015, 172: 551–558
- Yao CQ, Zheng QR. Preservation effects of cassia essential oil and clove essential oil on chilled pork. *Hubei Agricultural Sciences*, 2011, 50(17): 3604–3606 [姚成强, 郑悄然. 桂皮精油和丁香精油对冷却猪肉保鲜效果的研究. *湖北农业科学*, 2011, 50(17): 3604–3606]
- Yao JY, Li Y, Jiang YY, *et al.* Optimization of chitosan-citrus essential oil microcapsules for application in the preservation of *Litopenaeus vannamei*. *Progress in Fishery Sciences*, 2019, 40(6): 203–209 [姚洁玉, 李苑, 江杨阳, 等. 壳聚糖-柑橘精油微胶囊制备工艺优化及其在南美白对虾保鲜中的应用. *渔业科学进展*, 2019, 40(6): 203–209]
- Zhang HL, Wang YS, Li CW. Correlation between microbial community structure and free amino acid composition of traditional fermented soybean paste. *Food Science*, 2019, 40(14): 192–197 [张慧林, 王永胜, 李冲伟. 传统发酵豆酱的微生物群落结构和游离氨基酸组成及其相关性分析. *食品科学*, 2019, 40(14): 192–197]
- Zhang JQ, Zhang L, Wang XC. Effects of rice culture and pond culture on the quality of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(13): 229–236 [张家奇, 张龙, 王锡昌. 稻田养殖和池塘养殖对中华绒螯蟹滋味品质的影响. *食品工业科技*, 2017, 38(13): 229–236]
- Zhao GM, Zhou GH, Liu YX, *et al.* Muscle changes of non-protein nitrogen and free amino acids during Jinhua ham processing. *Food Science*, 2006, 27(2): 33–37 [赵改名, 周光宏, 柳艳霞, 等. 肌肉非蛋白氮和游离氨基酸在金华火腿加工中的变化. *食品科学*, 2006, 27(2): 33–37]
- Zhao J, Chen J, Zhu HN, *et al.* Mass spectrometric evidence of malonaldehyde and 4-hydroxynonenal adductions to radical-scavenging soy peptides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, 60(38): 9727–9736
- Zhao TT, Zhang Y, Chen C, *et al.* Analysis of nutrient components and evaluation of nutritive quality in flesh of three species of cultured groupers. *Progress in Fishery Sciences*, 2018, 39(6): 89–96 [赵亭亭, 张岩, 陈超, 等. 3种养殖石斑鱼的肌肉营养成分分析与品质评价. *渔业科学进展*, 2018, 39(6): 89–96]

(编辑 陈 辉)

Effects of Clove Oil on Storage Quality of Crab Cream and Shrimp Sauce

CHEN Xiaolei¹, HU Wang^{2①}, MA Chaobin³, LING Jun¹, DUAN Guoqing¹, BAO Kai⁴

(1. Fishery Institute of Anhui Academy of Agricultural Sciences, Anhui Key Laboratory of Aquaculture and Stock Enhancement, Hefei 230031; 2. Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031; 3. Laomiao Town Rural Integrated Service Station, Fuyang 236143; 4. Anhui Huimin Industrial Corporation Limited, Wuhu 238331)

Abstract The effects of adding clove oil on the storage quality of crab cream and shrimp sauce have been studied in terms of MDA content, total sulfhydryl (T-SH) content, fatty acid composition and content, free amino acid content, and taste nucleotide content. Here, taste activity value and equivalent umami concentration (EUC) were used to evaluate the taste strength of these ingredients, then combined with other items to comprehensively analyze the storage quality of crab cream and shrimp sauce. The results showed that after 180 days of storage, MDA content with added clove oil was lower than without clove oil, but adding clove oil produced higher T-SH levels. After the same storage period, the saturated fatty acid content without added clove oil was significantly higher than with clove oil. However, monounsaturated and polyunsaturated fatty acid content showed contrary results. GMP, IMP, and AMP were significantly reduced after 180 days of storage without clove oil, but AMP levels with clove oil significantly rose during the same storage period. The total taste nucleotide content with and without clove oil was reduced significantly. All free amino acids improved with and without clove oil during storage, but the total free amino acid content, flavor amino acid content, and sweet amino acid content were significantly higher with clove oil than without. GMP, IMP, Glu, Ala, Val, Lys, and Arg are major constituents of crab cream and shrimp sauce. The EUC without clove oil rose from 171.91 g MSG/100 g to 304.50 g MSG/100 g. However, after adding clove oil, it rose from 208.24 g MSG/100 g to 389.58 g MSG/100 g after storage. The results suggest that clove oil has fat and protein anti-oxidation effects, and improves the storage stability and flavor of crab cream and shrimp sauce.

Key words Clove oil; Crab cream and shrimp sauce; Fatty acid; Taste nucleotide; Free amino acid

① Corresponding author: HU Wang, E-mail: huwang101@sina.com