

大蒜提取物对冷藏蔬菜鱼丸品质的影响

李婷婷^{1,2}, 张旭光¹, 胡文忠², 王鹏璞², 李学鹏³, 励建荣^{1,3,*}

(1.浙江工商大学食品与生物工程学院, 浙江省食品安全重点实验室, 浙江 杭州 310035;

2.大连民族学院生命科学学院, 辽宁 大连 116600; 3.渤海大学, 辽宁 锦州 121013)

摘要: 研究蔬菜鱼丸中添加不同量的大蒜提取物(0、100、150、200mg/kg)后在4℃冷藏条件下的品质变化。每5d取鱼丸样品的分析感官特性(感官评分、质构和白度)、微生物(细菌总数)和理化(pH值、TVB-N值和TBA值)等指标。结果表明:添加大蒜提取物的处理组保鲜效果明显优于对照组,其中大蒜提取物添加量在200mg/kg时,保鲜效果最佳,其货架期延长了7~8d。通过处理组与对照组细菌总数、pH值、TBA、TVB-N等品质指标的比较可知,大蒜提取物在鱼丸冷藏保鲜过程中能有效地抑制细菌生长,并减缓蛋白质、脂肪等氧化变质,从而延长了鱼丸的货架期。

关键词: 大蒜提取物; 鱼丸; 品质; 货架期

Effect of Garlic Extract on Quality of Refrigerated Vegetable-Fish Balls

LI Ting-ting^{1,2}, ZHANG Xu-guang¹, HU Wen-zhong², WANG Peng-pu², LI Xue-peng³, LI Jian-rong^{1,3,*}

(1. Food Safety Key Laboratory of Zhejiang Province, College of Food Science and Engineering, Zhejiang Gongshang University,

Hangzhou 310035, China; 2. College of Life Science, Dalian Nationality of University, Dalian 116600, China;

3. Bohai University, Jinzhou 121013, China)

Abstract: The effect of garlic extract treatment at doses of 0, 100, 150 mg/kg and 200 mg/kg on the quality of vegetable-fish balls during cold storage was examined by measuring sensory characteristics such as sensory score, texture and whiteness, total viable count (TVC), and physiochemical parameters such as pH, total volatile basic nitrogen (TVB-N) and thiobarbituric acid (TBA) over a period of every 5 days. The results indicated that the treatment group revealed a significantly preservative effect in comparison with the control group; the best preservative effect was obtained at a dose of 200 mg/kg, resulting in an extension of shelf life by 7–8 days. According to the differences in TVC, pH, TBA and TVB-N between both groups, garlic extract exhibited an obvious inhibitory effect on bacterial growth and slowed down the oxidative deterioration of protein and fat, thus extending the shelf life of fish balls.

Key words: garlic extract; fish balls; quality; shelf-life

中图分类号: S983

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)16-0280-06

随着我国渔业加工技术的发展,我国的鱼糜制品行业在近十年来取得了长足进展。2000—2008年鱼糜制品年产量以28.86%的速度迅速增加,至2008年我国鱼糜制品的产量达到89.91万吨^[1]。鱼糜制品在食品工业中有非常广泛的应用,既能作为食品制造业的原料辅料,也可作为餐饮业直接加工的食品原料,深受国内外消费者欢迎。此外,鱼糜制品加工对原料要求不高,生产工

艺相对简单,也是水产品深加工和提高水产品资源综合利用的重要途径。鱼丸营养丰富,但由于其水分含量高,在常温下极易腐败变质。传统的贮藏运输分销均是在冷冻状态下,解冻和温度波动造成的反复冻融会严重影响鱼丸的质地、口感和风味,同时能耗较高。因此,改进鱼糜制品传统的贮运工艺(改冷冻为冷藏)使其达到较长的货架期,不仅能保持其品质,更利于节

收稿日期: 2011-07-16

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31071514); 浙江省科技厅优先主题项目(2009C03017-5);

国家“863”计划项目(2007AA091806); 浙江工商大学研究生科技创新项目(1110XJ1510106)

作者简介: 李婷婷(1978—),女,讲师,博士研究生,研究方向为食品质量与安全。E-mail: jwltt@dlnu.edu.cn

*通信作者: 励建荣(1964—),男,教授,博士,研究方向为水产品贮藏加工及安全控制。E-mail: lijianrong@zjgsu.edu.cn

能减排,具有重要的经济社会意义。

大蒜为百合科葱属植物,大蒜含有一些特殊的具有生理活性的物质,如微量元素、超氧化物歧化酶(superoxidase dismutase, SOD)、含硫化合物等,使大蒜具有广泛的生理活性如抗菌消炎、抗癌、治疗和预防心血管疾病、提高体细胞的免疫功能和保护肝脏等^[2-6]。此外,大蒜中的SOD及还原性硫化物还具有清除氧自由基,阻止生命氧化衰亡的作用,大蒜素与脂质的结合物具有与VE相当的功能,大蒜所含成分具有使皮肤角质层软化的作用,可以起到美容和抗衰老的作用^[7]。因此,经大蒜提取物应用到鱼糜制品的保鲜,不仅能够增加鱼糜制品的货架期,而且还具有一定的保健作用。

本实验以常见的蔬菜鱼丸为对象,通过添加不同质量浓度的大蒜提取物,比较冷藏条件(4℃)下各实验组的感官指标、微生物指标、化学指标等变化,以评价大蒜提取物对鱼丸的保鲜效果,为提高鱼糜制品冷藏保鲜技术提供参考和借鉴。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

冷冻鲑鱼 市购,采肉,斩拌,制成鱼糜,冷冻;大蒜提取物购于贵州红星发展都匀绿友有限责任公司,为比例提取物,大蒜和最终大蒜提取物质量比例为20:1。

1.2 仪器与设备

CM-14斩拌机 西班牙Mainca公司; Chroma Meter CR400色差仪 日本Konica-Minolta公司; UV-2000紫外-可见分光光度计 尤尼柯(上海)仪器有限公司; DK-S24电热恒温水浴锅 上海森信实验仪器有限公司; BS223S精密电子天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司; GRP-9080隔水恒温培养箱 上海森信实验仪器有限公司; BCD-277西门子冰箱 博西华家用电器有限公司; PHS-3E PH计 上海精密科学仪器有限公司; KQ5200DB型数控超声清洗器 昆山市超声仪器有限公司; TA.XT.plus质构仪 Stable Micro Systems公司; THZ-C-1恒低温气浴摇床 上海丰盟科技材料有限公司。

1.3 方法

1.3.1 蔬菜鱼丸制作工艺

每100g蔬菜鱼丸样品配方为冷冻鲑鱼鱼糜67g、淀粉15g、蔬菜汁15g和盐3g。在蔬菜鱼丸的配方中加入一定量大蒜提取物,根据国家标准和相关文献^[8]进行添加,大蒜提取物的添加量分别为:A 0mg/kg、B 100mg/kg、C 150mg/kg、D 200mg/kg。

蔬菜鱼丸制作工艺:0℃解冻鲑鱼鱼糜→斩拌3min→加入盐、蔬菜汁、淀粉、水→继续斩拌16min→成型→凝胶化(45℃水浴20min)→沸水煮3min→冰水冷却→包装(PE)→4℃贮藏。

1.3.2 贮藏实验

将鱼丸分袋空气包装后,于4℃贮藏,分别在0、5、10、15d和20d取样测定细菌总数、TVB-N值、TBA值、pH值、白度、质构分析以及进行感官评价。每次随机取样3组,测平均值。

1.3.3 测定指标及方法

细菌总数测定:按GB4789.2—2010《食品微生物学检验:菌落总数测定》进行测定,采用平板倾注法计数测定。

pH值测定:依照GB/T 5009.45—2003《水产品卫生标准的分析方法》中的酸度计法,称取5~8g左右搅碎鱼丸,加入10倍质量新煮沸后冷却的双蒸水,均质,静止过滤后,测其上清液pH值。

TBA值测定:参考Siu等^[9]的TBA测定方法,称取10g搅碎鱼肉,加入25mL双蒸水,均质后,再加入25mL 5%三氯乙酸(TCA)搅匀,静止30min。然后,取5mL上清液,加入5mL 0.02mol/L的TBA溶液。混合液在80℃恒温水浴加热40min显色,冷却至室温后,在532nm测定吸光度。TBA值用丙二醛(MAD)的质量分数表示,单位为mg/kg。

TVB-N值测定:使用全自动定氮仪,参考文献^[10]改进测定,测定鱼丸中的TVB-N值(mg/100g)。

感官评定:由4名专业人员组成的感官评定小组进行,针对鱼丸的气味、色泽、表观特征3个方面分别评分。每项指标分5个等级,见表1。5分以下则表示鱼丸已经腐败且感官上不可接受。

表1 鱼丸感官评定分值表

Table 1 Criteria for sensory evaluation of vegetable-fish balls

	新鲜(9~10分)	较新鲜(7~8分)	一般(5~6分)	腐败(3~4分)	严重腐败(1~2分)
气味	有鱼肉鲜味,特殊的鱼丸腥香味,无异味	鱼肉鲜味较淡,鱼丸腥香味淡	无鱼肉鲜味,鱼腥味浓,无鱼丸香味	有酸臭味,有腐败的鱼腥臭味	浓烈酸臭味,及鱼类腐败气味
色泽	乳白,有光泽,无杂色	乳白,稍暗	灰白,无光泽,局部有黄点	鱼丸多处泛黄,暗淡无光泽	鱼丸多处泛黄,暗淡无光泽
表观特征	表面致密光滑,无汁液流失,无其他不良特征	表面致密光滑,有少量小孔,有少量汁液流失	表面致密光滑,有少量小孔,有少量汁液流失	表面松软发黏,少量有黄色或白色斑点,汁液流失较多	表面松软发黏,少量有黄色或白色斑点,汁液流多而浑浊

白度测定：使用色差计测量，测定亮度值 L^* (lightness)，红绿值 a^* (redness/greenness) 和黄蓝值 b^* (yellowness/blueness)，白度 = $100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$ 。

质构分析：取鱼丸切成边长为 1.5~2.0cm 的立方体，使用质构分析仪在质地剖面分析 TPA 模式下测定。设定参数为：测量前探头下降速度：3.0mm/s；测试速度：0.5mm/s；测量后探头回程速度：3.0mm/s；针入距离：压缩比为 40%；触发力值：5.0g；探头类型 p/5；数据采集速率为 200.00points/s。测定指标包括硬度、弹性和咀嚼性。每个样取不同鱼丸重复测量 5 次，取平均值。

1.4 数据分析

试验重复 2 次，每次各数据进行 3 次重复测定 ($n = 2 \times 3$)，通过肖维勒准则对可疑值进行剔除，采用 Origin 7.5 绘图，SPSS 11.0 进行方差分析。 $P < 0.01$ 为差异极显著， $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 鱼丸贮藏过程中细菌总数的变化

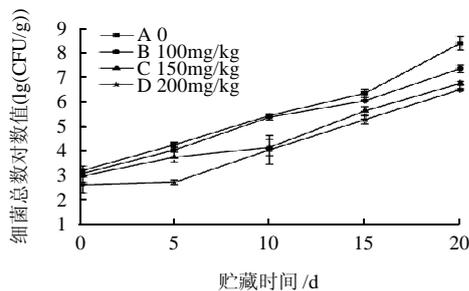


图1 4℃贮藏过程鱼丸中菌落总数的变化

Fig.1 Change in TVC of fish balls during storage at 4 °C

由图1可知，未添加大蒜提取物的鱼丸初始细菌总数 1.5×10^3 CFU/g，而添加大蒜提取物的鱼丸初始菌落总数都低于对照组，该结果与励建荣等^[11]关于梅鱼鱼丸研究结果相似。且随着大蒜提取物添加量的增加，鱼丸初始细菌总数逐渐减少，D处理组其初始细菌总数仅为 3.9×10^2 CFU/g。同时，在贮藏的过程中，B、C、D组的细菌总数始终低于对照组。对照组细菌总数随着贮藏时间的延长迅速增加，而处理组相对比较平缓。第20天时，对照组细菌总数达到 2.3×10^8 CFU/g，B、C、D处理组的细菌总数分别为 2.1×10^7 、 5.4×10^6 、 2.9×10^6 CFU/g，大蒜提取物添加量越高，其细菌总数越低。GB 10132—2005《鱼糜制品卫生标准》规定，鱼丸的细菌总数最高不可超过 5×10^4 CFU/g。对照组在第

10天细菌总数已达到 2.5×10^5 CFU/g，而除了B处理组外，其他两处理组均低于国标规定的细菌总数，直至第15天时，细菌总数才超过国标规定值。综上所述表明，添加大蒜提取物的细菌总数均低于对照组，当大蒜提取物添加量超过 100mg/kg 时，细菌总数明显低于对照组 ($P < 0.05$)。这表明大蒜素能有效地抑制鱼丸中细菌的生长。陈晓月等^[12]研究大蒜素的体外抗菌活性，发现 200mg/mL 大蒜素溶液在体外对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌等有良好的抑菌效果。

2.2 鱼丸贮藏过程中 pH 值的变化

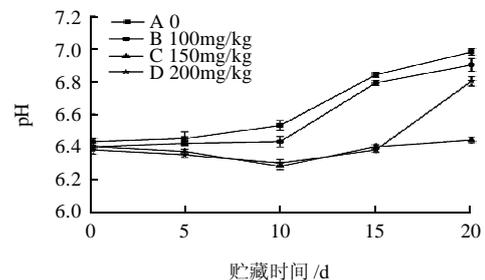


图2 鱼丸在4℃贮藏过程中 pH 值的变化

Fig.2 Change in pH of fish balls during storage at 4 °C

由图2可知，对照组鱼丸的初始 pH 值为 6.43，添加大蒜提取物处理组初始 pH 值均略低于对照组，但都不明显。在 4℃ 贮藏的前 10d 鱼丸 pH 值除 B 处理组外，其余均呈缓慢下降趋势；而在贮藏后期，对照组 pH 值随贮藏时间增加而逐步上升，但处理组样品 pH 值上升趋势比较平缓，尤其以 C 处理组上升最为平缓，处理组和对照组之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。在贮藏的初期鱼丸 pH 值产生这种变化趋势的原因可能有两方面，一方面是因为鱼丸中淀粉部分水解生成糖类物质，糖类呈现酸性，导致鱼丸 pH 值下降；另一方面可能是由于空气中 CO_2 和微生物代谢产生 CO_2 进入鱼丸中，形成 H_2CO_3 ，进而导致鱼丸的 pH 值降低^[13]。在贮藏后期，由于腐败微生物的生长繁殖，它们分解蛋白质生成了氨类等碱性化合物，造成 pH 值上升。由于大蒜素的抑菌特性，添加大蒜素的鱼丸 pH 值低于对照组，较好地保持了鱼丸的品质。

2.3 鱼丸贮藏过程中 TBA 值的变化

硫代巴比妥酸(TBA)值是检测油脂氧化产物的有效方法，它已广泛用于测定脂类食品，特别是肉类脂肪氧化酸败程度，是判断脂肪氧化程度的重要指标。它的反应原理是根据脂肪酸氧化降解产物丙二醛与 TBA 试剂反应生成稳定的红色化合物^[14]。不同处理组的蔬菜鱼丸冷藏过程中 TBA 值的变化如表 2 所示。对照组鱼丸初始 TBA 值为 0.208mg/kg，20d 时对照组的鱼丸 TBA 值达到

0.282mg/kg, TBA 值呈缓慢上升趋势。B 和 C 组相似, TBA 值略低对照组, 但无显著性差异($P < 0.05$)。这可能是由于鱼丸经过熟制之后, 脂类物质相对减少, 因此 TBA 值并不能明显反应鱼丸脂肪氧化程度。

表 2 鱼丸在 4℃ 贮藏过程中 TBA 值的变化
Table 2 Change in TBA of fish balls during storage at 4℃

分组	时间/d				
	0	5	10	15	20
A	0.208 ± 0.014	0.237 ± 0.009	0.247 ± 0.015	0.286 ± 0.011	0.282 ± 0.021
B	0.179 ± 0.003	0.230 ± 0.001	0.231 ± 0.011	0.274 ± 0.007	0.287 ± 0.005
C	0.179 ± 0.015	0.220 ± 0.007	0.243 ± 0.021	0.245 ± 0.011	0.230 ± 0.023
D	0.238 ± 0.003	0.291 ± 0.002	0.282 ± 0.029	0.286 ± 0.003	0.282 ± 0.009

2.4 鱼丸贮藏过程中 TVB-N 值的变化

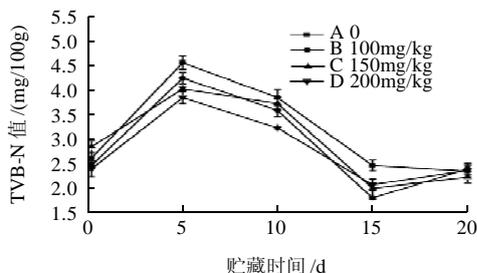


图 3 鱼丸在 4℃ 贮藏过程中 TVB-N 值的变化
Fig.3 Change in TVB-N of fish balls during storage at 4℃

如图 3 所示, TVB-N 主要包括三甲胺、二甲胺和氨类等, 它是评价水产品鲜度的常用指标, 反映了水产品中蛋白质因内源性酶或微生物等的作用分解, 产生的挥发性氨和胺类等碱性化合物的情况, 该类化合物含量愈高则 TVB-N 值越高, 鱼丸的新鲜度愈差^[15]。由图 3 可知, 所有处理组的 TVB-N 值在贮藏初期(0~5d)均有所上升, 原因是微生物在此阶段的生长造成 TVB-N 值升高^[16]。贮藏第 5 天开始, 所有处理组的 TVB-N 值迅速下降; 之后在贮藏的后期各组又略有上升。这可能是由于中温菌和好养菌停止生长, 嗜冷菌比中温菌具有相对低的代谢速率。从整体结果看, 对照组 A 的 TVB-N 值相对较高, B、C、D 三组 TVB-N 值略低于 A 组, 但显著性差异不大; 然而当贮藏至 16d, A 组微生物达到 2.1×10^6 CFU/g 时, 其 TVB-N 值只有 2.5mg/100g。与其他生鲜水产品肉类相比, 鱼丸的 TVB-N 值变化幅度较小, 这可能因为鱼肉中能引起 TVB-N 值变化的酶类在鱼丸蒸煮成型中受到破坏失活, 使 TVB-N 值在鱼丸这种熟食中的变化不明显。该结果与刘永吉等^[17]测定气调包装鱼丸 TVB-N 值相似。

2.5 鱼丸贮藏过程中感官评分的变化

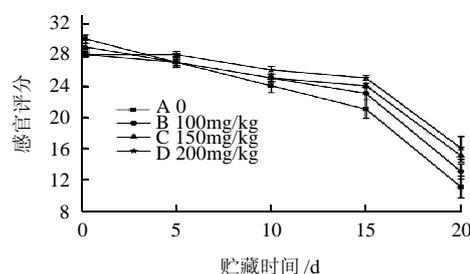


图 4 鱼丸在 4℃ 贮藏过程中感官评分
Fig.4 Change in sensory score of fish balls during storage at 4℃

由图 4 可知, 在第 0 天, 对照组和处理组的感官评分值差别不大, 添加大蒜提取物组的鱼丸几乎没有大蒜气味。这可能是由于一方面鱼丸熟制后大蒜味道减轻; 另一方面由于鱼丸中添加了蔬菜汁, 这对大蒜味可能有一定的消减效果。由图 4 可以看出, 随贮藏时间延长, 对照组 A 的感官评分值明显降低, 而添加大蒜提取物的样品在第 15 天之前下降比较缓慢, 之后感官评分迅速下降。并且随着大蒜提取物添加浓度的增加, 鱼丸的感官评分值越高。但除 D 处理组外, 其他两处理组对鱼丸感官评分影响不大。

2.6 鱼丸贮藏过程中白度的变化

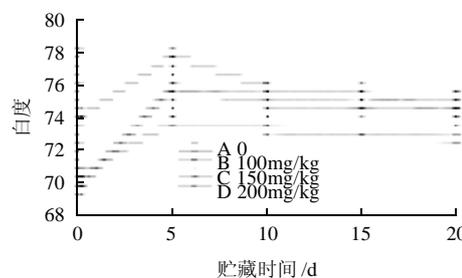


图 5 鱼丸在 4℃ 贮藏过程中白度的变化
Fig.5 Change in whiteness of fish balls during storage at 4℃

鱼丸白度的测定是根据色差仪测得的 L^* 、 a^* 、 b^* 值通过 Fujii 等提出的公式换算得到的。 L^* 为垂直轴也即中轴, 代表明度上白下黑, 其值从底部 0(黑)到顶部 100(白)。 a^* 、 b^* 坐标组成的色度平面是一个圆, 表示不同的色彩方向, a^* 代表红绿轴上颜色的饱和度; b^* 代表蓝黄轴上颜色的饱和度^[18]。白度指标能反映鱼丸的色泽和品质等级, 是评价鱼丸物理品质的重要指标。鱼丸白度变化结果见图 5, 在第 0 天时, 对照组白度明显高于 3 个处理组, 这可能是由于处理组鱼丸中添加不同含量的大蒜提取物, 大蒜提取物本身呈现淡黄色, 将其加入到鱼丸中后, 鱼丸颜色受到了一定的影响。在

表3 贮藏过程中各组样品的硬度、弹性和咀嚼性的变化
Table 3 Change in hardness, springiness and chewiness of fish balls during storage at 4 °C

指标	分组	时间/d				
		0d	5d	10d	15d	20d
硬度	A	784.90 ± 64.07	942.38 ± 148.06	1727.30 ± 94.72	1294.84 ± 63.44	1550.04 ± 72.53
	B	1353.45 ± 96.22	1595.11 ± 15.13	2145.91 ± 93.77	2432.92 ± 236.61	2240.10 ± 106.02
	C	2015.70 ± 98.48	1684.43 ± 168.48	2575.11 ± 122.21	1802.13 ± 91.04	1555.43 ± 154.46
	D	1861.00 ± 41.79	1943.76 ± 48.23	2177.81 ± 169.54	2424.82 ± 62.97	1599.23 ± 17.35
弹性	A	0.87 ± 0.01	0.85 ± 0.02	0.89 ± 0.01	0.87 ± 0.01	0.86 ± 0.04
	B	0.87 ± 0.02	0.88 ± 0.00	0.91 ± 0.03	0.87 ± 0.04	0.87 ± 0.03
	C	0.88 ± 0.02	0.87 ± 0.00	0.88 ± 0.03	0.88 ± 0.01	0.86 ± 0.00
	D	0.85 ± 0.06	0.89 ± 0.01	0.87 ± 0.00	0.88 ± 0.01	0.87 ± 0.00
咀嚼性	A	495.24 ± 0.59	567.02 ± 79.29	1038.27 ± 91.71	801.82 ± 73.58	938.53 ± 62.73
	B	1618.31 ± 200.30	978.79 ± 32.53	1439.16 ± 100.43	1726.66 ± 133.71	1413.42 ± 41.02
	C	1243.69 ± 92.37	1630.41 ± 61.03	1178.66 ± 56.82	1130.25 ± 43.77	962.18 ± 97.53
	D	1189.97 ± 165.30	1202.27 ± 36.36	1384.05 ± 95.17	1521.17 ± 45.40	966.68 ± 31.26

贮藏的前5d,所有处理组鱼丸的白度略有上升;之后鱼丸的白度都开始不同程度的下降,这可能是因为随着贮藏时间的延长,鱼丸开始腐败变质,汁液流失,同时生成一些黄色斑点。这与感官指标呈现的现象有明显的相关性。

2.7 鱼丸贮藏过程中质构特性的变化

质构仪质地多面分析(TPA)是近年来发展起来的一种新型测试方法,主要通过模拟人口腔的咀嚼运动对试样进行两次压缩的机械过程,利用力学测试方法来模拟食品质地的感官评价。因此,该方法克服了传统感官评价的缺点,且评价参数的设定也更为客观,它成为判断食品质地变化的有效方法^[19]。贮藏过程中各组样品的质构特性(硬度、弹性和咀嚼性)的变化见表3。在贮藏第0天,添加大蒜提取物处理组的硬度和咀嚼性明显高于对照组;随着时间延长,各组样品的硬度和咀嚼度值均先增加而后开始下降,对照组的下降速度最快。结果表明,A对照组和C处理组的硬度和弹性在前10d硬度和咀嚼性从增加趋势变为下降趋势;而B组和D组则在15d左右时硬度和咀嚼性变化趋势改变。产生这种变化趋势,可能是因为经蒸煮突然预冷后,鱼丸在冷藏温度下内部结构持续收缩使鱼丸的硬度和咀嚼度升高,而后由于微生物的生长和品质的劣变使鱼丸硬度和咀嚼度降低。同时,鱼丸的变质多是由表及里,但测量时鱼丸被切成方块,去掉了表面部分,使后期测得的硬度和咀嚼度仍较高^[20]。各组样品的弹性均无显著变化,冷藏过程中对照组和处理组的弹性无显著差异($P < 0.05$)。

3 结论

实验结果表明,添加大蒜提取物的鱼丸,在冷藏过程对照组的感官评分值明显低于对照组;细菌总数、

TVB-N值、pH值和TBA值等指标处理组也都明显低于对照组;添加大蒜素提取物的鱼丸,其硬度和咀嚼性等均低于对照组;而白度和弹性等指标的变化不显著。因此,综合上述指标,添加大蒜提取物的鱼丸货架期延长了7~8d,且随着添加浓度的增加,鱼丸的货架期越长,其中以添加200mg/kg大蒜提取物为最佳。添加大蒜提取物对鱼丸的白度和弹性等指标影响不大,说明鱼丸的外观品质并未受添加物的影响,因此大蒜提取物在鱼糜制品冷藏保鲜中具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 任宏伟,胡柳.我国鱼糜制品现在及发展态势[J].中国水产,2010(8):25-26.
- [2] TSAO S M, YIN M C. *In vitro* antimicrobial activity of four diallylsulphides occurring naturally in garlic and Chinese leek oils[J]. Journal of Medical Microbiology, 2001, 50(7): 646-649.
- [3] LI Yong, LU Youyong. Isolation of diallyl trisulfide inducible differentially expressed genes in human gastric cancer cells by modified cDNA representational difference analysis[J]. DNA Cell Biology, 2002, 21(11): 771-780.
- [4] LIN M C, WANG E J, LEE C, et al. Garlic inhibits microsomal triglyceride transfer protein gene expression in human liver and intestinal cell lines and in rat intestine[J]. Journal of Nutrition, 2002, 132(6): 1165-1168.
- [5] WU C C, SHEEN L Y, CHEN H W, et al. Differential effect of garlic oil and its three major organosulfur components on the hepatic detoxification system in rats[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2002, 50(2): 378-383.
- [6] WU C C, SHEEN L Y, CHEN H W, et al. Effects of organosulfur compounds from garlic oil on the antioxidation system in rat liver and red blood cells[J]. Food and Chemical Toxicology, 2001, 39(6): 563-569.
- [7] IDE N, LAU B H. Garlic compounds protect vascular endothelial cells from oxidized low density lipoprotein-induced injury[J]. Journal of Pharmacology, 1997, 49(9): 908-911.
- [8] 卫生部. GB 2760—2011 食品安全国家标准:食品添加剂使用标准

- [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [9] SIU G M, DRAPER H. A survey of the malonaldehyde content of retail meats and fish[J]. *Journal of Food Science*, 1978, 43(4): 1147-1149.
- [10] Foss公司. ASN 3140鲜鱼和冻鱼中挥发性盐基氮(TVBN)的测定[N]. FOSS 应用子报, 2002-08-16.
- [11] 励建荣, 林毅, 朱军莉, 等. 茶多酚对梅鱼鱼丸保鲜效果的研究[J]. *中国食品学报*, 2009, 9(6): 128-132.
- [12] 陈晓月, 赵成辉, 刘爽, 等. 大蒜素体外抗菌活性研究[J]. *沈阳农业大学学报*, 2008, 39(1): 108-110.
- [13] GOULAS A E, KONTOMINAS M G. Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes[J]. *Eur Food Res Technol*, 2007, 224(2): 545-553.
- [14] JO C, AHN D U. Volatiles and oxidatives changes in irradiated pork sausage with different fatty acid composition and tocopherol content[J]. *Journal of Food Science*, 2000, 65(2): 270-275.
- [15] FAN Wenjiao, SUN Junxiu, CHEN Yunchuan, et al. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage[J]. *Food Chemistry*, 2009, 115(1): 66-70.
- [16] DEBEVERE J, BOSKOU G. Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA- producing microflora of cod fillets[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 1996, 31(1/3): 221-229.
- [17] 刘永吉, 励建荣, 朱军莉, 等. 不同气调包装对冷藏鱼糜制品品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(7): 329-334.
- [18] 师萱, 陈娅, 符宜谊, 等. 色差计在食品品质检测中的应用[J]. *食品工业科技*, 2009, 30(5): 373-375.
- [19] 姜松, 王海鸥. TPA 质构分析及测试条件对苹果 TPA 质构分析的影响[J]. *食品科学*, 2004, 25(12): 68-71.
- [20] 励建荣, 刘永吉, 朱军莉, 等. 真空、空气和气调包装对冷藏鱼糜制品品质的影响[J]. *水产学报*, 2011, 35(3): 446-455.