迷迭香提取物对牛肉丸冻藏过程中脂肪氧化和品质特性的影响

贾娜[1,2]，陈璐[2]，孔保华[2]
（1.渤海大学食品科学研究院，辽宁省食品安全重点实验室，辽宁锦州 121013）
（2.东北农业大学食品学院，黑龙江哈尔滨 150030）

摘要：将不同浓度的迷迭香提取物（0、0.02%、0.04%和0.06%）添加到牛肉丸中，并以0.02%丁基羟基茴香醚（BHA）做对照，测定迷迭香处理组和对照组牛肉丸在冻藏过程中的过氧化物值（PV）、硫代巴比妥酸值（TBARS）、色差值（*L**值、*a**值）、保水性和质构特性，并对牛肉丸进行感官评价，考察迷迭香提取物对牛肉丸脂肪氧化和品质特性的改善作用。结果表明，迷迭香提取物可显著降低冻藏牛肉丸的PV值和TBARS值，抑制牛肉丸的脂肪氧化程度；同时，提高牛肉丸的*a**值，使其保持良好的色泽；迷迭香提取物还能降低牛肉丸的蒸煮损失和解冻损失，改善牛肉丸的保水性；硬度、弹性和咀嚼性等质构特性也得到改善；感官评价结果显示，迷迭香处理组牛肉丸的感官评分较高，具有良好的感官品质。因此，迷迭香提取物具有抑制冻藏肉牛丸制品脂肪氧化和改善其食用品质的潜在应用价值。

关键词：迷迭香提取物；牛肉丸；脂肪氧化；品质特性
文章篇号：1673-9078(2015)9-117-123 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.020

Effect of Rosemary Extract on Lipid Oxidation and Quality of Beef Meat Balls during Frozen Storage

JIA Na[1,2], CHEN Lu[2], KONG Bao-hua[2]
(1.Food Science Research Institute of Bohai University, Food Safety Key Lab of Liaoning Province, Jinzhou 121013, China)
(2.College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Different concentrations of rosemary extract (0%, 0.02%, 0.04%, and 0.06%) were added to beef meat balls, and beef meat balls with 0.02% butylhydroxyanisole (BHA) were used as the control. The peroxidate value (PV), content of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), color, water-holding capacity, as well as textural and sensory properties were evaluated to determine any improvement brought about by rosemary extract on lipid oxidation and quality of beef meat balls. The results showed that rosemary extract significantly decreased PV and TBARS content, thus inhibiting lipid oxidation. The *a** value increased and good color was maintained. The thawing and cooking losses declined with the use of rosemary extract, while water-holding capacity and textural properties, including hardness, springiness, and chewiness, improved. Beef meat balls with rosemary extract showed higher sensory values and good sensory properties. Therefore, rosemary extract have potential applications in the inhibition of lipid oxidation during frozen storage, thus improving quality of beef meat balls.

Key words: rosemary extract; beef balls; lipid oxidation; quality properties

近年来，调理肉制品得到了快速发展，其中非常具有代表性也是消费者最常见的一类产品是肉丸制品，该类产品具有营养丰富、食用方便、味道鲜美等特点。然而，肉丸制品在贮存、运输和销售环节面临着一些问题，如多数产品采用散装散卖的形式，加之开柜经营，冷藏柜温度达不到-18 ℃的要求，温度波动大，这样就会导致冰晶进行重结晶，使冰晶变大，对肉丸制品组织结构造成挤压，使细胞变形、破裂，释放出氧化酶类，加速了脂肪的氧化，导致风味与营养的严重损失，造成消费者不可接受的颜色和味道，且使产品的保质期也将大大缩短。为了防止脂肪氧化所带来的危害，最直接有效的方法就是添加抗氧化剂。

香辛料含有高效的抗氧化成分，具有抑菌防腐的

收稿日期：2014-11-24
基金项目：黑龙江省科技计划项目（GC13B212）；国家十二五科技支撑计划项目（2012BAD28B02）；国家自然科学青年基金项目（31301509）
作者简介：贾娜（1982-），女，博士，副教授，研究方向：肉品加工及质量控制。
通讯作者：孔保华(1963-)，女，教授，博士生导师，研究方向：畜产品加工。

作用，并且香辛料提取物在肉制品中具有广泛的应用。将迷迭香提取物添加到鲑鱼糜中，-11 ℃冻藏 6 个月，研究迷迭香提取物对鲑鱼糜脂肪氧化和蛋白氧化的抑制作用，结果显示，迷迭香提取物能有效抑制脂肪氧化，但不能降低蛋白劣变程度，同时，迷迭香提取物还能改善鲑鱼糜的红度值[1]。此外，迷迭香提取物还能有效降低牛肉糜（加有 20%机械去骨禽肉）在-18 ℃冻藏过程中的 TBARS 值，并提高其感官评分，改善其感官品质[2]。

本实验室前期对丁香、迷迭香、桂皮、甘草、肉豆蔻、白豆蔻 6 种香辛料提取物的抗氧化活性进行了研究，发现丁香、迷迭香和桂皮提取物的多酚含量最高，抗氧化活性最强，将这三种香辛料提取物应用于冷藏牛肉丸和速冻牛肉丸，发现迷迭香提取物抑制脂肪氧化的效果最好。在此基础上，本研究将不同浓度迷迭香提取物添加到速冻牛肉丸中，通过测定牛肉丸在冻藏过程中过氧化物值（PV）、硫代巴比妥酸值（TBARS）、色差值、保水性、质构特性和感官指标的变化情况，进一步考察迷迭香提取物对速冻牛肉丸在冻藏过程中品质的改善作用。本研究旨在为替代或降低化学合成抗氧化剂的用量、提高食用安全性以及增强食品的贮藏稳定性提供一定的理论和应用指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牛臀尖肉，大庄园集团；猪背膘脂肪，东北农业大学肉灌制品厂；迷迭香、味精、淀粉、胡椒等为市售；化学试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器设备

AL-104 型精密电子天平，上海梅特勒-托利多仪器设备有限公司；TU-1800 紫外可见光分光光度计，北京普析仪器公司；电色 ZE-6000 色差仪，日本色电工业株式会社；超微细粉碎机，天津市泰斯特仪器有限公司；TA-XT plus 型质构分析仪，英国 Stable Micro System 公司；TF-FD-1 型冷冻干燥机，上海田枫实业有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 迷迭香提取物的制备

参照 Zhang 等[3]的方法。将迷迭香于 45 ℃烘干，用超微细粉碎机（800 W，24000 r/min）粉碎。称取 50 g 干粉，加入 400 mL 95%食用酒精，于 55 ℃恒温水浴搅拌，提取 12 h 后，过滤。残渣用 200 mL 食用酒精重提 12 h 后再过滤，合并滤液，于 50 ℃旋转蒸发，所得浓缩液真空冷冻干燥（-50 ℃，7 Pa）。冻干物-20 ℃保存，待用。

1.3.2 牛肉丸加工方法

基础配方：牛瘦肉 400 g，猪脂肪 100 g，盐 12 g，味精 2 g，复合磷酸盐 2 g，淀粉 50 g，胡椒 0.75 g，肉蔻 0.5 g，小茴香 0.15 g，葡萄糖 5 g，水 100 g，亚硝酸盐 0.025 g，黄原胶 1 g。对照组为上述基础配方，其它各组样品分别添加 0.02%、0.04%和 0.06%迷迭香提取物，以 0.02% BHA 做阳性对照。牛肉丸装入聚丙烯餐盒中，保鲜膜密封，于-18 ℃贮藏，待测不同冻藏时间的各项指标。

1.3.3 过氧化物值（PV）的测定

按照 GB/ T 5009.37-2003《食用植物油卫生标准的分析方法》测定。

1.3.4 硫代巴比妥酸值（TBARS）的测定

TBARS 的测定参照 Sinnhube[4]等的方法，并作适当修改。0.3 g 样品放入试管中，加入 3 mL 硫代巴比妥酸溶液、17 mL 三氯乙酸-盐酸溶液，混匀后沸水浴中反应 30 min，冷却。取 4 mL 冷却后样品加入等体积的氯仿，3000 r/min 离心 10 min，取上清液在 532 nm 读取吸光值。TBARS 值以每千克脂质氧化样品溶液中丙二醛的毫克数表示。计算公式如下：

$$TBARS\,(mg/kg) = A_{532} \times 9.48$$

式中，A_{532} 为溶液的吸光值；9.48 为常数。

1.3.5 色差的测定

将待测样品切碎后，用色差仪测定所有肉丸样品的 L^*值、a^*值。仪器经自检及零点、白板校正后，试样铺满样品池底部，置于载样台上进行测量，肉样和样品池底部不能有空隙，每个试样按一个方向旋转三次，测定三次，输出值为其平均值。

1.3.6 解冻损失和蒸煮损失的测定

按照 Serrano[5]的方法测定，略作改动。将肉丸称重（W_1），放置在 20 ℃环境中 15 min，待其完全缓化后，用滤纸吸干表面的水分，再次称重（W_2），按照下式计算解冻损失：

$$\text{解冻损失（\%）} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

测完解冻损失的肉丸放入蒸煮袋中，于 100 ℃水浴煮制 10 min，使中心温度达到 70 ℃，取出肉丸，在 20~22 ℃室温下放置 30 min，吸干肉丸表面水分，称取重量（W_3），按照下式计算蒸煮损失：

$$\text{蒸煮损失（\%）} = \frac{W_2 - W_3}{W_3} \times 100\%$$

1.3.7 质构（Texture profile analysis，TPA）的

测定

将煮熟的肉丸切成大小为 1.5 cm×1.5 cm×1.5 cm 肉块，放在物性仪平台上，肉块的中心线应与平台中心对齐。选用 P/50 探头，测试前速度为 2 mm/s，测试速度为 5 mm/s，测试后速度为 5 mm/s，压缩比为 50%，两次激活感应力为 5 g。TPA 结果采用 stable micro system 软件分析。

1.3.8 感官评价

选定 10 位经过培训的实验人员，对煮制肉丸的滋气味、组织状态、酸败味和总体可接受性进行评价[6-7]。

表 1 牛肉丸感官评价标准

Table 1 Parameters for sensory evaluation of beef meat balls

	7 分	4 分	1 分
滋气味	肉香明显、具有鲜味、无异味	肉味正常、香气不足、无异味	味道不好有异味
组织状态	指压不裂开，能迅速恢复原状，切面致密，有分布均匀的小气孔	指压不裂开，较快恢复原状，切面细密，有分布均匀的较大气孔	指压表面会破裂，切面粗糙，有分布不均匀的大气孔
酸败味	无任何酸败味	无明显酸败味	具有强烈酸败味
总体可接受性	可接受性高	可接受性适中	可接受性低

1.4 统计分析

每个实验重复 3 次，结果表示为 x±SD。数据统计分析采用 Statistix 8.1（分析软件，StPaul，MN）利用软件包中 Linear Models 程序进行，差异显著性（P<0.05）分析使用 Tukey HSD 程序。

2 结果与讨论

2.1 迷迭香提取物对牛肉丸 PV 的影响

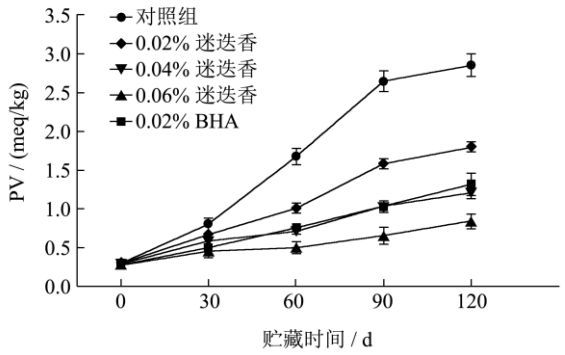


图 1 迷迭香提取物对牛肉丸 PV 的影响

Fig.1 Effect of rosemary extract on PV of beef meat balls

PV 是检测脂肪氧化初级产物的指标。图 1 是不同处理组牛肉丸在冻藏过程中 PV 的变化情况。可以看出，随着冻藏时间的延长，各处理组牛肉丸的 PV 呈上升趋势，对照组在第 120 d 时达到 2.88 meq/kg，说明氧化程度逐渐加深。对于不同添加量的处理组，添加量越大，抑制效果越强。在贮藏第 30 d 时，除添加 0.02%迷迭香提取物处理组的 PV 与对照组相比差异不显著外（P>0.05），其他各组均显著低于对照组（P<0.05）；贮藏时间为 60 d、90 d 和 120 d 时，各处理组牛肉丸的 PV 均显著低于对照组（P<0.05）。在整个贮藏过程中，添加 0.04%提取物处理组的 PV 与 BHA 处理组相比差异始终不显著（P>0.05），说明二者效果相当；而 0.06%迷迭香提取物处理组的 PV 小于添加 0.02% BHA 的，说明高浓度提取物对抑制脂肪氧化初级产物生成的效果比 BHA 的效果好。迷迭香和 BHA 都是酚类化合物，属于阻断链式反应类型的抗氧化剂，将迷迭香单独使用或与 α-生育酚混合添加到牛排中，并将牛排在-18 ℃冻藏，发现迷迭香能对产品起到显著的抗氧化作用[8]，这与本研究的结果相类似。

2.2 迷迭香提取物对牛肉丸 TBARS 值的影响

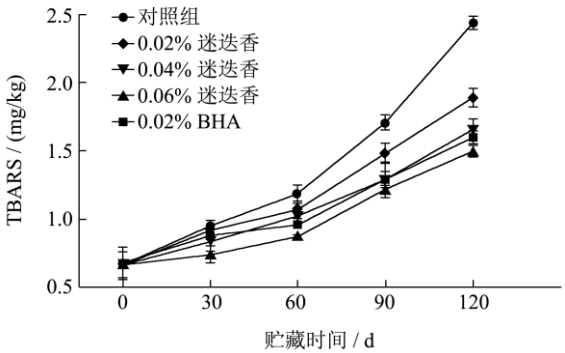


图 2 迷迭香提取物对牛肉丸 TBARS 值的影响

Fig.2 Effect of rosemary extract on TBARS content of beef meat balls

图 2 是不同处理组牛肉丸在冻藏过程中 TBARS 值的变化。可以看出，随着贮藏时间的延长，各处理组牛肉丸的 TBARS 呈上升趋势，对照组在第 120 d 时达到 2.44 mg/kg。在冻藏第 30 d 时，只有 0.06%迷迭香提取物处理组的 TBARS 显著低于对照组（P<0.05），而其他各组与对照组之间差异均不显著（P>0.05）；冻藏第 60 d 时，除 0.02%迷迭香提取物处

理组与对照组差异不显著（P>0.05）外，其他各组均显著低于对照组（P<0.05）；而冻藏第 90 d~120 d 时，各处理组的 TBARS 值均显著低于对照组（P<0.05）。以上结果说明，迷迭香提取物对脂肪氧化有明显的抑制作用，且添加量越大，抑制效果越强，其效果与 BHA 相当。迷迭香提取物主要通过清除自由基、螯合金属离子和还原能力而起到抗氧化作用，其主要成分包括迷迭香酸、鼠尾草酸、绿原酸和咖啡酸[9]。

2.3 迷迭香提取物对牛肉丸颜色的影响

肉的颜色也是影响消费者购买力的重要因素。在冻藏过程中，脂肪氧化和色素降解等反应都会导致肉的颜色发生变化[10]。表 2 是不同添加量迷迭香提取物对牛肉丸在冻藏期间 L*值和 a*值的影响。可以看出，第 0 d 时，对照组与处理组的 L*值、a*值均无显著差异（P>0.05），说明添加迷迭香提取物与 BHA 对肉色无不良影响。在冻藏末期，对照组与各处理组的 L*值、a*值均达到最低，L*值降低，可能是由于冻藏期间，蛋白质、脂肪发生氧化导致肉色变暗，亮度减小；a*值降低，可能是由于脂肪氧化过程中产生的过氧化物会与氧合肌红蛋白反应，形成高铁肌红蛋白，使肉变褐色。但是，在冻藏末期，各处理组的 a*值均显著高于对照组（P<0.05），说明迷迭香提取物对牛肉丸可以起到一定的护色作用，这可能是由于迷迭香提取物具有抗氧化活性，可以通过抑制脂肪氧化而起到护色的效果。

表 2 迷迭香提取物对牛肉丸 L*值和 a*值的影响

Table 2 Effect of rosemary extract on L* and a* values of beef meat balls

	组别	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d
L^*	对照组	56.35±0.63^{a}	56.76±0.19^{b}	55.18±0.12^{c}	54.77±0.65^{a}	49.03±1.23^{bc}
	迷 0.02%	55.71±0.51^{a}	55.78±0.58^{bc}	56.20±0.63^{bc}	55.18±0.16^{a}	52.24±0.16^{b}
	迷 0.04%	56.42±0.26^{a}	55.50±0.22^{c}	57.15±0.61^{b}	55.25±1.06^{a}	52.40±0.27^{ab}
	迷 0.06%	57.10±0.83^{a}	56.77±0.32^{b}	56.75±0.49^{b}	56.79±0.77^{a}	54.07±0.56^{a}
	BHA	57.31±0.93^{a}	58.06±0.64^{a}	58.67±0.32^{a}	55.79±0.87^{a}	53.24±0.09^{ab}
a^*	对照组	10.02±0.85^{a}	9.39±1.82^{a}	8.87±0.49^{a}	8.01±0.75^{ab}	6.86±0.32^{b}
	迷 0.02%	10.18±0.66^{a}	9.60±0.45^{a}	8.99±0.43^{a}	8.08±0.62^{a}	7.84±0.66^{a}
	迷 0.04%	10.10±0.41^{a}	9.70±0.67^{a}	9.64±1.12^{a}	8.68±0.93^{a}	7.93±0.13^{a}
	迷 0.06%	11.01±0.31^{a}	10.01±0.75^{a}	9.38±0.83^{a}	8.99±0.62^{a}	7.97±0.94^{a}
	BHA	10.37±0.94^{a}	9.89±0.79^{a}	9.05±0.12^{a}	8.23±0.27^{a}	7.39±0.32^{a}

注：a~c 指同一指标的同一列，相同表示差异不显著（P>0.05），不同则表示差异显著（P<0.05）。表 3、表 4 同。

2.4 迷迭香提取物对牛肉丸保水性的影响

保水性是评定肉质的重要指标之一，对肉制品的质地、嫩度和凝结性等品质有很大影响。蒸煮损失和解冻损失是反映肉制品保水性的指标，二者增加，说明保水性下降。由图 3 可知，对照组和各处理组的解冻损失和蒸煮损失均呈上升趋势，说明冻藏时间延长导致保水性降低。0 d~60 d 时，解冻损失和的蒸煮损失增加的幅度较小，这是由于在冻藏初期，还没有生成较大冰晶，对肌肉组织结构的破坏较小；60 d~120 d 时，解冻损失和的蒸煮损失增加幅度均变大，这是由于长时间的冻藏会使冰晶的体积不断增大，对肌肉组织的破坏更严重，从而导致汁液流失增加[11]。冻藏 0 d 时，对照组和各处理组的解冻损失和的蒸煮损失之间无显著性差异（P>0.05）；冻藏 30 d 时，各组的蒸煮损失之间差异不显著（P>0.05），但迷迭香提取物处理组和 BHA 处理组的解冻损失均显著低于对照组（P<0.05）；冻藏 60 d~90 d 时，各处理组的解冻损失和蒸煮损失均显著低于对照组（P<0.05），但不同添加量迷迭香提取物之间差异不显著（P>0.05）。以上结果说明迷迭香提取物能够提高牛肉丸在冻藏过程中的保水性，这可能是由于迷迭香提取物的主要成份是一些酚类，含有酚羟基结构，可以与水和蛋白质作用形成氢键，从而影响水的状态，保护了组织间隙的水，并且稳定了蛋白质的结构，所以使凝胶结构更加稳定，使汁液不易流失，提高了产品的结构特性[12]。

2.5 迷迭香提取物对牛肉丸质构特性的影响

质构特性是鉴定牛肉丸制品品质的重要指标。由表 3 可知，随着冻藏时间的增加，牛肉丸的硬度、弹性、咀嚼性所呈现的趋势大致相同，0 d~30 d 时，三者均大致呈上升趋势，这是由于在冻藏初期，蛋白氧化程度较轻，有利于凝胶网状结构的形成；在 60 d~120 d 时，整体呈下降趋势，这是由于脂肪氧化降低了牛肉丸的保油保水性，并且蛋白变性程度增加[13]。Monaco [14]等也证实了硬度、弹性、咀嚼性这三个指

标参数呈高度的正相关性。在整个冻藏过程中，与对照组相比，迷迭香提取物能在一定程度上提高牛肉丸的弹性和咀嚼性，但差异始终不显著（P>0.05），且不同添加量之间也不存在显著差异（P>0.05）。对于硬度，在冻藏第 30 d 时，只有添加 0.06%迷迭香提取物牛肉丸的硬度显著高于对照组（P<0.05），其他添加量与对照组相比差异不显著（P>0.05）；而冻藏 60 d、90 d 和 120 d 时，各个添加量处理组与对照组均不存在显著差异（P>0.05）。总体来说，迷迭香提取物能在一定程度上改善牛肉丸的硬度、弹性和咀嚼性，这可能与于迷迭香的抗氧化活性相关，能够降低蛋白氧化和脂肪氧化程度[2]。

2.6 迷迭香提取物对牛肉丸感官评定的影响

感官评定是衡量肉与肉制品品质的最直接和最重要的指标。表 4 是冻藏期间五组样品的感官评价结果，主要对滋气味、酸败味、组织状态、颜色和总体可接受性进行评价。0 d 时，各组均无明显酸败味（P>0.05），组织状态无明显差异（P>0.05）。添加低浓度迷迭香提取物可以改善滋气味和颜色，提高总体可接受性，当迷迭香提取物浓度达到 0.06%时，对滋气味有不良影响，使滋气味和总体可接受性评分降低，但是各组之间不存在显著性差异（P>0.05）。随着时间的增加，各处理组的各项感官指标均呈现下降的趋势，但在冻藏 30d 和 60d 时，各组之间均无显著性差异（P>0.05）。在 90 d 和 120 d 时，对照组总体可接受性最差，表现出不可接受的滋气味，且有酸败味产生，迷迭香提取物处理组的总体可接受性始终处于较高水平，其效果与 BHA 接近。这说明添加迷迭香提取物可以提高牛肉丸的感官指标，延长产品的贮藏期。

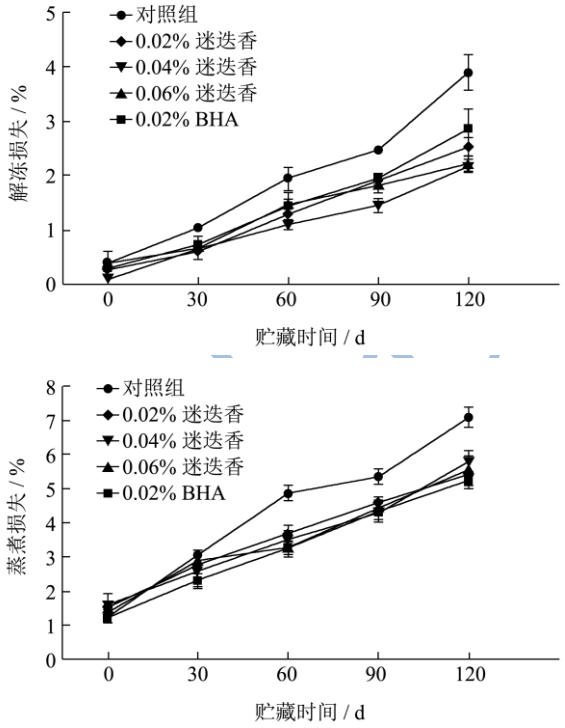


图 3 迷迭香提取物对牛肉丸解冻损失和蒸煮损失的影响

Fig.3 Effect of rosemary extract on thawing and cooking loss of beef meat balls

表 3 迷迭香提取物对牛肉丸 TPA 的影响

Table 3 Effect of rosemary extract on TPA of beef meat balls

	组别	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d
硬度/g	对照组	3752.1±149.2^{a}	3872.9±62.3^{b}	3498.2±387.6^{ab}	2965.3±155.5^{a}	2490.8 ±75.4^{ab}
	迷 0.02%	3831±135.5^{a}	4036.4±156.7^{ab}	3250.5±139.2^{ab}	3101.7±221.3^{a}	2690.8±148^{a}
	迷 0.04%	3721.4±15.7^{a}	4183.3±156.2^{ab}	3042.6±21.8^{b}	3087.0±213.8^{a}	2839. 0±24.5^{a}
	迷 0.06%	3743.9±163.2^{a}	4309.3±120^{a}	3395.1±83.9^{ab}	3042.6±21.8^{a}	2615.2±240.8^{a}
	BHA	3773.6±148.6^{a}	4287.3±162.7^{a}	3743.1±250.1^{a}	2954.5±35.2^{a}	2879.2±4.2^{a}
弹性	对照组	0.76±0.05^{a}	0.81±0.02^{a}	0.77±0.05^{b}	0.71±0.07^{a}	0.72±0.07^{ab}
	迷 0.02%	0.82±0.01^{a}	0.83±0.01^{a}	0.82±0.01^{ab}	0.81±0.02^{a}	0.76±0.01^{a}
	迷 0.04%	0.79±0.04^{a}	0.81±0.09^{a}	0.80±0.03^{ab}	0.80±0.01^{a}	0.80±0.01^{a}
	迷 0.06%	0.80±0.08^{a}	0.85±0.04^{a}	0.84±0.02^{ab}	0.80±0.03^{a}	0.82±0.01^{a}
	BHA	0.87±0.03^{a}	0.86±0.04^{a}	0.87±0.03^{a}	0.82±0.07^{a}	0.75±0.07 ^{a}
咀嚼性	对照组	1525.9±162.8^{a}	1763.7±380^{a}	1439.7±164.8^{a}	1161.8±123.7^{a}	949.32±4.1^{ab}
	迷 0.02%	1804.0±143.9^{a}	1829.7±225.9^{a}	1564.8±155.8^{a}	1462.9±228^{a}	981.11±179.4^{a}
	迷 0.04%	1483.4±167^{a}	1902.3±210.8^{a}	1322.5±314.6^{a}	1400.0±152.4^{a}	1258.1±65.6^{a}
	迷 0.06%	1523.9±397.3^{a}	2047.2±266.8^{a}	1374.8±55.2^{a}	1322.5±314.6^{a}	1203.5±172.6^{a}
	BHA	1767.7±265.6^{a}	2138.4 ±80.9^{a}	1769.6±325^{a}	1207.1±216.5^{a}	1152.7 ±53.5 ^{a}

表 4 迷迭香提取物对牛肉丸感官品质的影响

Table 4 Effect of rosemary extract on sensory evaluation of beef meat balls

	组别	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d
滋气味	对照组	5.38±0.48^{a}	4.75±0.29^{a}	4.38±0.21^{ab}	3.85±0.24^{b}	3.58±0.05^{b}
	迷 0.02%	5.63±0.25^{a}	5.03±0.95^{a}	4.59±0.41^{a}	4.13±0.15^{ab}	3.83±0.05^{ab}
	迷 0.04%	5.33±0.23^{a}	4.95±0.29^{a}	4.65±0.29^{a}	4.25±0.21^{ab}	4.10±0.11^{a}
	迷 0.06%	5.03±0.02^{ab}	4.56±0.12^{ab}	4.53±0.63^{a}	4.33±0.23^{a}	4.08±0.14^{a}
	BHA	5.53±0.16^{a}	4.93±0.06^{a}	4.50±0.58^{a}	4.38±0.25^{a}	4.05±0.04^{a}
酸败味	对照组	5.45±0.27^{a}	4.90±0.41^{ab}	4.35±0.48^{ab}	3.90±0.11^{b}	3.63±0.25^{ab}
	迷 0.02%	5.53±0.11^{a}	5.13±0.18^{ab}	4.60±0.41^{a}	4.13±0.08^{ab}	4.00±0.11^{b}
	迷 0.04%	5.56±0.12^{a}	5.07±0.11^{a}	4.78±0.03^{a}	4.40±0.11^{a}	4.13±0.05^{a}
	迷 0.06%	5.83±0.25^{a}	5.46±0.37^{a}	4.89±0.36^{a}	4.45±0.29^{a}	4.25±0.29^{a}
	BHA	5.35±0.29^{a}	5.05±0.33^{a}	4.63±1.25^{a}	4.25±0.29^{a}	4.15±0.23^{a}
组织状态	对照组	5.90±0.30^{a}	4.75±0.23^{a}	4.23±0.25^{a}	3.95±0.29^{b}	3.90±0.10^{a}
	迷 0.02%	5.75±0.29^{a}	4.78±0.48^{a}	4.50±0.41^{a}	4.38±0.48^{ab}	4.00±0.25^{a}
	迷 0.04%	5.88±0.25^{a}	4.93±0.48^{a}	4.53±0.26^{a}	4.13±0.18^{a}	4.05±0.29^{a}
	迷 0.06%	5.75±0.29^{a}	4.80±0.24^{a}	4.60±0.41^{a}	4.13±0.25^{a}	4.01±0.02^{a}
	BHA	5.66±0.22^{a}	4.76±0.38^{a}	4.50±0.58^{a}	4.38±0.25^{a}	4.13±0.22^{a}
颜色	对照组	5.60±0.04^{a}	4.83±0.15^{ab}	4.45±0.29^{a}	3.93±0.20^{b}	3.73±0.25^{bc}
	迷 0.02%	5.88±0.22^{a}	5.10±1.00^{a}	4.50±0.02^{a}	4.20±0.10^{b}	3.98±0.25^{c}
	迷 0.04%	5.65±0.21^{a}	5.18±0.25^{a}	4.63±0.48^{a}	4.38±0.15^{a}	4.10±0.00^{ab}
	迷 0.06%	5.63±0.48^{a}	4.99±0.04^{a}	4.72±0.23^{a}	4.63±0.21^{a}	4.03±0.25^{bc}
	BHA	5.13±0.22^{a}	5.03±0.16^{a}	4.63±0.43^{a}	4.45±0.22^{a}	4.13±0.15^{a}
总体可接受性	对照组	5.45±0.29^{a}	4.82±0.23^{ab}	4.25±0.29^{a}	3.95±0.09^{b}	3.50±0.02^{c}
	迷 0.02%	5.60±0.00^{a}	5.20±0.01^{a}	4.25±0.29^{a}	4.10±0.02^{ab}	3.75±0.09^{b}
	迷 0.04%	5.63±0.00^{a}	5.25±0.29^{a}	4.50±0.58^{a}	4.35±0.29^{a}	4.25±0.09^{a}
	迷 0.06%	5.38±0.48^{a}	4.92±0.29^{a}	4.50±0.58^{a}	4.33±0.25^{a}	4.10±0.10^{ab}
	BHA	5.55±0.29^{a}	5.03±0.14^{a}	4.75±0.50^{a}	4.58±0.15^{a}	4.12±0.19^{a}

3 结论

在冻藏过程中，牛肉丸的脂肪氧化程度增加，添加迷迭香提取物能显著降低脂肪氧化程度，并使牛肉丸保持良好的色泽；牛肉丸的解冻损失和蒸煮损失随冻藏时间的延长逐渐增加，迷迭香提取物能降低二者损失程度，提高牛肉丸的保水性；迷迭香提取物能改善牛肉丸冻藏过程中的质构特性，且提高牛肉丸的感官品质。因此，迷迭香提取物能够抑制冻藏牛肉丸的脂肪氧化程度，并对其食用品质具有一定的改善作用。

参考文献

[1] Tironi V A, Tomás M C, Añón M C. Quality loss during the frozen storage of sea salmon (*Pseudopercis semifasciata*). Effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract [J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(2): 263-272

[2] Mohamed H M H, Mansour H A. Incorporating essential oils of marjoram and rosemary in the formulation of beef patties manufactured with mechanically deboned poultry meat to improve the lipid stability and sensory attributes [J]. LWT - Food Science and Technology, 2012, 45(1): 79-87

[3] Zhang X, Kong B, Xiong Y, et al. Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4 ℃ [J]. Meat Science, 2009, 81(4): 686-692

[4] Sinnhuber R O, YU T C. The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils [J]. Journal of Japan Oil Chemists Society, 1977, 26(5): 259-267

[5] Serrano A, Cofrades S, Colmenero F J. Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts [J]. Food chemistry, 2004, 85(3): 423-429

[6] 刘锋,芮汉明.鸡肉丸配方组成对其质量影响的研究[J].食

品科学,2006,27(12): 534-537
LIU Feng, RUI Han-ming. Study on the Ingredients of Chicken Meatball [J]. Food Science, 2006, 27(12): 534-537

[7] Pohlman F, Stivarius M, Mcelyea K, et al. The effects of ozone, chlorine dioxide, cetylpyridinium chloride and trisodium phosphate as multiple antimicrobial interventions on microbiological, instrumental color, and sensory color and odor characteristics of ground beef [J]. Meat Science, 2002, 61(3): 307-313

[8] Georgantelis D, Blekas G, Katikou P, et al. Effect of rosemary extract, chitosan and [alpha]-tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers [J]. Meat Science, 2007, 75(2): 256-264

[9] 曹姗,祖元刚,张琳.LC-MS/MS 方法同时检测超声提取迷迭香(*Rosmarnus officinalis* L.)叶片中的 4 种主要成分[J].食品科学,2012,31(20):196-200
CAO Shan, ZU Yuan-gang, ZHANG Lin. Simultaneous determination of four major volatile components in rosemary (*Rosmarnus officinalis* L.) leaves by LC-MS/MS with ultrasonic-assisted extraction [J]. Food Science, 2012, 31(20): 196-200

[10] Dias J, Nunes M L, Mendes R. Effect of frozen storage on the chemical and physical properties of black and silver scabbardfish [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1994, 66(3): 327-335

[11] Farouk M, Wieliczko K, Merts I. Ultra-fast freezing and low storage temperatures are not necessary to maintain the functional properties of manufacturing beef [J]. Meat Science, 2004, 66(1): 171-179

[12] 薛勇,薛长湖,李兆杰,等.海藻糖对冻藏过程中鳙肌原纤维蛋白冷冻变性的影响[J].中国水产科学,2006,13(4):637-641
XUE Yong, XUE Chang-hu, LI Zhao-jie, et al. Effects of trehalose on denaturalization of bighead carp (Aristich -thysnobilis) myofibrillar protein during frozen storage[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(4): 637-641

[13] 郑锐,曹川,包建强,等.冻藏于不同温度下做不同处理方法的草鱼肉质构变化的研究[J].食品工业科技,2012,33(1): 344-347
ZHENG Rui, CAO Chuan, BAO Jian-qiang, et al. Study of texture changes of grass carp frozen at different temperatures with different treatment [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(1): 344-347

[14] Monaco R D, Cavella S, Masi P. Predicting sensory cohesiveness, hardness and springiness of solid foods from instrumental measurements [J]. Journal of Texture Studies, 2008, 39(2): 129-149.