

# 冷却方式对熟制鸡肉丸品质的影响

曹玲, 张坤生\*, 任云霞

天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津市食品生物技术重点实验室(天津 300134)

**摘要** 采用自然冷却、冷风冷却、真空冷却与混合冷却四种冷却方式把熟制鸡肉丸的中心温度从80℃冷却至25℃, 并比较在同一温度下贮藏期间的品质变化。结果显示, 混合冷却具有取代常规冷却和真空冷却的可行性。混合冷却的冷却速率显著高于常规冷却, 其质量损失显著低于其他冷却方式; 物性方面, 真空冷却产品色泽暗, 硬度大, 弹性差, 口感不佳, 感官评定低。但在质构、色泽上混合冷却与常规冷却没有显著差异; 理化指标方面, 相对常规冷却而言, 真空冷却和混合冷却能够显著延缓脂肪氧化和微生物污染, 从而可以达到延长货架期的目的。

**关键词** 鸡肉丸; 冷却方式; 品质; 货架期

## Effect of Cooling Methods on Quality of Cooked Chicken Meat Balls

Cao Ling, Zhang Kun-sheng\*, Ren Yun-xia

College of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology (Tianjin 300134)

**Abstract** The chicken meat ball was cooled by four methods including natural cooling, air cooling, vacuum cooling and hybrid cooling. Its temperature was cooled from 80℃ to 25℃, and the qualitative changes of storage time in the same temperature were compared. The results showed that it was feasible for hybrid cooling to replace the conventional cooling methods and vacuum cooling. Hybrid cooling had the faster cooling rate than conventional cooling methods and the lower qualitative loss than other three methods; In the aspect of physical properties, products cooled by vacuum cooling had darker color, and their hardness, springiness, tests, sensorial score were lower. As to hybrid cooling, there was no significant difference with conventional cooling; In the aspect of chemical indicators, vacuum cooling and hybrid cooling could significantly retard microbial contamination and fatty oxidation comparing with conventional cooling, to achieve the purpose of extending the shelf life of food.

**Keywords** chicken meat ball; cooling methods; quality; shelf life

肉丸作为一种传统的手工制品广泛存在于日常生活之中, 多以猪肉、牛肉为原料, 鸡肉丸并不多见<sup>[1]</sup>。鸡肉价格低廉, 营养丰富, 高蛋白低脂肪, 低热量, 低胆固醇, 容易消化吸收并且便于保存<sup>[2]</sup>。因此鸡肉丸的生产具有良好的市场前景。

熟肉制品需要冷却方可进行包装与贮藏。冷却是工业化肉制品生产中危害控制的关键环节<sup>[3]</sup>, 由于冷却的过程涉及到了时间与空间的问题, 会对产品的卫生质量品质产生重要影响。常规冷却技术自然冷却和冷风冷却需要较长时间方可将肉制品降温。真空冷却是一种依靠水分蒸发来进行冷却的方法<sup>[4]</sup>, 相较于以往传统的冷却方式可以提高冷却速率显著缩短时间, 提高产品质量和安全性<sup>[5]</sup>。但由于冷却过程中大量水分流失会对产品的出品率等品质产生不利影响<sup>[6]</sup>。目前鸡肉制品真空冷却方面的研究鲜有报道, 因此研究真空冷却对鸡肉制品的影响, 通过改进冷却技术来改善冷却产品品质具有较大的价值与意义。

研究不同冷却方式(自然冷却、冷风冷却、真空冷却和混合冷却)对熟制鸡肉丸的品质影响, 以期寻

求最佳冷却方式, 使冷却后的鸡肉丸品质得到改善, 货架期得到延长, 并验证其可行性。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、仪器与设备

鸡胸肉、猪肥肉、玉米淀粉、大豆分离蛋白、食盐、白糖、味精、胡椒粉等: 市售, 均为食品级; 魔芋精粉(食品级): 湖北富程魔芋产业发展有限公司。2-硫代巴比妥酸(2-Thiobarbituric acid, TBA)(分析纯): 上海科丰化学试剂有限公司; 三氯乙酸(分析纯): 天津市科密欧化学试剂有限公司。

真空急速冷却机DV-25型: 江苏洽爱纳机械有限公司; Hunter Lab 色差仪: 美国Hunter Lab公司; TA.XT plu 物性测试仪: 英国Stable MicroSystems公司; PEN 3便携式电子鼻, 德国AIRSENSE公司; H-1850R 低温高速离心机: 长沙湘仪离心机仪器有限公司; Testo 205: 德国仪器国际贸易(上海)有限公司; HWS24 型电热恒温水浴锅: 上海一恒科学仪器有限公司; 温度记录仪L93-4型: 杭州路格科技有限

公司；超净工作台SW-CJ-1F型：苏州净化设备有限公司；生化培养箱CLIN-250型：天津市华北实验仪器有限公司。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 鸡肉丸的制作工艺

原料肉的选择整理 解冻 绞碎 配料 腌制  
添加辅料 斩拌 成型 煮制 冷却 检测

基础配方：鸡胸肉400 g、猪脂肪100 g、淀粉74 g、魔芋胶10 g、大豆分离蛋白11 g、食盐10 g、白糖5 g、其他辅料5 g、冰水100 g。

### 1.2.2 肉丸成型与煮制

控制肉丸直径为3 cm左右，将成型的肉丸立即放入40℃的热水中预煮1 min便于成型，再在85℃下煮制15 min即可。

### 1.2.3 熟制鸡肉丸的冷却处理

将中心温度高于80℃的鸡肉丸迅速进行称重，采用自然冷却、冷风冷却、真空冷却、混合冷却对样品进行处理，每组3个平行，使其中心温度降到室温25℃。各种冷却方式的技术指标分别为：自然冷却在室温22℃条件下进行，冷却阶段用温度记录仪采集产品内部的温度变化，记录冷却时间；冷风冷却利用具有两档风速的台扇，转速1 500 r/min，风速2 m/s，数据采集方法同自然冷却；真空冷却室温度维持在0~5℃，真空度降至0.5 MPa；混合在冷却阶段，采用真空与冰水浸泡结合的冷却方式，先在真空冷却室温度为0~5℃，真空度为0.5 MPa的条件下使产品中心温度降至40℃，然后移至1℃符合饮用标准的冰水中浸泡，直到产品中心温度降至25℃，冰水冷却阶段数据记录方式同自然冷却。采集产品内部的温度变化，记录冷却时间，冷却之后再次进行称重，并于4℃条件下贮藏不同时间备用。

### 1.2.4 冷却速率的测定

将探头插入煮出的鸡肉丸，对采用不同冷却方式的鸡肉丸托进行中心温度的扫描，每隔1 min进行一次扫描，记录数据，绘制温度-时间曲线变化图。

### 1.2.5 质量损失的测定

测定鸡肉丸冷却前后的质量，按公式(1)计算鸡肉丸的冷却质量损失：

$$R = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中：R-质量损失，%； $M_1$ -冷却前鸡肉丸的质量，g； $M_2$ -冷却后鸡肉丸的质量，g。

### 1.2.6 质构的测定

将不同冷却方式得到的样品切成厚度约为1 cm的肉饼，保证切面光滑、平整。然后放在质构仪的探头下测量其弹性、硬度、凝聚性、咀嚼性、回复力。每组处理取5个样品，取较集中数据平均得到结果。测试参数：P50探头；测试前速度2 mm/s；测试后速度

1 mm/s；测试速度1 mm/s；测定间隔时间5 s；压缩比50%。

### 1.2.7 色差的测定

将不同冷却方式得到的样品切成厚度1 cm，直径2 cm的肉饼，用色差仪测定所有肉样 $L^*$ 值、 $a^*$ 值和 $b^*$ 值。 $L^*$ 值表示肉的亮度， $a^*$ 值表示肉的红度， $b^*$ 表示黄度。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。每组样品做4次平行测定，取较集中数据平均得到结果。

### 1.2.8 pH的测定

利用Testo 205 pH测定仪器直接测定冷却后鸡肉丸的pH，每组样品重复测定4次取较集中数据平均得到结果。对不同冷却处理后的鸡肉丸每隔4 d测定一次，每组测定3次，结果取平均值。

### 1.2.9 气味的测定

采用PEN3电子鼻测定。称取4 g切碎的鸡肉丸装入50 mL烧杯内，用两层保鲜膜密封，气味挥发平衡30 min后进行测定，每个样品至少测定5次。

### 1.3 脂肪氧化值的测定

按TBA法测脂肪氧化并稍作修改<sup>[7]</sup>，对不同冷却处理后的鸡肉丸每隔4 d测定一次，每组测定3次，结果取平均值。

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后，冷却。取4 mL冷却后样品加入等体积的氯仿，3 000 r/min离心10 min，取上层清液在532 nm处读取吸光度( $A_{532}$ )。TBARS值以每千克脂质氧化样品溶液中丙二醛质量表示。计算方法如式(2)：

$$TBARS \text{ (mg/kg)} = A_{532} \times 9.48 \quad (2)$$

### 1.3.1 微生物的测定

冷却处理后的鸡肉丸在4℃的环境下保存，每隔4 d按GB 4789.2—2010“食品安全国家标准”测一次菌落总数，每组平行测3次，结果取平均值。

### 1.3.2 感官质量的评定

选定10位经过培训的试验人员，对经过不同冷却处理的鸡肉丸进行感官指标的评价，包括口感、弹性、味道、色泽、切面。具体指标参照刘锋等<sup>[8]</sup>的方法并稍作改动，如表1所示。

### 1.3.3 数据处理

采用SPSS 16.0对数据进行处理与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同冷却方式对冷却速率的影响

采用自然冷却、冷风冷却、真空冷却、混合冷却四种不同的方式冷却样品，得到四条时间-温度曲线变化图，由图1可知冷却方式对熟制鸡肉丸的冷却速率有很大影响。

表1 产品感官质量评分标准

项目	评分指标	偏好
口感	爽口,滑嫩,细腻,软硬适中	5
	有点软或不易嚼碎,比较细腻	3
	过软或过硬,无韧度	1
弹性	富有弹性,指压不裂,迅速恢复原状	5
	弹性一般,指压不裂,较快恢复原状	3
	弹性差,指压易裂	1
味道	清香柔和,有鸡肉固有滋味,咸淡适中,无异味	5
	肉味正常,香气一般,无异味	3
	无鸡肉味,无香气,有异味	1
色泽	颜色鲜艳,色泽均匀	5
	颜色较鲜艳,色泽均匀	3
	有杂色,色泽不均	1
切面	切面致密均一,布满均匀细小气孔	5
	切面较均一,有略大的气孔	3
	切面粗糙,大气孔	1

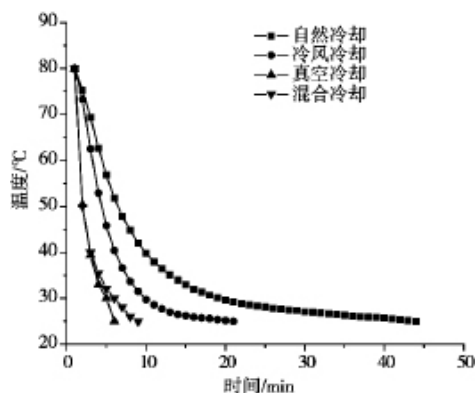


图1 不同冷却方式的时间-温度变化曲线

试验结果显示真空冷却的速率明显快于其他冷却方式,其次是混合冷却,并且与真空冷却速率差异不大。冷却速率最低的是自然冷却。与自然冷却相比,真空冷却可以提高冷却速率8倍左右。Pasqualone等对卷心菜冷却的研究<sup>[9]</sup>结果也显示了真空冷却较高的冷却速率。不同的冷却方式之所以产生如此差异显著的冷却速率,主要是因为他们之间不同的传热原理。自然冷却与冷风冷却都是通过热传导的方式将熟肉中心的热传递到表面,从表面到冷却介质的传热主要是通过对流方式,其驱动力是温度差。而真空冷却主要是通过水分蒸发带走热量,当真空室压力减低,相应水的沸点也下降,熟肉中部分水分蒸发带走热量从而使熟肉冷却<sup>[10]</sup>,蒸发可以发生在鸡肉丸的表面及内部的空隙,因而速率较快。混合冷却前一阶段中心温度从80 降到40 只需要3 min,后一阶段需要以低温冰水为介质传热,相对传热速率较慢,但整体冷却效果优于自然冷却与风冷。

## 2.2 不同冷却方式对质量损失的影响

肉制品的冷却损失直接关系产品的质量。由图2可知,四种冷却方式的水分损失率有明显差异,真空冷却的水分损失率是最高的,混合冷却的损失率最小。结论与文献报道一致<sup>[11]</sup>。直接真空冷却的冷却损失几乎是混合冷却损失的2倍,主要原因可能是冷却的后一阶段有一段时间的冰水浸泡,补充了水分,从而降低了冷却带来的质量损失。

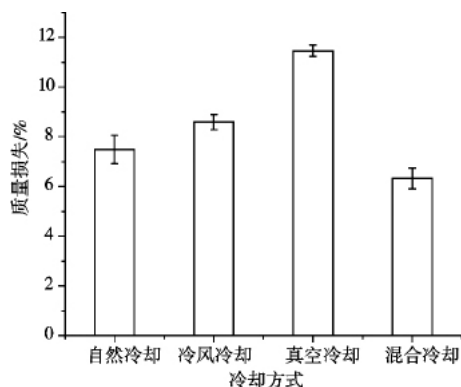


图2 不同冷却方式对的鸡肉丸质量损失

## 2.3 不同冷却方式对质构的影响

硬度、弹性、黏聚性、咀嚼性等物性是肉制品极其重要的品质影响因素。如表2所示,冷却方式对上述因素有显著性影响。由于冷却过程中水分损失较大,真空冷却方式导致鸡肉丸的硬度升高,弹性较差。真空冷却过程水分迅速蒸发,使得产品内部形成很多微孔结构,导致了黏聚性降低,回复力下降<sup>[12]</sup>。混合冷却相对真空冷却水分损失少,加上冷却后半阶段的浸泡,使得硬度、弹性、黏聚性、咀嚼性等指标都接近于自然冷却,既加快了冷却速率,又改善了产品的质构特性。

表2 不同冷却方式对鸡肉丸物性的影响

项目	冷却方式			
	自然冷却	冷风冷却	真空冷却	混合冷却
硬度	4 452.83 ± 52.03 <sup>a</sup>	4 246.52 ± 62.16 <sup>b</sup>	5 239.29 ± 67.54 <sup>c</sup>	4 554.07 ± 61.45 <sup>d</sup>
弹性	0.85 ± 0.004 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.005 <sup>a</sup>	0.77 ± 0.007 <sup>b</sup>	0.84 ± 0.006 <sup>a</sup>
黏聚性	0.72 ± 0.003 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.65 ± 0.006 <sup>b</sup>	0.72 ± 0.002 <sup>a</sup>
咀嚼性	2 755.11 ± 7.79 <sup>a</sup>	2 630.61 ± 10.98 <sup>b</sup>	2 673.77 ± 6.83 <sup>b</sup>	2 770.29 ± 21.14 <sup>a</sup>
回复力	0.24 ± 0.002 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.004 <sup>b</sup>	0.21 ± 0.003 <sup>c</sup>	0.22 ± 0.003 <sup>d</sup>

注: a~d不同字母代表同一行内差异显著( $p < 0.05$ )。

## 2.4 不同冷却方式对色泽的影响

色泽是影响消费者购买欲的第一感官因素,试验就冷却方式对产品色泽的影响进行了研究,结果如表3所示。真空冷却的亮度值明显低于常规冷却产品,红度值、黄度值均高于常规冷却产品。说明真空冷却产品颜色较暗,出现这一结果的可能原因是真空冷却使产品失水过多,色素浓度增大<sup>[13]</sup>。混合冷却的亮



度、黄度与常规冷却相近,该冷却过程中的冰水浸泡阶段改善了产品的色泽,弥补了前一阶段真空冷却的不足。

表3 不同冷却方式对鸡肉丸色泽的影响

冷却方式	$L^*$	$a^*$	$b^*$
自然冷却	$73.46 \pm 0.40^a$	$1.24 \pm 0.40^a$	$15.70 \pm 0.32^a$
冷风冷却	$74.02 \pm 0.13^b$	$1.17 \pm 0.01^b$	$15.44 \pm 0.56^a$
真空冷却	$71.9 \pm 0.21^c$	$1.28 \pm 0.40^b$	$16.46 \pm 0.22^b$
混合冷却	$73.29 \pm 0.34^a$	$1.16 \pm 0.01^b$	$15.53 \pm 0.11^a$

注: a~c不同字母代表同一列内差异显著 ( $p < 0.05$ )。

## 2.5 不同冷却方式对pH的影响

经过不同冷却处理的鸡肉丸在贮藏过程中的pH变化如图3所示。随着贮藏时间的增加,不同冷却方式的pH均呈现先升高后降低的趋势,熟肉制品贮藏中pH蛋白质发生升高与变性有关,肉制品中蛋白质与氨基酸降解导致pH升高<sup>[14]</sup>。在第12天pH达到最大值。由图可知常规冷却对pH变化影响显著,真空冷却与混合冷却的影响相对较小。

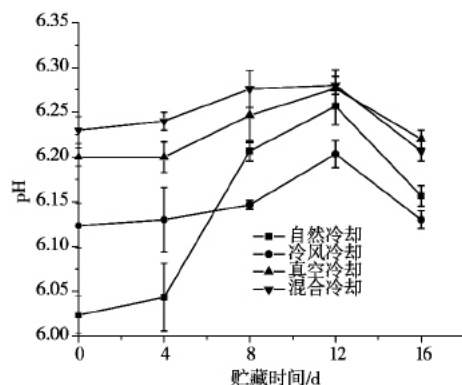


图3 不同冷却方式对鸡肉丸pH变化的影响

## 2.6 不同冷却方式对气味的影响

如图4所示,不同冷却方法的第一主成分贡献率为85.63%,第二主成分贡献率为11.67%,总贡献率为97.30%。经过自然冷却与冷风冷却处理的鸡肉丸,挥发性气味无显著差异,经过真空冷却与混合冷却的鸡肉丸气味存在显著差异,并同时显著差异与常规冷却方式。

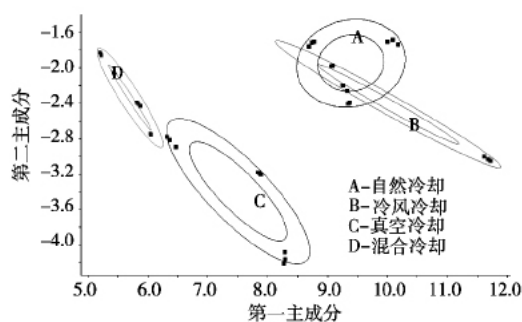


图4 不同冷却方式的电子鼻主成分分析结果

## 2.7 不同冷却方式对脂肪氧化的影响

肉制品在制熟中所含的不饱和脂肪酸会氧化产生低浓度的醛类化合物,促进熟肉制品独特风味的形成,但随氧化程度加深则将产生大量醛类、羰基类及碳氢类化合物,破坏肉制品的风味与营养,从而影响肉制品的品质及保质期<sup>[15]</sup>。如图5所示,对于随着贮藏时间的增加,不同冷却处理鸡肉丸的脂肪氧化程度均呈增加趋势,但真空冷却与混合冷却处理组的脂肪氧化程度显著低于常规冷却组。常规冷却处理环境相对富氧,且冷却时间较长,使得初始脂肪氧化值较高。混合冷却方式中后一阶段冰水冷却,由于温度较低,也达到了抑制脂肪氧化的效果。因此,混合冷却与真空冷却处理可以减缓产品的脂肪氧化,延长保质期。

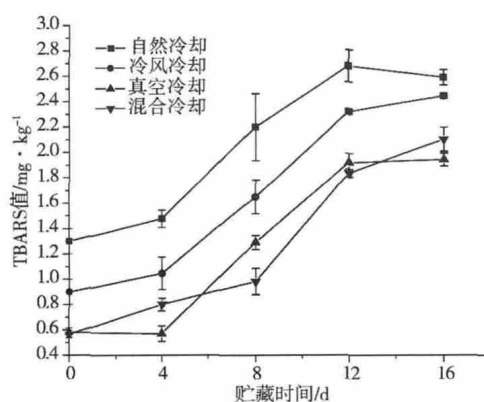


图5 不同冷却方式对鸡肉丸TBARS的影响

## 2.8 不同冷却方式对菌落总数的影响

微生物指标是产品生产过程中极为重要,因为它直接关系到食品安全问题。由图6可知,鸡肉丸的微生物水平呈逐步增长的趋势。常规冷却方法使得鸡肉丸长时间处于高温富氧环境,而混合冷却后一阶段的冰水浸泡使得鸡肉丸受到二次污染,因此导致初始菌落总数高于真空冷却处理组。整体来看,自然冷却和冷风冷却两种冷却方式的菌落总数水平明显高于比真空冷却和混合冷却,试验结果与McDonald的研究结果相似<sup>[16]</sup>。可能原因是:(1)后两者冷却时间短,避免不必要的污染;(2)真空冷却过程水分大量蒸发,较低的水分活度不利于微生物的生长。肉制品的微生物货架期标准为菌落总数 $3 \times 10^4$  CFU/g,常规冷却方式处理的鸡肉丸保质期约为8 d,而真空冷却与混合冷却处理的鸡肉丸保质期在12 d左右,因此后两种冷却方式可以达到延长货架期的目的,并且保障了肉制品的卫生质量。

## 2.9 不同冷却方式对感官评定的影响

通过对四种冷却方式的品质对比可以看出,由于冷却过程中水分损失严重,导致真空冷却产品的弹性、色泽等评分较低,水分迅速蒸发导致的多空结构也使得其切面不够致密均一<sup>[12]</sup>。质构测试结果显示经过真空冷却的鸡肉丸硬度高,弹性差,黏聚性低,也

解释了其口感不佳的原因。其余三种冷却方式处理过的鸡肉丸基本得到消费者认可,尤其是混合冷却方式,它改善了真空冷却造成的质构特性缺点,使产品在感官方面与常规冷却相似,因此是一种可接受性较高的快速冷却方法。

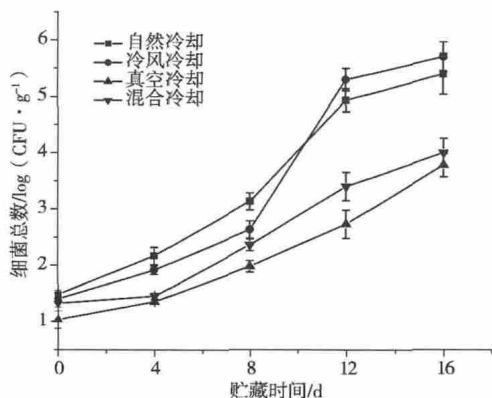


图6 不同冷却方式的菌落总数变化

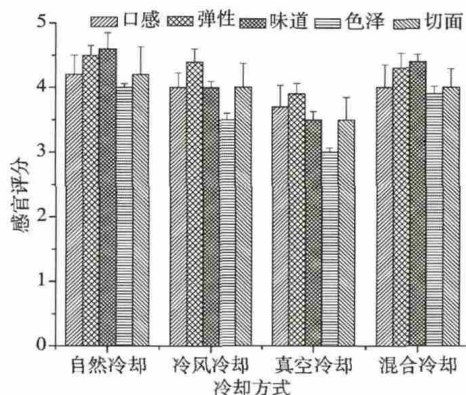


图7 不同冷却方式的感官评价对比

### 3 结论

研究了冷却方式对熟制鸡肉丸品质的影响。真空冷却方式与常规的自然冷却、冷风冷却相比,能够显著提高鸡肉丸的冷却速率,减缓脂肪氧化,减少微生物污染,延长产品货架期,但会导致产品质量损失大,质构特性、色泽变差,消费者接受性较低。混合冷却采用了先真空冷却后冰水冷却的方法,与常规冷却方式相比,既具有较高的冷却速率,延长货架期,又能改善真空冷却存在的品质下降等诸多问题,并得到消费者的认可,可见具有一定的应用价值。

试验对不同冷却方式对贮藏期间鸡肉丸的pH、脂肪氧化变化的可能原因进行了分析,电子鼻分析结果显示不同冷却方式的鸡肉丸其挥发性气味存在显著差异,这些结果的具体原因与机理还有待进一步研究。

#### 参考文献

[1] 徐菲菲, 钟芳, 李玥, 等. 干热变性大米淀粉对鸡肉丸品质的影响[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 13-17.

[2] 黄现青, 高晓平, 李苗云, 等. 速冻南瓜鸡肉丸子工艺研究[J]. 肉类工业, 2014(2): 9-12.

[3] 李静, 李兴民, 刘毅. 真空冷却与常规冷却方式对白煮牛肉品质影响的比较[J]. 肉类研究, 2007(10): 8-12.

[4] 陈椒, 张青, 徐世琼, 等. 鲜肉真空冷却保鲜工艺的研究[J]. 保鲜与加工, 2001(5): 9-11.

[5] SUN D W, WANG L J. Heat transfer characteristics of cooked meats using different cooling methods[J]. International Journal of Refrigeration, 2000(23): 508-516.

[6] 郑春燕, 张坤生, 任云霞. 不同冷却方式对速冻汤圆品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(17): 236-240.

[7] 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.

[8] 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.

[9] PASQUALONE S B. Experimental trials on the vacuum precooling of various vegetable and fruit products[J]. Rivistadi Frutticoltura-di Orto-oricoltura, 1986, 48(2): 45-50.

[10] JIN T X, ZHU H M, XU L. Moisture movement characteristics and their effect on the ultrastructure of cooked meat during vacuum cooling[J]. Biosystems Engineering, 2006, 95(1): 111-118.

[11] MCDONALD K, SUN D W, LYNG J G. Effect of vacuum cooling on the thermophysical properties of a cooked beef product[J]. Journal of Food Engineering, 2002(52): 167-176.

[12] WANG L, SUN D W. Modelling vacuum cooling process of cooked meat - part 2: Mass and heat transfer of cooked meat under vacuum pressure[J]. International Journal of Refrigeration, 2002, 25(7): 862-871.

[13] LAWRIE R A. Lawrie's meat science[M]. Cambridge, U K: Woodhead Publishing Ltd, 1998: 130-137, 212-257.

[14] CHOE J H, JANG A, LEE E S, et al. Oxidative and color stability of cooked ground pork containing lotus leaf (*Nelumbo nucifera*) and barley leaf (*Hordeum vulgare*) powder during refrigerated storage[J]. Meat Science, 2011, 87(1): 12-18.

[15] MOTTRAM D S. Flavour formation in meat and meat products: a review[J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.

[16] MCDONALD K, SUN D W. Effects of different cooling methods on microbiological quality of large cooked beef joints[J]. International Journal of Refrigeration, 1999(20): 173-190.