

冷却对熟粽子品质的影响

潘银珠 张坤生* 任云霞

(天津市食品生物技术重点实验室 天津商业大学食品工程系 天津 300134)

摘要 粽子在蒸煮后需冷却。为了寻找合适的冷却方法,通过真空冷却、冷风冷却、自然冷却3种方式处理煮后的3种速冻粽子,测定这些粽子的品质差异。结果表明:与常规冷却方式相比较,真空冷却速率高($P<0.05$),冷却损失较高($P<0.05$)。质构分析表明:真空冷却产品硬度较大($P<0.05$),而黏着性、弹性、内聚性、胶黏性、咀嚼性和回复性方面没有显著差异($P>0.05$)。感官分析表明:真空冷却的产品口感虽然不及常规冷却的产品,但在可接受的范围。化学指标分析表明,真空冷却能显著降低菌落总数。电子鼻分析结果表明:豆沙粽子和肉粽子真空冷却与常规冷却的产品挥发性气味显著不同,而对白粽子的影响不显著。真空冷却是一种快速、安全的冷却方法。

关键词 真空冷却;冷风冷却;自然冷却;熟制粽子

文章编号 1009-7848(2015)05-0140-07 doi: 10.16429/j.1009-7848.2015.05.019

随着人们生活水平的提高及生活节奏的加快,越来越多的人青睐简单、快捷的生活模式。速冻食品因方便、快捷而日益受到人们的喜爱。速冻产品在制作完成后需要冷却,选择一个适合的冷却方式至关重要。真空冷却是一种使真空室内气压迅速降低,形成接近真空的状态,从而使产品中水分蒸发吸热来进行快速冷却的方法^[1]。

真空冷却机的设备结构图^[2]见图1。

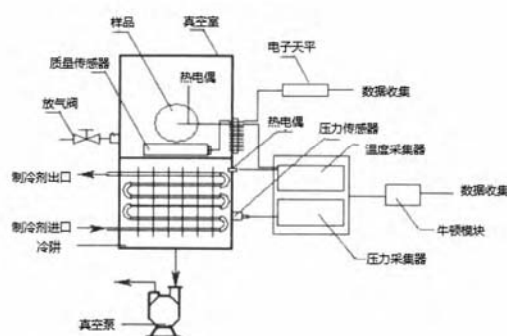


图1 实验用真空冷却系统示意图

Fig.1 Diagram of vacuum cooling system for experiment

其原理是将被冷却的产品放在真空冷却室内,用真空泵抽去空气,造成一个低压环境,使产品内部的水分得以蒸发。由于蒸发吸热,所以使产品的温度降低。该过程主要分为两个阶段:一是真空室内的压力降低到产品初始温度对应的饱和压力,在该饱和压力下闪点出现。这个阶段的水分蒸发很慢,冷却的效果也不明显。二是压力继续降低,蒸发开始加速,随着蒸发的进行,产品的温度开始降低,直到预先设定的温度。蒸发的蒸汽必须通过冷凝器和真空泵除去^[3]。冷却过程均在真空条件下完成,相较于以往传统的冷却方式,可以显著缩短冷却所需的时间,安全性高^[4]。真空冷却被作为一种高效率的冷却方法,应用在食品行业中。现在人们越来越关注食品安全问题,传统的冷却方式耗时间较长,易染上细菌,而真空冷却可以使食品迅速通过细菌易繁殖的温度带,安全卫生^[5-6]。研究真空冷却对科研和商业均有非常重要的意义。

目前速冻食品中研究最多的是饺子、汤圆等,对粽子的研究一般停留在粽子的制作工艺对品质的影响及其货架期的保持方面^[7-8],而未见熟制粽子冷却方式的研究报道。

本文以熟制粽子为研究对象,通过对粽子的各指标的检测,比较真空冷却和常规冷却方法。

收稿日期:2014-05-10

基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAD37B06-07)

作者简介:潘银珠,女,1989年出生,硕士生

通讯作者:张坤生

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

糯米、鸡肉、豆沙、调味料、包装袋等,购于超市;粽叶,购于淘宝网长友食品旗舰店。

琼脂,天津市福晨化学试剂厂;蛋白胨,天津市英博生化试剂有限公司;牛肉膏,北京奥博星生物技术有限责任公司。以上均为生化试剂。

1.2 仪器与设备

L535-1 低速离心机,科尔顿(中国)公司;FLUKO 均质机,上海 FLUKO 流体机械制造有限公司;Pen3 便携式电子鼻,德国 AIRSENSE 公司;梅特勒-托利多 pH 计,梅特勒-托利多中国;TA.XT plus 物性测试仪,英国 Stable MicroSystems 公司;真空预冷实验机,上海鲜绿真空保鲜设备有限公司。

1.3 方法

1.3.1 熟制粽子的制作工艺 无馅粽子的制作工艺:30 g 糯米→清洗→30 ℃浸泡 1 h→沥干 30 min→两片粽叶煮沸 10 min,冲洗冷却后包制→煮制 1 h→真空冷却至 25 ℃→入冷库速冻 30 min (-30 ℃)→装袋→密封。鸡肉和豆沙粽子制作工艺中糯米用量改为 25 g,包制过程中加入馅料(5 g 鸡肉加调味料腌制 1 h,5 g 豆沙搓成丸子状),其余工艺同无馅粽子的制作工艺。在测定指标时将粽子温度恢复至室温 25 ℃。

1.3.2 熟粽子的冷却处理 用 100 ℃水将粽子蒸煮至中心温度 80 ℃以上。选择真空、鼓风和自然冷却 3 种方式,重复 3 次。真空冷却室温度维持在 0~5 ℃,冷风冷却在 15 ℃鼓风箱中,自然冷却试验环境在室温 15 ℃条件下。

1.3.3 菌落总数的测定 贮藏温度 4 ℃,按 GB/T 4789.2-2010 方法测定菌落总数。

1.3.4 电子鼻分析挥发性气味的变化 用 PEN3 便携式电子鼻测定。称取 2 g 切碎的糯米(不含馅)装入 50 mL 小瓶内,加盖密封,平衡 30 min 后进行检测,每个样品制备重复 3 次^[9]。

1.3.5 质构的测定 将样品用打孔器打出长 2 cm 的圆柱形样品,采用质构仪进行质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)。测试参数:P36mm 探头;测试前速度:2 mm/s;测试后速度:5 mm/s;测试速度:5 mm/s;测定间隔时间:5 s;压缩比:50%。

每个样品重复测定 3 次^[10]。

1.3.6 感官评价 评定小组由 10 人组成,对产品总体质量进行感官评定,取其平均值作为感官评价结果^[11]。

1.3.7 数据处理 用 spss17.0 软件进行数据处理, $P<0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 冷却方式对冷却速率的影响

冷却方式对熟粽子的冷却速率有很大影响。采用真空、冷风和自然冷却 3 种方式冷却。3 种样品的中心温度-时间曲线见图 2~图 7。白粽子(不加馅的粽子称为白粽子)真空冷却 7.8 min,中心温度由 75 ℃降到 20 ℃,豆沙粽子需要 7.1 min,肉粽子需要 12.4 min;风冷白粽子,中心温度由 75 ℃降到 20 ℃所需时间 39.7 min,豆沙粽子 44.1 min,肉粽子 33.3 min;自然冷却白粽子,中心温度由 75 ℃降到 20 ℃需 60.1 min,豆沙粽子 54.7 min,肉粽子 57.5 min。白粽子真空冷却 9.3 min,表面温度由 70 ℃降到 20 ℃,豆沙粽子需 16.5 min,肉粽子 9.7 min;白粽子表面温度由 70 ℃降到 20 ℃,风冷需 47.7 min,豆沙粽子 45.2 min,肉粽子 34.1 min;白粽子表面温度由 70 ℃降到 20 ℃,自然冷却需 59.8 min,豆沙粽子 56.3 min,肉粽子 56.8 min。

由上述图可以看出,3 种粽子的真空冷却速度显著快于其他两种冷却方式,这与金听祥等人的研究结果一致^[12-13]。这是因为 3 种冷却方法的传热特性不同,自然冷却和鼓风冷却是热传导方式,主要在样品表面进行,而真空冷却是缘于水分的蒸发,由于压差大,粽子内部的大部分水分以蒸汽的形式在短时间内蒸发逸出,水分蒸发吸收热量导致熟肉快速降温。由于蒸发发生在样品表面及内部,所以真空冷却速率高。

2.2 冷却方式对冷却损失的影响

食品的冷却损失对食品品质和安全有很大的影响,如图 8 至图 10。

由上述图可以看出,冷却方式对样品的冷却损失影响显著($P<0.05$),3 种方式中真空冷却的损失比其它两种高。真空冷却是依靠食品中水分的蒸发来使食品达到冷却的目的^[14]。真空冷却过程

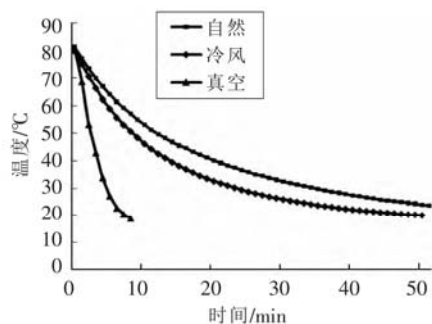


图2 3种冷却方式下白粽子中心温度

Fig.2 Core temperature of rice dumplings of 3 kinds of cooling methods

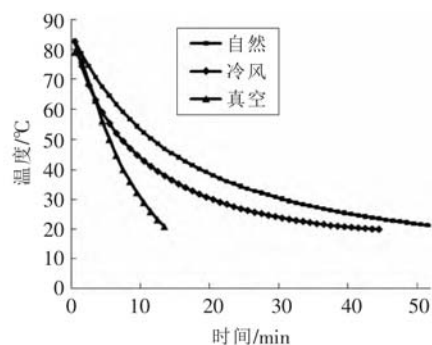


图3 3种冷却方式下豆沙粽子中心温度

Fig.3 Core temperature of red bean dumplings of 3 kinds of cooling methods

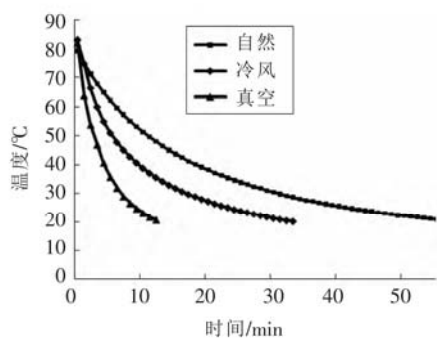


图4 3种冷却方式下肉粽子中心温度

Fig.4 Core temperature of meat dumplings of 3 kinds of cooling methods

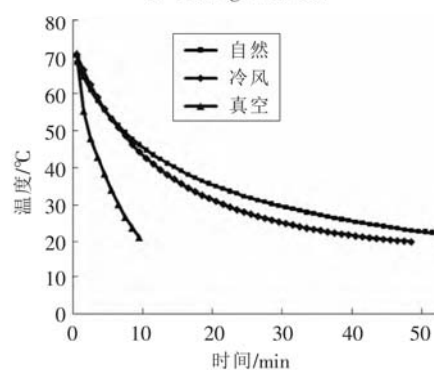


图5 3种冷却方式下白粽子表面温度

Fig.5 Surface temperature of rice dumplings of 3 kinds of cooling methods

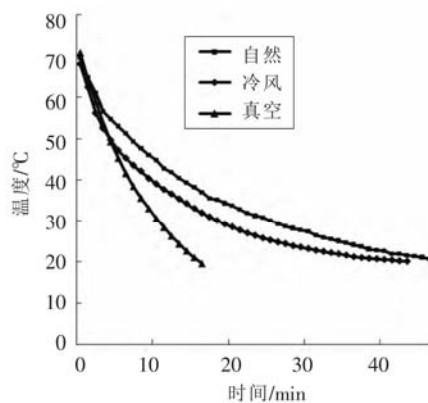


图6 3种冷却方式下豆沙粽子表面温度

Fig.6 Surface temperature of red bean dumplings of the 3 kinds of cooling methods

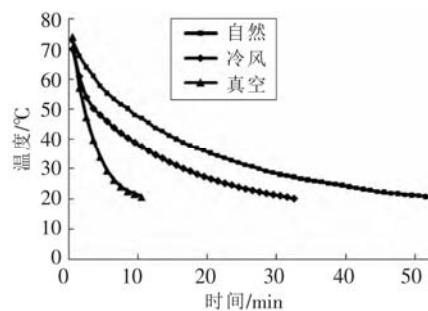


图7 3种冷却方式下肉粽子表面温度

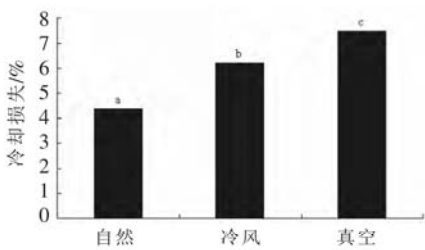
Fig.7 Surface temperature of meat dumplings of the 3 kinds of cooling methods

中会损失一些水分,其冷却损失显著高于常规冷却方式的冷却损失。

2.3 冷却方式对物性检测的影响

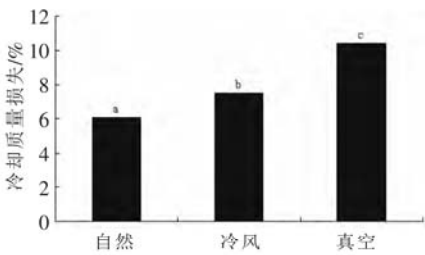
用质构仪,通过对力-时间曲线的分析,得到

与粽子质地相关的质构参数——硬度(Hardness)、胶黏性(Gumminess)、咀嚼性(Chewiness)、回复性(Resilience)、弹性(Springiness)、内聚性(Cohesiveness)和黏着性(Adhesiveness)^[8],见表1至表3。



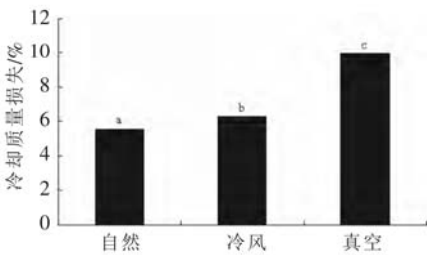
注:a,b,c 字母不同代表差异显著。

图 8 3 种冷却方式下白粽子质量损失
Fig.8 Effect of different cooling methods
on mass loss rate of rice dumplings



注:a,b,c 字母不同代表差异显著。

图 9 3 种冷却方式下肉粽子质量损失图
Fig.9 Effect of different cooling methods
on mass loss rate of meat dumplings



注:图中 a,b,c 字母不同代表差异显著。

图 10 3 种冷却方式下豆沙粽子质量损失图
Fig.10 Effect of different cooling methods on mass loss rate of red bean dumplings

表 1 不同冷却方式对白粽子质构的影响

Table 1 Effect of different cooling methods on textural property of rice dumplings

冷却方式	真空冷却	冷风冷却	自然冷却
硬度/g	879.435 ± 67.687a	632.902 ± 72.422b	488.358 ± 45.073c
黏着性/g·s ⁻¹	-180.687 ± 38.257a	-244.839 ± 40.131b	-146.796 ± 5.689a
弹性	0.956 ± 0.035a	0.944 ± 0.004a	0.932 ± 0.022a
内聚性	0.543 ± 0.021a	0.559 ± 0.011a	0.552 ± 0.018a
胶黏性	138.276 ± 48.984a	409.118 ± 50.264b	270.457 ± 33.762c
咀嚼性	461.354 ± 38.117a	386.085 ± 45.822b	252.878 ± 37.209c
回复性	0.154 ± 0.009a	0.151 ± 0.003a	0.161 ± 0.012a

注:同一行 abc 字母不同代表差异显著。

表 2 不同冷却方式对豆沙粽子质构的影响

Table 2 Effect of different cooling methods on textural property of red bean dumplings

冷却方式	真空冷却	冷风冷却	自然冷却
硬度/g	679.4378 ± 35.314a	466.5275 ± 35.3145b	570.267 ± 100.083b
黏着性/g·s ⁻¹	-71.889 ± 18.087a	-86.8245 ± 5.3195a	-110.634 ± 20.312b
弹性	0.945 ± 0.012a	0.951 ± 0.013a	0.938 ± 0.011a
内聚性	0.5515 ± 0.0295a	0.5798 ± 0.0137a	0.529 ± 0.01a
胶黏性	256.2375 ± 5.6995a	267.9487 ± 34.385a	300.732 ± 47.411b
咀嚼性	243.693 ± 8.719a	278.3249 ± 43.0779b	282.512 ± 47.727b
回复性	0.185 ± 0.001a	0.167 ± 0.007b	0.153 ± 0.009c

注:同一行 a,b,c 字母不同代表差异显著。

表 3 不同冷却方式对肉粽子质构的影响

Table 3 Effect of different cooling methods on textural property of meat dumplings

冷却方式	真空冷却	冷风冷却	自然冷却
硬度/g	636.063 ± 76.614a	525.501 ± 47.805b	459.97 ± 87.962b
黏着性/g·s ⁻¹	-123.308 ± 13.619a	-143.077 ± 56.28b	-181.949 ± 13.492c
弹性	0.941 ± 0.017a	0.847 ± 0.067b	0.946 ± 0.007b
内聚性	0.559 ± 0.055a	0.459 ± 0.098a	0.546 ± 0.003a
胶黏性	260.071 ± 76.125a	240.743 ± 37.776a	347.333 ± 44.213a
咀嚼性	245.401 ± 76.752a	210.074 ± 51.987a	328.656 ± 44.333b
回复性	0.183 ± 0.007a	0.139 ± 0.016b	0.151 ± 0.001c

注:同一行 a,b,c 字母不同代表差异显著。

冷却方式会对食品的硬度、黏性、黏结性、咀嚼性、弹性等质构因素产生一定的影响。由表 1 至表 3 可以看出,3 种真空冷却粽子的硬度显著高于冷风和自然冷却的粽子 ($P<0.05$),而 3 种冷却方式的粽子在黏结性、黏性、咀嚼性、恢复性等方面各样品之间没有显著差异 ($P>0.05$)。真空冷却的粽子硬度大,其原因可能与真空冷却过程中水分的蒸发有关系。样品的水分含量降低,导致粽子变硬。

2.4 冷却方式对化学检测的影响

2.4.1 微生物变化 3 种粽子 4℃贮藏期间的微生物的变化情况如下:

由图 11 至图 13 可知,随着时间的延长,不同冷却方式下 3 种粽子的菌落总数都在增加,其中真空冷却粽子的菌落总数比其它两种方式低。贮存过程中 3 种粽子菌落总数排序是:自然冷却>风

冷>真空冷却。与常规冷却方法相比,真空冷却可降低食品中的微生物数量,延长食品的保质期。由于自然冷却的冷却时间最长,在微生物易繁殖温度区停留时间长,因此造成其微生物水平偏高。

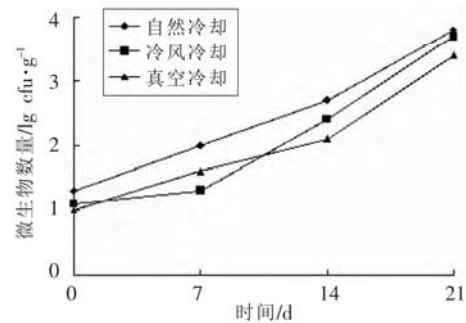


图 11 3 种冷却方式对白粽子微生物的影响

Fig.11 Effect of different cooling methods on microorganism of rice dumplings

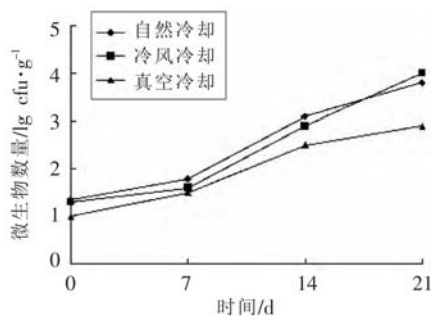


图 12 3 种冷却方式对豆沙粽子微生物的影响

Fig.12 Effect of different cooling methods on microorganism of red bean dumplings

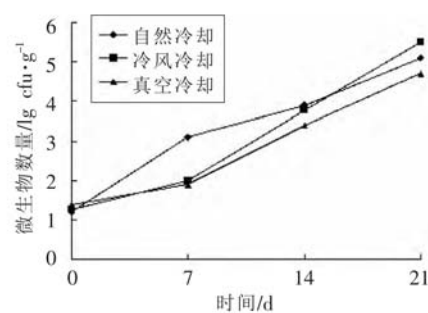


图 13 3 种冷却方式对肉粽子微生物的影响

Fig.13 Effect of different cooling methods on microorganism of meat dumplings

2.4.2 挥发性气味变化 主成分分析(PCA)的目的是在数据空间中找到 1 组能解释数据的方差,通过一个特殊的矩阵,将原有的高维数据投影到低维的数据空间,并保留数据的主要信息,即将原始变量进行转换,从而得到少数几个新的变量,便于处理数据。这些新变量是原变量的线性组合,互不相关,即正交^[16]。

由图 14 至图 16 可知,3 种冷却方式下,白粽子挥发性气味的电子鼻 PCA:第 1 主成分贡献率为 93.463%,第 2 主成分贡献率为 2.6145%,总贡献率为 96.078%。豆沙粽子挥发性气味的电子鼻 PCA:第 1 主成分贡献率为 98.84%,第 2 主成分贡献率为 0.70381%,总贡献率为 99.544%。肉粽子挥发性气味的电子鼻 PCA:第 1 主成分贡献率为 98.954%,第 2 主成分贡献率为 0.60143%,总贡献率为 99.555%。

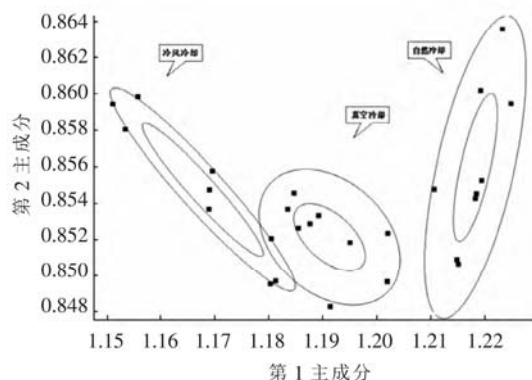


图 14 3 种冷却方式对白粽子挥发性气味的影响
Fig.14 Effect of different cooling methods on the volatile components of rice dumplings

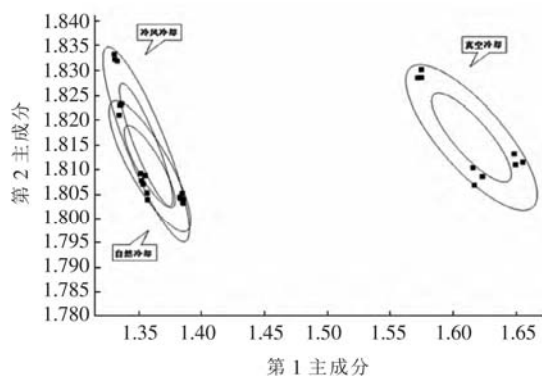


图 15 3 种冷却方式对豆沙粽子挥发性气味的影响
Fig.15 Effect of different cooling methods on the volatile components of red bean dumplings

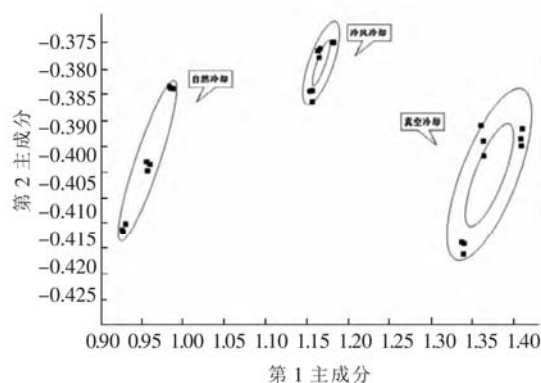


图 16 3 种冷却方式对肉粽子挥发性气味的影响
Fig.16 Effect of different cooling methods on the volatile components of meat dumplings

上述电子鼻主成分分析结果表明:白粽子冷风冷却与真空冷却差异不显著,而自然冷却与之差异显著;豆沙粽子真空冷却与自然冷却及冷风冷却的差异显著,自然冷却与冷风冷却的差异不显著;对肉粽子,3 种冷却方式间的差异都显著。这可能是因为豆沙粽子和肉粽子与白粽子相比具有独特的风味,该风味在真空冷却过程中损失较大,因此差异显著。

2.4.3 感官评价 通过对 3 种粽子的感官评定,真空冷却粽子与两种常规冷却粽子相比,差异不太显著,然而其得分偏低,这是由于真空冷却过程中失水较多,导致冷却的粽子样品过硬,弹性较小,香味较差,降低了人们的可接受力,但在可接受范围内。

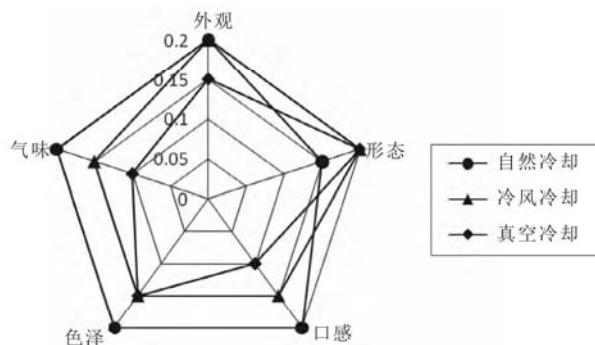


图 17 3 种冷却方式对感官评价的影响
Fig.17 Effect of different cooling methods on sensory evaluation

3 结论

研究了 3 种冷却方式对粽子品质的影响。真

空冷却与常规冷却方法相比,真空冷却样品的硬度和弹性较大,冷却损失比常规冷却高3%左右。电子鼻分析结果表明:真空冷却白粽子的挥发性气味与常规冷却相比,差异不太显著,而豆沙粽子和肉粽子的差异显著。感官评价结果显示真空冷

却的样品处在可接受的范围内。真空冷却可显著提高熟制粽子的冷却时间和冷却速率,是常规冷却的3~7倍,可使样品快速冷却,减少微生物的污染,提高产品的货架期。真空冷却熟制粽子是一种快速、安全的冷却方法。

参 考 文 献

- [1] James, S.J. Cooling systems for ready meals and cooked products[J]. *Journal of food Engineering*, 1990, 29: 88-97.
- [2] 李改莲, 胡春霞, 金听祥. 对熟肉真空冷却曲线的分析[J]. *现代农业科技*, 2009, (8): 171-172.
- [3] Sun DW, Zheng Liyun. Vacuum cooling technology for the agri-food industry: Past, present and future[J]. *Journal of Food Engineering*, 2006, 77(2): 203-214.
- [4] Sun DW, Wang LJ. Experimental investigation of performance of vacuum cooling for commercial large cooked meat joints[J]. *Journal of Food Engineering*, 2004, 61(4): 527-532.
- [5] McDonald Karl, Sun DW. Vacuum cooling technology for the food processing industry: a review[J]. *Journal of Food Engineering*, 2000, 45(2): 55-65.
- [6] Feng Chaohui, Drummond Liana, Zhang Zhihang et al. Vacuum cooling of meat products: current state-of-the-art research advances[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2012, 52(11): 1024-1038.
- [7] 徐惠萍. 鲜肉粽货架期品质变化及其机理研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2010.
- [8] 余瑞鑫. 水分迁移变化对粽子品质的影响[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2010.
- [9] 肖虹, 谢晶, 佟懿. 电子鼻在冷却肉货架期预测模型中的应用[J]. *食品工业科技*, 2010, 31(12): 65-71.
- [10] 梁锐鸿. 热加工等处理过程对粽子品质的影响[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
- [11] 韦保耀, 王燕, 黄丽, 等. 粽子保鲜的研究[J]. *现代食品科技*, 2006, 22(3): 82-83.
- [12] 金听祥, 朱鸿梅, 肖尤明, 等. 真空冷却过程中水分迁移的数学模型[J]. *真空与低温*, 2004, 10(4): 225-229.
- [13] 金听祥, 李改莲, 徐烈. 熟肉真空冷却过程的水分迁移对其肌肉组织的影响[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(5): 229-232.
- [14] 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: 8-11.
- [15] 陈云辉, 李沛生. 不同包制密度对粽子蒸煮和品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2012, 28(10): 1391-1395.
- [16] 刘亨利, 胡国清. 电子鼻的应用综述[J]. *传感器世界*, 2007, (8): 6-10.

Effects of Cooling Methods on the Quality of Cooked Rice Dumplings

Pan Yin Zhu Zhang Kunsheng* Ren Yunxia

(Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, Food Engineering Department of Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134)

Abstract The rice dumplings need to cool after cooking. In order to find a suitable cooling method, the experimental used 3 ways to cooling after the cook process including vacuum cooling, cold air cooling, natural cooling, and determined the quality difference of rice dumplings. The results showed that comparing with conventional cooling methods, the rate of vacuum cooling was higher ($P<0.05$), cooling loss was higher ($P<0.05$), rigidity was higher ($P<0.05$). However, adhesion, viscosity, chewiness, and the recovery had no significant difference ($P>0.05$). The taste of vacuum cooling sample was better than conventional cooling products, but still can be accepted. Chemical index analysis showed that vacuum cooling can reduce the total number of bacterial colony. Electronic nose analysis results showed that the volatile of vacuum cooling and conventional cooling products had significantly difference in red bean dumplings and meat dumplings, but in white rice dumplings it was non-significant. This study shows that vacuum cooling is a fast and safe cooling method.

Keywords vacuum cooling; cold wind cooling; natural cooling; cooked rice dumplings