

不同解冻方式对速冻荞面碗托品质的影响

彭登峰, 柴春祥, 张坤生, 王伟

(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: 采用自然空气解冻、微波解冻、常压蒸煮解冻和超声波解冻对速冻荞面碗托进行解冻处理, 对照没有进行速冻处理的荞面碗托, 对不同解冻方式获得的速冻荞面碗托品质进行了探讨。结果显示, 四种解冻方式中微波解冻所需的解冻时间最短, 为 53 s; 质构方面, 微波解冻的硬度、胶着性和咀嚼性分别为 1923 g、1636 g 和 1548 g, 都最接近于对照, 自然空气解冻和超声波解冻的硬度偏大, 咀嚼性偏差; 感官评分方面, 微波解冻与对照的感官评分为 81.20 分和 81.00 分, 不存在显著性差异 ($P > 0.05$); 色泽方面, 微波解冻和常压蒸煮解冻的 ΔE^* < 2, 对荞面碗托色泽的影响无法用肉眼分辨; 加压失水率方面, 微波解冻的加压失水率为 2.23%, 最接近于对照; 菌落总数方面, 在四种解冻方法中, 微波解冻的菌落总数最小, 为 278 CFU/g; 挥发性气味方面, 与对照相比, 不同的解冻方式对速冻荞面碗托的挥发性气味都有影响。试验说明速冻荞面碗托的最佳解冻方式为微波解冻。

关键词: 荞面碗托; 速冻; 解冻方式; 品质

文章编号: 1673-9078(2014)8-187-193

Effect of Different Thawing Methods on the Quality of Quick-frozen Buckwheat Wantuo

PENG Deng-feng, CHAI Chun-xiang, ZHANG Kun-sheng, WANG Wei

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

Abstract: Compared with buckwheat wantuo that were not quick-frozen, the quality of quick-frozen buckwheat wantuo, thawed using different methods was investigated. Four thawing methods were compared, namely natural air, microwave, atmospheric pressure cooker, and ultrasonic thawing. The results showed that the microwave method required 53 s, which was the shortest thawing time among the four methods. In terms of texture, the estimates for hardness, gumminess, and chewiness of quick-frozen buckwheat wantuo using microwave thawing were 1923 g, 1636 g, and 1548 g, respectively, which were the closest to those of the control. Natural air-thawing and ultrasonic thawing showed relatively high levels of hardness, with low levels of chewiness. The sensory scores of the sample using microwave thawing and the control were 81.20 and 81.00, respectively, with no significant difference ($p > 0.05$). In terms of color, the ΔE^* values with microwave thawing and atmospheric pressure-cooker thawing methods were less than 2, while their individual effects on the color of quick-frozen buckwheat wantuo could not be distinguished by the naked eye. The rate of water loss with microwave method was 2.23%, which was the closest to that observed with the control method. Microwave thawing showed the lowest bacterial counts of 278 CFU/g, among all four thawing methods. As compared to the control, all four methods showed an impact on volatile flavor. This study demonstrated that microwave thawing was the most suitable method to thaw quick-frozen buckwheat wantuo.

Key words: buckwheat wantuo; quick freezing; thawing method; quality

荞面碗托是山西的一种特色小吃, 是用荞面和小麦粉按一定比例加工而成的荞麦制品, 其主要原料为荞麦, 具有较高的营养和药用价值^[1-2], 市场前景非常

收稿日期: 2014-03-07

基金项目: “十二五” 国家科技支撑计划项目 (2012BAD37B06-07); 天津市创新团队项目 (TD12-5049)

作者简介: 彭登峰 (1988-), 男, 在读硕士研究生, 研究方向为食品加工与贮藏

通讯作者: 柴春祥 (1971-), 男, 博士, 教授, 研究方向为食品加工与贮藏

广阔。但是由于其含水量高、水分活度大, 所以特别容易腐败变质, 所以需要进行冻结贮藏。

速冻技术是将产品在较短时间内进行冻结处理, 使产品快速进入冻结状态, 使其所含的全部或大部分水分随着产品内部热量的外散而形成合理的微小冰晶体, 最大程度地减少生命活动和生化变化所必需的液态水分, 最大程度地保留产品原有的天然品质, 为低温冻藏提供一个良好的基础^[3], 速冻技术已广泛应用于果蔬、水产品等行业^[4-5]。

速冻食品解冻是指食品受热融解并恢复到冻结前新鲜状态的工艺过程^[6], 冻品在解冻过程中可能产生蛋白质变性、质量损失、色泽变化、质地变化和气味恶化等问题^[7], 会因为蛋白质变性色泽退化、质量降低和质地变差等问题造成品质下降^[8], 解冻对冻品品质有很深远的影响^[9-10], 研究冻品的解冻具有非常重要的意义。

国内外关于解冻方面的研究大部分集中在肉、肉制品、水产品以及水果蔬菜, Xiufang Xia^[11]等研究了不同解冻方式对猪最长肌肌肉的物理化学指标的影响以及对蛋白质的影响, Beyza Ersoy^[9]等研究了不同解冻方式对鳗鱼品质的影响, Melanie Holzwarth^[12]等研究了解冻对草莓颜色、抗坏血酸等的影响, 但是国内外对熟制面制品解冻方面的研究基本没有, 荞面碗托属于一种熟制面制品, 在冻结前已经经过蒸煮, 解冻后可直接食用, 既方便又快捷, 可以满足人们对快捷食品的需求。所以本研究以速冻荞面碗托为对象, 对自然空气解冻、微波解冻、常压蒸煮解冻和超声波解冻进行了比较, 对照没有经过速冻处理的新鲜荞面碗托, 分析了不同解冻方法对其解冻时间、质构、感官、色泽、加压失水率、菌落总数和挥发性气味的影响, 以期筛选出一种适合速冻荞面碗托的解冻方式, 并为不同解冻方式在熟制面制品方面的应用提供参考依据和理论前提。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器设备

荞面、小麦粉以及食盐分别由朔州市朔城区山老汉农产品开发有限公司、天津利金粮油股份有限公司、和中盐天津市长芦盐业有限公司提供。

色差仪, Hunter Lab 型, 美国 Hunter Lab 公司; 质构测试仪, TA.XT plus 型, 英国 Stable Micro Systems 公司; 温度记录仪, L93-4 型, 杭州路格科技有限公司; 海尔冰箱, BCD-251WBCY 型, 青岛海尔股份有限公司; 超低温冰箱, TF-86-340-LA 型, 上海田枫仪器有限公司; 微波炉, G80F23CN2L-A9 (SO)型, 佛山市顺德区格兰仕微波炉电器有限公司; 多功能电磁炉, C21-SLC2105 型, 广东美的生活电器制造有限公司; 超声波清洗机, KQ-300VDE 型, 昆山市超声仪器有限公司; 立式压力蒸汽灭菌锅, LS-50HJ 型, 江阴滨江医疗设备有限公司; 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; PEN3 便携式电子鼻, 德国 AIRSENSE 公司; 手动 U

型卡打卡机, MC-12 型, 无锡市哈克逊商贸有限公司; 切片机, F300I 型, 意大利 FAC 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 荞面碗托的制作工艺

原料→调味→搅拌→灌装→蒸煮→冷却→成品

操作要点:

原料: 荞麦与小麦粉按 6:4 的比例混匀;

调味: 向原料中加入食盐, 食盐与面粉(由荞麦和小麦粉组成)添加比例为 1.5%, 将食盐与原料混合均匀;

搅拌: 将混合均匀的面粉少量多次的撒入水中(水与面粉比例为 2.3:1), 撒入时速度要均匀一致, 然后用勺子不断地搅拌(一边撒一边搅拌), 直到面粉与水混合均匀成为稀糊状为止;

灌装: 肠衣(长 15 cm, 宽 3.5 cm)一端 1.5 cm 处用手动 U 型卡打卡机打卡, 将搅成稀糊状的粘稠状溶液灌装入肠衣 32 g, 然后肠衣另一端的 1.5 cm 处打卡;

蒸煮: 将灌装入肠衣的荞面碗托在电磁炉(设定温度 200 °C)上蒸煮 50 min。

1.2.2 荞面碗托的速冻处理

将 80 根荞面碗托平铺放入 TF-86-340-LA 型超低温冰箱(箱内温度-86 °C, 容积 340 L)内进行速冻处理 30 min, 其中用 L93-4 型温度记录仪记录三根荞面碗托中心温度的变化, 三根荞面碗托在 25 min 左右中心温度都降到-18 °C 左右, 满足速冻处理的要求。将经过快速冻结的荞面碗托取出放入-18 °C 的冰箱内保存, 没有经过速冻处理的新鲜荞面碗托作为对照。

1.2.3 速冻荞面碗托的解冻处理

自然空气解冻: 将荞面碗托从-18 °C 的冰箱内取出, 放于周围无热源的室温的环境下(22~25 °C)进行解冻, 待荞面碗托稍微变软后将 L93-4 型温度记录仪的探头插入荞面碗托的中心, 记录中心温度的变化, 以中心温度达到 5 °C 为解冻终点。

微波解冻: 将样品从-18 °C 的冰箱内取出, 放入微波炉(设定频率 2450 MHz, 功率 800 W), 经过预实验(每隔 10 s 用 L93-4 型温度记录仪测荞面碗托的中心温度)证明荞面碗托大概在 50 s 时中心温度接近 5 °C, 50 s 后每隔 3 s 将荞面碗托从微波炉中拿出一块, 测量中心温度, 以中心温度达到 5 °C 为解冻终点。

常压蒸煮解冻: 将样品从-18 °C 的冰箱内取出, 放入常压煮沸的蒸锅中, 中心温度记录的方法同自然空气解冻, 以中心温度达到 5 °C 为解冻终点。

超声波解冻: 将样品从-18 °C 的冰箱内取出, 放

入功率 300 W 的超声波清洗机中解冻,中心温度记录的方法同自然空气解冻,以中心温度达到 5 ℃为解冻终点。

1.2.4 不同解冻方式的解冻时间

将样品从-18 ℃的冰箱取出开始计时,中心温度达到 5 ℃时停止,记录不同解冻方式解冻样品所用的时间。

1.2.5 质构的测定

用 F300I 型切片机(可以固定样品和调整切片厚度)将中心温度达到 5 ℃的样品切成 10 mm 的薄片,每片的切面要平整,厚度要均匀一致,切片后荞面碗托的直径为 22 mm。用质构仪进行质地剖面分析

(Texture profile analysis, TPA)测定,测试参数:测前速度 2 mm/s,测试速度 1 mm/s,测后速度 1 mm/s,压缩比 30%,两次压缩时间间隔 5 s,探头类型 P36/S,每组平行至少测定 3 次,测定指标为硬度、弹性、黏着性、内聚性、胶着性、咀嚼性和回复性 7 个指标。

1.2.6 感官评价

将解冻后的荞面碗托切片,然后由感官评定小组进行感官评定。感官评价小组由 10 人组成,按照感官评分表对荞面碗托进行感官评价,感官评分如表 1 所示,其中色泽 20 分,结构 20 分,口感 40 分,滋味 20 分,各项累加取平均值作为评定的最终得分^[13-14]。

表 1 荞面碗托的感官评分标准表

Table 1 Criteria of sensory evaluation of wantuo

项目	评定标准
色泽(20分)	颜色(10分) 颜色均匀,呈现浅灰褐色偏白色(7~10分)
	颜色(10分) 颜色较均匀,呈现较深灰褐色或白色(4~6分)
	颜色(10分) 颜色不均匀,呈现深灰褐色或不正常颜色(0~3分)
光泽(10分)	自然光泽,有亮度(7~10分)
	暗淡,光泽度差(4~6分)
	无光泽(0~3分)
结构(20分)	表面结构(10分) 表面平整、光滑、均匀,无凹凸,无裂纹(7~10分)
	表面结构(10分) 表面较光滑平整,稍微有点凹凸,裂纹不明显(4~6分)
	表面结构(10分) 表面不光滑平整,凹凸裂纹明显(0~3分)
内部结构(10分)	纵切面平整光滑且均匀(7~10分)
	纵切面较光滑平整(4~6分)
	纵切面结构粗糙,有气孔(0~3分)
粘性(15分)	入口顺滑,稍微黏牙(11~15分)
	比较黏牙(6~10分)
	黏牙(0~5分)
口感(40分)	弹性(15分) 富有弹性,有咬劲(11~15分)
	弹性(15分) 弹性较好,咬劲一般(6~10分)
	弹性(10分) 弹性很差,没咬劲(0~5分)
硬度(10分)	软硬适当,有较好的咀嚼性(7~10分)
	偏软或偏硬,咀嚼性一般(4~6分)
	很软或很硬,咀嚼性差(0~3分)
滋味(20分)	味道爽口,咸淡适宜,具有荞面应有的气味和香味(15~20分)
	较咸或较淡,适口性较好,味道平淡(7~14分)
	很咸或很淡,适口性差(0~6分)

1.2.7 总色差的测定

荞面碗托的取样同 1.2.5,利用 Hunter Lab 型色差计对中心温度达到 5 ℃的荞面碗托进行 L*(明度)、a*(颜色的红绿值)、b*(颜色的蓝黄值)测定,每组测 3 个平行。总色差 ΔE*值根据如下公式计算:

$$E^* = (L^{*2} + a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

注: $\Delta L^* = \Delta L^*_{\text{样品}} - \Delta L^*_{\text{对照}}$, $\Delta a^* = \Delta a^*_{\text{样品}} - \Delta a^*_{\text{对照}}$, $\Delta b^* = \Delta b^*_{\text{样品}} - \Delta b^*_{\text{对照}}$ 。

1.2.8 加压失水率的测定

参考 Thawatchai 等^[15]的方法,将荞面碗托切成 10 mm 厚度(同 1.2.5),随机取出一片,称其质量为 W₁,夹于上下各两层滤纸中,用 TA-XT Plus 质构仪的 Hold

Until Time 测试模式进行挤压后称其质量为 W_2 ，测定参数为：探头型号 P36/S，保持 3 kg 压缩力压缩 3 min，测前速率 2.0 mm/s，测试速率 0.5 mm/s，返回速率 10.0 mm/s，触发力 Auto-10 g，每组测 3 个平行。加压失水率按如下公式计算：

$$\text{加压失水率} / \% = [(W_1 - W_2) / W_1] \times 100\%$$

1.2.9 菌落总数的测定

根据 GB 4789.2-2010 方法测定不同解冻方式速冻荞面碗托的菌落总数。

1.2.10 挥发性气味的测定

采用 PEN3 便携式电子鼻测定。称取 10 g 荞面碗托于 20 mL 顶空采样瓶中，于 25 °C 条件下放置 40 min，之后直接将电子鼻进样针头插入顶空采样瓶中进行测定。电子鼻测定条件是传感器自清洗时间为 120 s，传感器归零时间为 10 s，样品准备时间为 5 s，进样流量为 400 mL/min，分析采样时间为 80 s，每个水平的样品测定 3 次。实验采用自带 WinMuster 数据处理软件对数据进行采集、测量和分析^[16-17]。

1.2.11 数据处理与分析

采用 SPSS 16.0 对数据进行处理与分析。

2 结果与分析

2.1 不同解冻方式的解冻时间

从表 2 可以看出，自然空气解冻的解冻时间最长，为 4380 s，其次为超声波解冻，需要 192 s，微波解冻与常压蒸煮解冻所需时间较短，分别为 53 s 和 78 s。通过 SPSS 分析得知，除微波解冻和常压蒸煮解冻差

异不显著外，其余不同解冻方法所用的解冻时间有显著性差异 ($P < 0.05$)，说明不同解冻方式对荞面碗托的解冻时间有显著影响，从解冻时间分析，微波解冻、常压蒸煮解冻优于自然解冻与超声波解冻。

表2 不同解冻方式的解冻时间

Table 2 The thawing time of different thawing methods

解冻方式	自然空气解冻	微波解冻	常压蒸煮解冻	超声波解冻
时间/s	4380±120 ^a	53±3 ^c	78±7 ^c	192±5 ^b

注：方差分析显著性水平选取 0.05，以横向之间为同种指标进行比较，同一行中不同字母表示差异显著，同一字母表示差异不显著。

自然空气解冻是依靠空气为介质，把热量传递给样品，使样品升温、解冻，传热效率低，所以解冻时间最长；超声波解冻是根据物理震动的效应来加热的，由于食品已冻结区对超声波的吸收比未冻区对超声波的吸收要高出几十倍，初始冻结点附近的区域对超声波吸收最大^[18]，所以超声波解冻时间比自然空气解冻时间短；常压蒸煮解冻是利用高温的水蒸气与荞面碗托进行热交换，所以解冻时间短；微波解冻主要是样品中的极分子在微波高频电场的作用下反复快速取向转动摩擦生热而解冻的^[19]，所以采用微波解冻的荞面碗托解冻时间短。

2.2 不同解冻方式对速冻荞面碗托质构的影响

表3 不同解冻方式对速冻荞面碗托质构的影响

Table 3 Effect of different thawing methods on texture of quick-frozen buckwheat wantuo

解冻方式	对照	自然空气解冻	微波解冻	常压蒸煮解冻	超声波解冻
硬度/g	1866±32 ^d	2821±30 ^a	1923±17 ^d	2075±52 ^c	2334±72 ^b
黏着性	-527±6 ^e	-136±9 ^a	-360±39 ^c	-425±22 ^d	-236±23 ^b
弹性	0.95±0.01 ^a	0.83±0.05 ^b	0.95±0.01 ^a	0.95±0.02 ^a	0.95±0.02 ^a
内聚性	0.84±0.01 ^{ab}	0.79±0.02 ^c	0.85±0.01 ^a	0.84±0.01 ^{ab}	0.83±0.01 ^b
胶着性/g	1565±19 ^e	2221±42 ^a	1636±10 ^d	1752±52 ^c	1943±47 ^b
咀嚼性/g	1482±26 ^c	1848±77 ^a	1548±8 ^c	1662±44 ^b	1850±60 ^a
回复性	0.40±0.01 ^a	0.38±0.01 ^b	0.41±0.01 ^a	0.40±0.22 ^a	0.40±0.01 ^a

注：方差分析显著性水平选取 0.05，以横向之间为同种指标进行比较，同一行中不同字母表示差异显著，同一字母表示差异不显著。

从表 3 可以看出，不同解冻方式对荞面碗托的硬度、黏着性、弹性、内聚性、胶着性、咀嚼性和回复性有显著性影响 ($P < 0.05$)，对照的硬度为 1866 g，经过自然空气解冻和超声波解冻的荞面碗托的硬度显著增加，分别为 2821 g 和 2334 g，这时的荞面碗托硬度

偏大，经过微波解冻的荞面碗托的硬度与对照差不多，为 1923 g，经过常压蒸煮解冻的硬度稍有增加，为 2075 g，结合感官，微波解冻的荞面碗托硬度最为合适，胶着性、咀嚼性与硬度显著相关，从数据看，微波解冻的胶着性与咀嚼性最接近于对照，口感最好。

经过速冻与不同解冻方式处理后,样品的黏着性都有所降低,自然空气解冻的黏着性最小,微波解冻与常压蒸煮解冻的黏着性最接近于对照;与对照相比,只有自然空气解冻的弹性和回复性减小,其余解冻方式对荞面碗托的弹性和回复性没有影响。

综上所述,在质构方面,微波解冻的荞面碗托最接近于对照,其次为常压蒸煮解冻、超声波解冻,自然空气解冻与对照的差距最大。

2.3 不同解冻方式对速冻荞面碗托感官评定的影响

从表4可以看出,微波解冻与对照的感官评分最高,分别为81.20分和81.00分,其次为常压蒸煮解冻、超声波解冻,分别为79.60分、74.30分,自然空气解冻的感官评分最低,为69.30分。通过SPSS分析得知,

除微波解冻、常压蒸煮解冻与对照差异不显著外,其余解冻方法与对照有显著性差异(P<0.05)。

与对照相比,自然空气解冻和超声波解冻的荞面碗托光泽度变差,颜色变白,微波解冻和常压蒸煮解冻的色泽与对照基本一致;自然空气解冻由于解冻时间长,表面有点不光滑平整,纵切面平整度降低,超声波解冻可能由于超声波对样品的影响,样品表面有点不平整,纵切面平整度稍有降低,微波解冻和常压蒸煮解冻不影响产品的结构;与对照相比,经过4种解冻处理的荞面碗托的粘性都有所降低,微波解冻与常压蒸煮解冻的粘性最接近于对照,除了自然空气解冻的弹性有所降低外,其他三种方式的解冻对荞面碗托的弹性没有影响,自然空气解冻和超声波解冻的硬度明显增大,咀嚼性变差,微波解冻和常压蒸煮解冻的硬度稍有增加,咀嚼性适当;微波解冻的滋味较好,适口性优于其他解冻方式。

表4 不同解冻方式速冻荞面碗托的感官评分

Table 4 Effect of different thawing methods on sensory evaluation of quick-frozen buckwheat wantuo

项目	色泽		结构		口感			滋味	总分
	颜色	光泽	表面结构	内部结构	粘性	弹性	硬度		
对照	8.30±0.48 ^a	8.20±0.63 ^a	8.30±0.48 ^a	8.10±0.32 ^a	12.50±0.53 ^a	13.30±0.48 ^a	8.20±0.42 ^a	14.10±0.32 ^{ab}	81.00±1.83 ^a
自然空气解冻	5.90±0.57 ^b	7.10±0.57 ^b	7.50±0.53 ^b	6.50±0.53 ^b	10.20±0.42 ^d	12.20±0.42 ^b	5.90±0.57 ^d	14.00±0.67 ^{ab}	69.30±2.75 ^c
微波解冻	8.30±0.67 ^a	8.00±0.67 ^a	8.50±0.53 ^a	8.00±0.67 ^a	12.00±0.47 ^b	13.40±0.52 ^a	8.50±0.53 ^a	14.50±0.53 ^a	81.20±2.20 ^a
常压蒸煮解冻	8.20±0.63 ^a	8.10±1.10 ^a	8.20±0.42 ^a	8.00±0.94 ^a	12.20±0.42 ^{ab}	13.20±0.63 ^a	7.60±0.84 ^b	14.10±0.74 ^{ab}	79.60±3.37 ^a
超声波解冻	6.50±1.08 ^b	7.50±0.85 ^{ab}	7.40±0.84 ^b	7.50±1.08 ^a	11.30±0.67 ^c	13.30±0.67 ^a	6.90±0.57 ^c	13.90±0.57 ^b	74.30±2.36 ^b

注:方差分析显著性水平选取0.05,以纵向之间为同种指标进行比较,同一列中不同字母表示差异显著,同一字母表示差异不显著。

2.4 不同解冻方式对速冻荞面碗托色泽的影响

表5 不同解冻方式对速冻荞面碗托色泽的影响

Table 5 Effect of different thawing methods on color of quick-frozen buckwheat wantuo

解冻方式	对照	自然空气解冻	微波解冻	常压蒸煮解冻	超声波解冻
L*	59.00±0.31 ^{cd}	62.05±0.24 ^a	58.77±0.56 ^d	59.52±0.34 ^c	61.32±0.12 ^b
a*	1.58±0.07 ^{ab}	1.50±0.07 ^{bc}	1.65±0.03 ^a	1.52±0.01 ^{bc}	1.45±0.04 ^c
b*	9.09±0.05 ^a	8.13±0.07 ^c	8.31±0.07 ^b	8.19±0.03 ^{bc}	8.22±0.07 ^{bc}
ΔE*	0.00±0.00 ^d	3.20±0.23 ^a	0.94±0.09 ^c	1.07±0.18 ^c	2.48±0.09 ^b

注:方差分析显著性水平选取0.05,以横向之间为同种指标进行比较,同一行中不同字母表示差异显著,同一字母表示差异不显著。

从表5可以看出,不同解冻方式对荞面碗托的色泽(L*, a*, b*)有显著性影响(P<0.05)。新鲜荞面碗托的L*值为59.00,微波解冻与常压蒸煮解冻的L*值最接近于对照,分别为58.77与59.52,自然空气解冻与超声波解冻的L*值显著增加,分别为62.05与61.32,经过解冻处理后,b*值都有所下降,自然空气解冻的b*值最小,为8.13,自然空气解冻、常压蒸煮

解冻和超声波解冻的a*值减小,微波解冻的a*值增加。

Francis等^[20]以ΔE*=2作为分辨界限,当ΔE*≤2时,色泽的变化在视觉上无法察觉。自然空气解冻和超声波解冻的ΔE*>2,可以在视觉上察觉出来,说明自然空气解冻和超声波解冻对荞面碗托的色泽有影响,微波解冻和常压蒸煮解冻的ΔE*<2,对荞面碗托色泽的影响无法用肉眼分辨。

综上所述,在色泽方面,微波解冻和常压蒸煮解冻优于自然空气解冻与超声波解冻。

2.5 不同解冻方式对速冻荞面碗托加压失水率的影响

率的影响

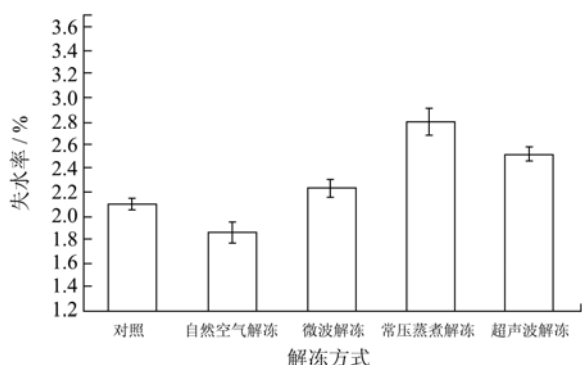


图1 不同解冻方式对速冻荞面碗托失水率的影响

Fig.1 Effect of different thawing methods on water loss rate of quick-frozen buckwheat wantuo

表6 不同解冻方式对速冻荞面碗托失水率的影响

Table 6 Effect of different thawing methods on water loss rate of quick-frozen buckwheat wantuo

解冻方式	对照	自然空气解冻	微波解冻	常压蒸煮解冻	超声波解冻
加压失水率/%	2.09±0.04 ^c	1.85±0.09 ^d	2.23±0.08 ^c	2.78±0.10 ^a	2.51±0.06 ^b

注:方差分析显著性水平选取0.05,以横向之间为同种指标进行比较,同一行中不同字母表示差异显著,同一字母表示差异不显著。

加压失水率与保水性有一定的关系,荞面碗托含水量高,品质与保水性有一定的联系,加压失水率与对照越接近,说明水分所处的状态与对照越接近。从图1、表6可以看出,不同解冻方式对速冻荞面碗托的加压失水率有影响,常压蒸煮解冻的加压失水率最大,其次为超声波解冻,自然空气解冻失水率小的原因可能是在解冻过程中由于解冻时间长水分散失多而导致的。通过SPSS分析得知,不同解冻方法存在显著性差异(P<0.05),微波解冻与对照的加压失水率最为接近,不存在显著性差异(P>0.05)。

从加压失水率角度分析,微波解冻较好。

2.6 不同解冻方式对速冻荞面碗托菌落总数的影响

的影响

从图2可以看出,不同解冻方式对速冻荞面碗托的菌落总数有影响,自然空气解冻的菌落总数最大,

其次为常压蒸煮解冻、超声波解冻,微波解冻的菌落总数最小。

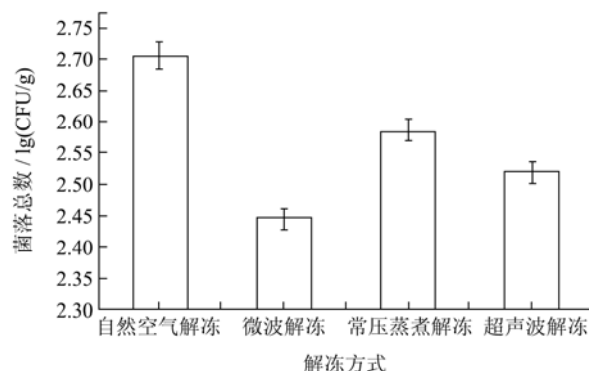


图2 不同解冻方式对速冻荞面碗托菌落总数的影响

Fig.2 Effect of different thawing methods on the colony number of quick-frozen buckwheat wantuo

有些研究认为在-7~0℃的温度带,细菌容易繁殖,因而快速通过该温度带有利于解冻后食品品质的提高^[21]。在荞面碗托的加工过程中,产品的中心温度达到70℃,并不能将所有的微生物杀灭,速冻处理只是抑制微生物的生长,并不能杀死微生物,所以在解冻时,荞面碗托通过-7~0℃的温度带时微生物容易生长。自然空气解冻在-7~0℃的温度范围内停留的时间最长,微生物最易生长繁殖,所以菌落总数最大;常压蒸煮解冻由于在加热的环境下解冻,与自然空气解冻相比,在-7~0℃的温度范围内停留的时间较短,菌落总数变小;超声波解冻由于超声波具有杀菌作用而且在-7~0℃的温度范围内停留的时间较短,所以菌落总数小于常压蒸煮解冻;微波解冻可能由于微波加热的原因,在-7~0℃的温度范围内停留的时间最短,荞面碗托受微生物污染的程度最小,所以菌落总数小于超声波解冻。

2.7 不同解冻方式对速冻荞面碗托挥发性气味的

味的影响

图3是采用不同解冻方式的速冻荞面碗托的PCA主成分分析图。图中每个椭圆代表样品的数据采集点,在Correlation-M相关性矩阵模式下,通过PCA分析得出,第一主成分区分贡献率为98.22%,第二主成分区分贡献率为1.32%,两个主成分贡献率的和为99.54%,大于90%,所以这两个主成分已经基本代表了样品的主要信息特征。从图3主成分PC₁和PC₂两个主轴上看,除了自然解冻与常压蒸煮解冻区分不明显外,其他解冻方式可以明显区分开来,这说明经过速冻和不同解冻方式处理后,荞面碗托的挥发性气味发生了变化,可以用电子鼻很好的区分对照、超声波

解冻、微波解冻的荞面碗托，自然解冻与常压蒸煮解冻的挥发性气味很相似。

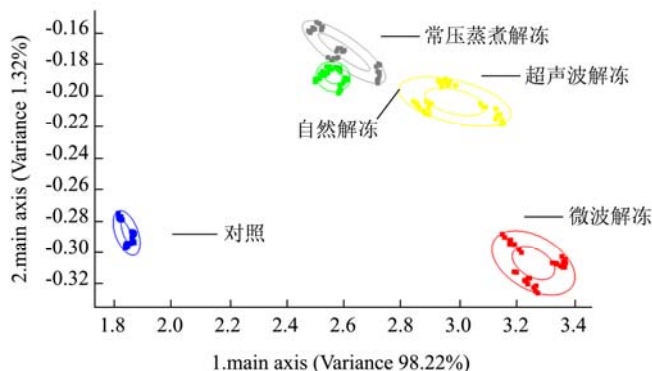


图3 不同解冻方式对速冻荞面碗托挥发性气味的影响

Fig.3 Effect of different thawing methods on volatile flavor of frozen buckwheat wantuo

3 结论

3.1 本试验研究了不同解冻方式对荞面碗托品质的影响，结果表明自然空气解冻的解冻时间最长，感官评分最低，质构、色泽、菌落总数指标最差；超声波解冻能提高荞面碗托的解冻速率，减少微生物的生长，但是加压失水率较大，感官评分较低，品质较差，不易被消费者接受；常压蒸煮解冻能显著提高荞面碗托的解冻速率，感官评分较高，但是加压失水率最大，菌落总数较大；微波解冻能够改善自然空气解冻和超声波解冻品质下降、解冻时间长以及色泽变差的问题，而且可以改善常压蒸煮解冻加压失水率大和菌落总数大的问题，消费者最易接受。

3.2 微波解冻是最适合速冻荞面碗托的解冻方式，在熟制面制品方面有非常高的应用价值和研究价值。

参考文献

- [1] Zhang Z L, Zhou M L, Yu T, et al. Bioactive compounds in functional buckwheat food [J]. Food Research International, 2012, 49(1): 389-395
- [2] Guo X D, Wu C S, Ma Y J, et al. Comparison of milling fractions of tartary buckwheat for their phenolics and antioxidant properties [J]. Food Research International, 2012, 49(1): 53-59
- [3] 陈伟.速冻玉米加工技术与品质研究[D].南京:南京农业大学,2012:9-10
CHEN Wei. The research on the frozen corn processing technology and quality [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012: 9-10
- [4] Kristi M C, Al B, Kathy D D. Impact of postharvest treatments, chlorine and ozone, coupled with low-temperature frozen storage on the antimicrobial quality of lowbush blueberries (*Vaccinium angustifolium*) [J]. Food Science and Technology, 2012, 47(1): 213-215
- [5] Somwang S, Pairat S, Jantira K, et al. Quality changes in oyster (*Crassostrea belcheri*) during frozen storage as affected by freezing and antioxidant [J]. Food Chemistry, 2010, 123(2): 286-290
- [6] 张海霞.速冻玉米解冻工艺的研究[D].吉林:吉林农业大学,2012
ZHANG Hai-xia. Thawing process of frozen corn [D]. Jilin: Jilin Agricultural University, 2012
- [7] Li B, Sun D W. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods: a review [J]. Journal of Food Engineering, 2002, 54(3): 175-182
- [8] 迟海,杨峰,杨宪时,等.不同解冻方式对南极磷虾品质的影响[J].现代食品科技,2011,27(11):1291-1295
CHI Hai, YANG Feng, YANG Xian-shi, et al. Effect of different thawing methods on quality of antarctic krill (*euphausia superba*) [J]. 2011, 27(11): 1291-1295
- [9] Beyza E, Emine A, Akif Ö. The effect of thawing methods on the quality of eels (*anguilla anguilla*) [J]. Food Chemistry, 2008, 111(2): 377-380
- [10] He X L, Liu R, Satoru N, et al. Effect of high voltage electrostatic field treatment on thawing characteristics and post-thawing quality of frozen pork tenderloin meat [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 115(2): 245-250
- [11] Xia X F, Kong B H, Liu J, et al. Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein oxidation of porcine longissimus muscle [J]. Food Science and Technology, 2012, 46(1): 280-286
- [12] Melanie H, Sabine K, Reinhold C, et al. Evaluation of the effects of different freezing and thawing methods on color, polyphenol and ascorbic acid retention in strawberries (*fragaria×ananassa duch.*) [J]. Food Research International, 2012, 48(1): 241-248
- [13] 郭晓娜,韩晓星,张晖,等.苦荞麦营养保健面条的研究[J].中国粮油学报,2009,24(10):116-119
GUO Xiao-na, HAN Xiao-xing, ZHANG Hui, et al. Formula of tartary buckwheat healthy noodle [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(10): 116-119
- [14] 汪磊,李飞,朱波,等.莜麦馒头配方研究[J].中国粮油学报,2013,28(1):27-30
WANG Lei, LI Fei, ZHU Bo, et al. The study on the formula of naked oat steamed bread [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013, 28(1): 27-30

- [15] Thawatchai, Arunee. Combination effects of ultra-high pressure and temperature on the physical and thermal properties of ostrich meat sausage (yor) [J]. *Meat Science*, 2007, 76(3): 555-560
- [16] R López, I O Cabeza, I Giráldez, et al. Biofiltration of composting gases using different municipal solid waste-pruning residue composts: Monitoring by using an electronic nose [J]. *Bioresource Technology*, 2011, 102(17): 7984-7993
- [17] Liu P, Tu K. Prediction of TVB-N content in eggs based on electronic nose [J]. *Food Control*, 2012, 23(1): 177-183
- [18] 张绍志,陈光明,尤鹏青.基于超声波的食品解冻技术研究[J].*农业机械学报*,2003,34(5):99-101
ZHANG Shao-zhi, CHEN Guang-ming, YOU Peng-qing. Study on ultrasound thawing of frozen food [J]. *Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery*, 2003, 34(5): 99-101
- [19] 李念文,谢晶,周然,等.大目金枪鱼外部与内部解冻法品质变化[J].*食品工业科技*,2013,34(16):84-90
LI Nian-wen, XIE Jing, ZHOU Ran, et al. Quality changes of *Thunnus obesus* by external and internal heating thawing[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 34(16): 84-90
- [20] Francis F J, Clydesdale F M. *Food colorimetry: theory and applications* [M]. Westport, US: The Avi Publishing Co,Inc.,1975
- [21] 尤鹏清.超声对食品冻结、解冻过程影响的实验及理论研究[D].杭州:浙江大学,2002:33-34
YOU Peng-qing. Experimental and theoretical study of ultrasound's influence on food freezing and thawing process [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2002: 33-34