

冻结温度对速冻方竹笋品质特性的影响

刘玉凌¹, 夏杨毅^{1,2,*}, 李洪军^{1,2}

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400715;

2.重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400715)

摘要:为评价速冻方竹笋的品质特性, 实验以金佛山方竹笋为原料, 研究不同冻结温度对速冻方竹笋的品质特性影响。结果表明: -23℃和-40℃冻结温度的速冻方竹笋水分含量分别为91.62%、90.49%, 与对照组比较显著下降($p < 0.05$); 硬度分别为 628.50 ± 55.72 、 (746.67 ± 30.2) g, 剪切力分别为2286.03、2851.13 g ($p < 0.05$), 但均与对照组呈显著性下降($p < 0.05$); L^* 值分别为 70.73 ± 0.26 、 68.52 ± 0.54 , a^* 值分别为 -1.50 ± 0.08 、 -2.03 ± 0.20 , 显著下降($p < 0.05$); b^* 值分别为 24.06 ± 0.15 、 25.20 ± 0.19 , 显著增加($p < 0.05$)。说明速冻对方竹笋的品质特性有显著影响, 但-40℃冻结更有利于保持方竹笋的质地。

关键词:方竹笋, 速冻, 质构, 色泽, 品质特性

Effect of freezing temperature on quality properties of quick-frozen Chimonobambusa

LIU Yu-ling¹, XIA Yang-yi^{1,2,*}, LI Hong-jun^{1,2}

(1.College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2.Chongqing Special Food Programme and Technology Research Center, Chongqing 400715, China)

Abstract: The effect of different freezing temperature on the quality properties of quick-frozen Chimonobambusa bamboo shoots were studied in order to evaluate the quality properties of quick-frozen chimonobambusa bamboo shoots. The results showed that -23℃ and -40℃ of quick-frozen the moisture content of Chimonobambusa utilis bamboo shoots was 91.62%, 90.49% respectively. Compared with control group, the moisture content was decreased significantly ($p < 0.05$). The hardness was 628.50 ± 55.72 , 746.67 ± 30.2 g respectively, the shear force was 2286.03, 2851.13 g respectively. However, compared with control group, they were both decreased significantly ($p < 0.05$). The L^* value was 70.73 ± 0.26 , 68.52 ± 0.54 respectively, the a^* value was -1.50 ± 0.08 , -2.03 ± 0.20 respectively, they were both decreased significantly ($p < 0.05$). But the b^* value was 24.06 ± 0.15 , 25.20 ± 0.19 respectively which were increased significantly ($p < 0.05$). In a conclusion, the quick-frozen had a detrimental effect on the quality properties of Chimonobambusa bamboo shoots. -40℃ of quick-frozen was more advantageous to keep the texture of Chimonobambusa utilis bamboo shoots.

Key words: Chimonobambusa; quick-frozen; texture properties; color; quality properties

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)15-0326-04

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.15.060

速冻是一种迄今有 80 多年历史的果蔬加工保鲜技术^[1], 因快速通过最大冰晶生成带, 能有效避免大冰晶致使的机械损伤和汁液流失, 较好地保持食品原有的色泽、风味和营养成分^[2-3]。研究表明速冻形成的小冰晶对细胞的微观结构破坏较小, 能较高地保持荔枝的色泽和品质特性^[4]; 速冻对胡萝卜组织结构的损伤小于缓慢冷冻胡萝卜^[5]。

金佛山方竹 (*Chimonobambusa utilis*) 为禾本科 (*Poaceae*) 竹亚科 (*Bambusoideae*) 寒竹属植物^[6], 因其形呈四方、有角有棱, 每年八月中旬发笋, 与大多

数春笋形成季节反差。金佛山方竹笋富含氨基酸 (246.21 mg/g 干粉), 除亮氨酸以外的 7 种必需氨基酸 (占 44.05%) 接近鱼类的必需氨基酸总量比 (44.80% ~ 45.92%), 呈味氨基酸占 58.90%^[7]; 钾、铁、锌、硒等矿物元素高于大多数蔬菜^[8], 提取液具有一定的抗突变作用^[9]。研究表明方竹笋营养丰富, 高蛋白、低脂肪, 味道鲜美, 是一种具有养生保健功能的森林蔬菜^[10]。目前, 方竹笋加工的原料贮存主要采用干制、盐渍等方式, 致使后续加工中存在残硫量较高、难以脱盐等问题^[11], 而作为较好原料保藏

收稿日期: 2014-12-30

作者简介: 刘玉凌 (1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品化学与营养学, E-mail: 1195961403@qq.com。

* 通讯作者: 夏杨毅 (1970-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品加工过程质量与安全控制, E-mail: 2658355128@qq.com。

基金项目: 国家兔产业技术体系肉加工与综合利用 (CARS-44-D-1)。

的速冻方竹笋研究仍处于空白。为此,实验以南川金佛山方竹笋为原料,探讨速冻方竹笋的质构和色泽变化,为方竹笋的速冻保藏和工业化生产奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

方竹笋 采自重庆市南川区金佛山牵牛坪(海拔 1800~2000 m)。

CT3 质构分析仪 美国 Brookfield 公司; TA-XT2i 物性测定仪 英国 Stable Micro System 公司; Ultra Scan PRO 测色仪 美国 Hunter Lab 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程 原料→去壳、挑选→清洗、切片→漂烫→冷却、沥干→包装→速冻→贮藏。

1.2.2 样品制备 金佛山方竹笋采摘后 4 h 内运回实验室立即处理。挑选无机械损伤、色泽较好、笋龄和大小相对一致的新鲜方竹笋,去壳,洗净;切成 2 cm × 8 cm × 5 mm 的片状,沸水中热烫 11 min,常温水快速冷却后自然沥干,真空包装;预冷至 4 ℃ 后,分为 3 组,其中一组作为对照组,其余两组分别在 -40、-23 ℃ 条件下快速冻结至中心温度 -18 ℃,然后在 -18 ℃ 条件下冻藏 35 d 后取出,在 4 ℃ 恒温条件下空气解冻后进行指标测定。

1.3 指标测定

1.3.1 水分测定 参照 GB5009.3-2010《食品中水分的测定》的直接干燥法进行测定。

1.3.2 质构测定

1.3.2.1 硬度、咀嚼性、内聚性的测定 参照 Rami^[12] 和郑炯^[13] 等人的方法稍加改动,将样品切成 1 cm × 2 cm × 5 mm 的片状,置于质构仪 TA44 探头下进行 TPA 测试。质构仪测试参数:测前速率 1 mm/s,测试速率 1 mm/s,测后速率 1 mm/s;压缩距离 2 mm;停顿时间 5 s;数据采集速率 400 pps;触发值 5 g。

1.3.2.2 剪切力的测定 参照段宙位^[14] 等人的方法略有改动,将样品切成 2 cm × 2 cm × 0.5 cm 的块状,置于质构仪 HDP-BSW 探头下进行剪切力测试。测定参数:测前速率:1.5 mm/s,测试速率:1.5 mm/s;测后速率 10 mm/s;触发点负载:25 kg;回程距离:30 mm;测定时须垂直纤维的方向切割。

1.3.3 色泽测定^[15] 将样品切成长 2 cm × 2 cm × 0.5 cm 的片状,放入样品杯中,使用测色仪于常温下采用去除镜面反射模式测定。采用亨特均匀表色系 L^* 、 a^* 、 b^* 。其中, L^* 为亮度, $L^* = 0$ 表示黑色, $L^* = 100$ 表示白色; a^* 值和 b^* 值分别代表一个直角坐标的绿红和蓝黄两个方向,即 $+a^*$ 表示红色方向, $-a^*$ 表示绿色方向; $+b^*$ 表示黄色方向, $-b^*$ 表示蓝色方向。并通过计算得出总色差 ΔE ,公式如下:

$$\Delta E = ((L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2)^{1/2}$$

其中 L_0^* 、 a_0^* 、 b_0^* 为对照组的色泽, L^* 、 a^* 、 b^* 为速冻样品的色泽。

1.4 数据分析

使用 SPSS 20、Origin 8.1 等软件进行相关数据的方差分析和显著性检验,每组实验数据重复测定 3

次,实验数据以均数 ± 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 冻结温度对方竹笋水分含量的影响

由图 1 可知,-40 ℃ 和 -23 ℃ 速冻方竹笋的水分含量分别为 90.49%、91.62%,与对照组(93.31%)比较分别下降了 3.02%、1.81%,呈显著性降低($p < 0.05$),原因在于速冻过程中冰晶的生成对方竹笋细胞造成破坏,在解冻时造成汁液流失导致水分降低。-40 ℃ 和 -23 ℃ 速冻方竹笋的水分含量之间存在显著差异($p < 0.05$),说明冻结温度对速冻方竹笋水分含量影响较大,相关研究也表明冻结温度和速率严重影响果蔬的理化性质^[16]。

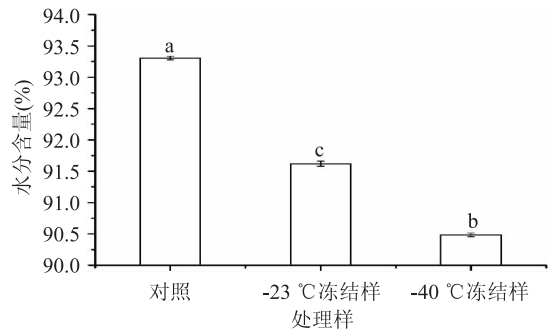


图 1 冻结温度对方竹笋水分含量的影响

Fig.1 Effect of freezing temperature on moisture content of Chimonobambusa

注:图中不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$),图 2 同。

2.2 冻结温度对方竹笋质构特性的影响

硬度是果蔬的软化程度,反映果蔬的品质变化特点^[17]。由表 1 可知,速冻方竹笋的硬度呈显著性下降($p < 0.05$),与对照组比较,-40 ℃ 和 -23 ℃ 速冻方竹笋的硬度分别下降了 63.54%、69.31%;比较 -40 ℃ 和 -23 ℃ 冻结温度对方竹笋硬度的影响发现,不同冻结温度间的硬度差异显著($p < 0.05$)。说明速冻方竹笋的质地变软,且不同冻结温度对方竹笋的硬度具有显著影响。陈光静^[18] 等人研究表明,果蔬硬度与原果胶物质、乙醇不溶物含量、纤维素含量具有密切关系。速冻方竹笋解冻过程中,冰晶的消长使细胞组织结构发生改变,细胞膜、中胶层和细胞壁之间出现破裂,细胞间结合力降低,细胞间隙增大^[19],原果胶物质^[20]、乙醇不溶物和纤维素随组织液流出,导致方竹笋组织变软,硬度下降;而 -40 ℃ 冻结形成的冰晶消长幅度较小,对组织结构的影响也相对较小。

表 1 速冻冻结温度对方竹笋质构特性的影响

Table 1 Effect of freezing temperature on texture properties of Chimonobambusa

样品	硬度(g)	咀嚼性(mJ)	内聚性
对照	2047.67 ± 43.82 ^a	15.70 ± 0.36 ^a	0.35 ± 0.02 ^a
-23 ℃ 冻结样	628.50 ± 55.72 ^c	2.13 ± 0.28 ^b	0.25 ± 0.03 ^b
-40 ℃ 冻结样	746.67 ± 30.24 ^b	1.88 ± 0.08 ^b	0.32 ± 0.01 ^a

注:结果表示为平均值 ± 标准差;同列肩标不同字母表示差异显著($p < 0.05$);相同字母表示差异性不显著($p > 0.05$),表 2 同。

表2 冻结温度对方竹笋色泽的影响

Table 2 Effect of freezing temperature on color of Chimonobambusa

样品	L*	a*	b*	ΔE
对照	72.57 ± 0.36 ^a	-3.19 ± 0.15 ^c	14.00 ± 0.07 ^c	
-23 °C 冻结方竹笋	70.73 ± 0.26 ^c	-1.50 ± 0.08 ^a	24.06 ± 0.15 ^b	10.37
-40 °C 冻结方竹笋	68.52 ± 0.54 ^b	-2.03 ± 0.20 ^b	25.20 ± 0.19 ^a	11.97

咀嚼性是食品咀嚼到可吞咽时需要做的功,用胶着性和弹性的乘积表示^[13]。由表1可知,速冻方竹笋的咀嚼性呈显著变化($p < 0.05$),与对照组比较,-40 °C和-23 °C速冻方竹笋的咀嚼性分别下降了88.00%、86.41%,但不同冻结温度的方竹笋咀嚼性变化不显著($p > 0.05$),说明速冻方竹笋的组织变软、不耐咀嚼。果蔬质地很大程度上取决于细胞壁中果胶物质的组成及含量^[21],方竹笋在速冻过程中的冰晶生长对细胞壁产生挤压,导致其形态结构改变,解冻后的汁液流失造成果胶物质和纤维素降解,组织结构变得疏松,致使其咀嚼性急剧下降。

内聚性是样品经过第一次压缩变形后所表现出来的对第二次压缩的相对抵抗能力,表示样品内部的收缩力^[22]。由表1可知,与对照组比较,-23 °C速冻方竹笋的内聚性降低了28.3%、呈显著性下降($p < 0.05$),而-40 °C冻结对方竹笋的内聚力没有显著影响($p > 0.05$)。说明-23 °C速冻方竹笋在冻结过程中的冰晶增长和扩张导致细胞间隙扩大,细胞纤维结构破坏^[23],在解冻后细胞内的冰晶消融使细胞出现塌陷^[16],细胞壁的强度和附着力下降,在进行质构测试时经过第一次压缩后组织遭到破坏,在第二次压缩时相对抵抗能力降低。

2.3 冻结温度对方竹笋剪切力的影响

如图2可知,-40 °C和-23 °C速冻方竹笋的剪切力与对照组比较分别下降了30.24%、44.06%,呈显著性变化($p < 0.05$),不同冻结温度间的剪切力差异显著($p < 0.05$)。说明速冻对方竹笋剪切力影响较大,且不同冻结温度对剪切力具有显著的影响。原因可能是在速冻处理过程中,冰晶无规则的长大挤压并刺穿细胞,导致其结构及形态发生一定的变化,速冻温度越低,冰晶形成越快,颗粒越小,对细胞组织的损伤越小^[24],解冻后剪切力下降就越少。

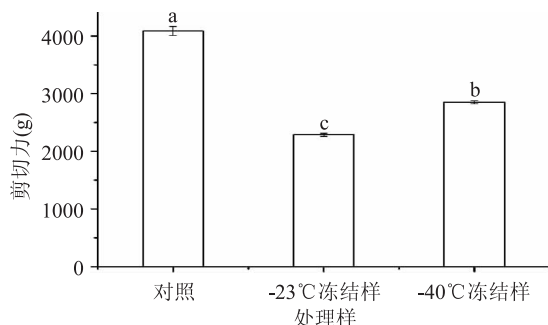


图2 冻结温度对方竹笋剪切力的影响

Fig.2 Effect of freezing temperature on shear force of Chimonobambusa

2.4 冻结温度对方竹笋色泽的影响

由表2可知,与对照组比较,-40 °C和-23 °C速冻方竹笋的L*值显著下降($p < 0.05$),a*值和b*显著增加($p < 0.05$),表明速冻对方竹笋的色泽影响较大。因为竹笋颜色主要由类黄酮、单宁、类胡萝卜素等色素决定^[25-26],但这些色素通常不稳定,在冷冻解冻过程中会发生氧化、降解和非酶促褐变反应,从而导致方竹笋的色泽变化。另外有研究提出,自然光中的紫外线引起的光化学反应也会导致色素的褪色^[27],使方竹笋光泽度下降。

ΔE是广泛用来描述食品加工过程中色泽变化的指标参数^[28],ΔE=2作为视觉色差能否分辨的界限^[29-30]。由表2可知,速冻方竹笋的ΔE均大于2,说明方竹笋在速冻后色泽的变化可以从视觉上分辨出。漂烫处理可能是引起色泽差异较大的部分原因^[31]。另外,冷冻解冻过程中水分含量的变化也可能引起色泽的改变,尤其是L*的变化^[32]。

3 结论

-23 °C和-40 °C冻结温度的速冻方竹笋水分含量与对照组比较显著下降($p < 0.05$),表明在冷冻处理后方竹笋细胞内冰晶无规则的生长和膨胀会导致细胞壁的破坏,自然解冻时部分水流出造成水分含量降低。硬度、咀嚼性、剪切力与对照组比较均显著降低($p < 0.05$),说明速冻方竹笋在解冻后质地变软,汁液流失导致质地特性的下降。-23 °C速冻方竹笋的硬度、剪切力、均显著低于-40 °C速冻方竹笋($p < 0.05$),-40 °C速冻的方竹笋色泽的变化大于-23 °C速冻方竹笋,表明-40 °C冻结更有利于保持方竹笋的品质特性。原因可能是冻结温度越低,冰晶形成速率越快,冰晶越小对细胞组织的损伤就越小,解冻时汁液的流失相对较少,能较好地保持方竹笋品质特性,其具体机理还需进一步的深入研究。在实际生产过程中,应综合考虑各加工环节(漂烫、护色、包装等)对方竹笋品质特性的影响,最大限度的保持方竹笋原有的品质特性。

参考文献

- [1]张懿,程新峰.对我国速冻食品行业加工深度及安全性的思考[J].江南大学学报:人文社会科学版,2014(1):114-117.
- [2] Anese M, Manzocco L, Panozzo A, et al. Effect of radiofrequency assisted freezing on meat microstructure and quality[J].Food Research International,2012,46(1):50-54.
- [3] Delgado A E, Zheng L, Sun D W. Influence of ultrasound on freezing rate of immersion-frozen apples[J].Food and Bioprocess Technology,2009,2(3):263-270.
- [4] Liang D, Lin F, Yang G, et al. Advantages of immersion freezing for quality preservation of litchifruit during frozen storage

- [J].LWT-Food Science and Technology, 2015, 60(2):948-956.
- [5] Rawson A, Tiwari B K, Tuohy M, et al. Impact of frozen storage on polyacetylene content, texture and colour in carrots disks[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 108(4):563-569.
- [6] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第九卷第一分册)[M]. 北京: 科学出版社, 1996:338-340.
- [7] 廖林. 贵州金沙方竹笋氨基酸含量分析[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(14):4444-4446.
- [8] 李睿, 应菊英, 吴良如, 等. 金佛山方竹笋矿质元素营养成分的研究[J]. 微量元素与健康研究, 2008, 25(1):27-28.
- [9] 刘泳廷, 阮海星, 刘佳, 等. 贵州桐梓方竹笋提取液抗突变作用的实验[J]. 中国卫生工程学, 2013, 5(12):365-371.
- [10] 刘跃钧, 王立平, 傅冰, 等. 合江方竹和刺方竹 13 种不同种源方竹笋营养成分研究[J]. 浙江林业科技, 2012, 32(4):37-42.
- [11] 杜广乾, 郑道权. 金佛山方竹笋无硫护色保鲜技术研究[J]. 林业科技开发, 2008, 22(2):95-96.
- [12] Harkouss R, Astruc T, Lebert A, et al. Quantitative study of the relationships among proteolysis, lipid oxidation, structure and texture throughout the dry-cured ham process [J]. Food Chemistry, 2015, 166(1):522-530.
- [13] 郑炯, 宋家芯, 陈光静, 等. 腌制加工对麻竹笋质构和微观结构及色泽的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(1):85-88.
- [14] 段宙位, 窦志浩, 谢辉, 等. 太阳能-热泵干燥过程中芒果果肉的品质变化[J]. 食品工业科技, 2014, 35(20):125-132.
- [15] Nuncio - Jáuregui N, Calín - Sánchez A, Carbonell - Barrachina A, et al. Changes in quality parameters, proline, antioxidant activity and color of pomegranate (*Punica granatum* L.) as affected by fruit position within tree, cultivar and ripening stage[J]. Scientia Horticulturae, 2014, 165(1):181-189.
- [16] 王丽丽. 冷冻处理对大豆质构及豆浆品质特性的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.
- [17] 刘畅, 孟宪军, 孙希云, 等. 不同树莓品种冻藏品质变化及适宜冻藏品种筛选[J]. 食品工业科技, 2014, 35(20):354-357.
- [18] 陈光静, 郑炯, 汪莉莎, 等. 大叶麻竹笋腌制过程中质地变软原因探究[J]. 食品科学, 2014, 35(1):56-61.
- [19] Sterling C. Effect of moisture and high temperature on cell walls in plant tissues[J]. Journal of Food Science, 1955, 20(5):474-479.
- [20] Palma-Zavala D J, Quintero-Ramos A, Jiménez-Castro J, et al. Effect of stepwise blanching and calcium chloride solution on texture and structural properties of jalapeño peppers in brine[J]. Food Technology and Biotechnology, 2009, 31(4):464.
- [21] Nguyen L T, Tay A, Balasubramaniam V M, et al. Evaluating the impact of thermal and pressure treatment in preserving textural quality of selected foods[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(3):525-534.
- [22] 杨玲, 康国栋, 王强, 等. TPA 实验测试苹果整果质地的研究[J]. 中国果树, 2014, 4(7):19-23.
- [23] Ullah J, Takhar P S, Sablani S S. Effect of temperature fluctuations on ice-crystal growth in frozen potatoes during storage [J]. LWT - Food Science and Technology, 2014, 59(2):1186-1190.
- [24] Babić J, Cantalejo M J, Arroqui C. The effects of freeze-drying process parameters on *Broiler* chicken breast meat [J]. LWT - Food Science and Technology, 2009, 42(8):1325-1334.
- [25] 潘梦垚. 水煮笋制品软包装技术及其保质期研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013:3.
- [26] Mesnier X, Gregory C, Fañca-Berthon P, et al. Heat and light colour stability of beverages coloured with a natural carotene emulsion: Effect of synthetic versus natural water soluble antioxidants [J]. Food Research International, 2014, 65(1):149-155.
- [27] Yen J R, Brown R B, Dick R L, et al. Oxygen Transmission Rate of Packaging Films and Light Exposure Effects on the Color Stability of Vacuum-Packaged Dry Salami [J]. Journal of Food Science, 1988, 53(4):1043-1046.
- [28] Guine R P F, Barroca M J. Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper) [J]. Food and Bioproducts Processing, 2012, 90(C1):58-63.
- [29] Zhou L, Wang Y, Hu X, et al. Effect of high pressure carbon dioxide on the quality of carrot juice [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2009, 10(3):321-327.
- [30] Zhang F, Zhao J, Chen F, et al. Effects of high hydrostatic pressure processing on qualities of yellow peaches in pouch [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(6):337-343.
- [31] Ndiaye C, Xu S, Wang Z. Steam blanching effect on polyphenoloxidase, peroxidase and colour of mango (*Mangifera indica* L.) slices [J]. Food Chemistry, 2009, 113(1):92-95.
- [32] Bras A, Costa R. Influence of brine salting prior to pickle salting in the manufacturing of various salted-dried fish species [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 100(3):490-495.

全国中文核心期刊
轻工行业优秀期刊