

林晓姿, 李维新, 魏巍, 等. 优质生姜低盐腌藏技术及其显微结构研究 [J]. 福建农业学报, 2012, 27 (4): 389-393.

LIN X-Z, LI W-X, WEI W, et al. Study on the Storing Technology of Raw Ginger Salted with Brine of Low Concentration and the Microscopic Structure [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2012, 27 (4): 389-393.

优质生姜低盐腌藏技术及其显微结构研究

林晓姿^{1,2}, 李维新^{1,2}, 魏巍^{1,2}, 梁璋成^{1,2}, 陆东和^{1,2}, 何志刚^{1,2}

(1. 福建省农业科学院农产品加工研究中心, 福建 福州 350003;

2. 福建省农业科学院农业工程技术研究所, 福建 福州 350003)

摘要: 开展优质生姜低盐腌藏技术研究, 为优质原料姜的周年供应提供低盐低温贮藏技术。以大黄姜为原料, 以 20% 高盐常温腌渍为对照, 研究 6%~12% 浓度低盐低温腌渍对生姜原料加工品质、主要营养成分、亚硝酸盐生成量, 以及细胞显微结构的影响。结果表明, 10% 低盐结合低温隔腌渍为最优处理, 原料得率达 94.7%, 原料脆度达 0.93 MPa, 总花色苷、姜酚、姜黄素的含量分别比高盐处理高 1.22、213.45、53.47 mg·kg⁻¹, 亚硝酸盐生成量较低 (2.25 mg·kg⁻¹), 综合指标最理想; 并通过姜原料细胞显微结构观察, 获得了细胞显微水平上的理论支持。

关键词: 生姜; 低盐; 腌渍; 细胞结构

中图分类号: TS 264.22

文献标识码: A

Study on the Storing Technology of Raw Ginger Salted with Brine of Low Concentration and the Microscopic Structure

LIN Xiao-zhi^{1,2}, LI Wei-xin^{1,2}, WEI Wei^{1,2}, LIANG Zhang-cheng^{1,2}, LU Dong-he^{1,2}, HE Zhi-gang^{1,2}

(1. Agricultural Product Processing Research Centre, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, China; 2. Institute of Agricultural Engineering and Technology, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, China)

Abstract: A study on high quality ginger storage was conducted to provide a storing technique with low brine concentration and low temperature of a year-round ginger supply. Using *Dioscorea zingiberensis* as raw material, the effect of 6%~12% brine concentration on raw ginger processing quality, main nutrient components, nitrite content production and cellular structure was studied by treating with less brine concentration under low temperature, compared with the control group of ginger which treated in 20% salt solution. The result showed that the optimal treatment was the raw ginger salted in 10% salt solution under low temperature which could make the yield rate be up to 94.7%, the brittleness be up to 0.93Mpa, the contents of total anthocyanins, gingerols and curcumin were separately 1.22 mg·kg⁻¹, 213.45 mg·kg⁻¹, 53.47 mg·kg⁻¹ higher than those of control treatment, and low nitrite generated (2.25 mg·kg⁻¹), thus the composite quality indicator of this treatment group was the most ideal. By the observation of the cellular structure of treated ginger, this conclusion could get theory support at cells microscopic level.

Key words: ginger; low brine concentration; salting; cellular structure

我国是世界上最大的生姜出口国之一, 每年的出口量为世界总出口量的 40% 以上, 生姜是我国卫生部确定的既是食品又是药品的首批物品, 有特

殊的营养、医疗和保健功能。由于具有独特的药食同源功效, 姜产品已成为备受关注的健康食品, 糖姜、即食姜、姜罐头等系列姜产品日益丰富, 据不

收稿日期: 2012-03-18 初稿; 2012-04-13 修改稿

作者简介: 林晓姿 (1975—), 女, 副研究员, 从事农产品贮藏与加工研究 (E-mail: njgzx@163.com)

通讯作者: 何志刚 (1964—), 男, 研究员, 从事农产品贮藏与加工研究

基金项目: 福建省科技计划重点项目 (2011S0090)

完全统计, 全球每年需求鲜姜 1.5 万 t、盐渍姜原料 10.8 万 t、糖姜产品 0.9 万 t, 年贸易量以 5%~10% 的速度递增。姜的生长周期具有季节性, 为了满足姜产品周年加工的供应需求, 传统采用硫制剂护色防腐, 结合 20% 左右的高盐对生姜原料进行腌渍处理, 这既需要消耗大量食盐, 又产生大量含高 NaCl 的卤水而造成较大的废水治理压力, 使用硫制剂还可能导致产品的食品安全风险。

现有研究多围绕糖姜^[1-2]、仔姜乳酸发酵^[3]、糟姜^[4]等加工工艺及其参数优化, 显微结构观察也多限于对植物活体组织的分析^[5-6], 迄今未见生姜原料盐腌前处理技术及其理论支撑的相关报道。为此, 本文研究了不同盐浓度腌藏处理对生姜品质及细胞结构的影响, 以期为优质原料姜的周年供应提供低盐低温贮藏技术, 并实现减少食盐消耗及盐卤排放、节约成本、增加效益的多重效果。

1 材料与方法

1.1 原料

大黄姜, 系福建省宁德市本地产品, 购自市售。

1.2 主要仪器

Ohaus MB23 水分分析仪(奥赛豪仪器有限公司, 上海), TMS-PRO 食品物性分析仪(美国 FTC 公司), 868 型酸度计(ORION 仪器), LC-20A 液相色谱仪(配 DAD 检测器, 日本岛津公司), SP-2100UV 紫外分光光度计(上海光谱仪器有限公司), KD-202 切片机(上海隆拓仪器设备有限公司), Olympus BX-41 显微镜(日本奥林巴斯公司)。

1.3 主要试剂

6-姜酚、姜黄素(色谱纯); 食盐(市售); 其他试剂(国产分析纯)。

1.4 试验方法

1.4.1 腌渍工艺流程 低盐低温腌渍: 大黄姜→洗净去皮→加盐初腌→PE 薄膜隔氧密封→出卤水→调整卤水盐度 6%~12% (添加 0.2 g·kg⁻¹ 柠檬酸) →PE 薄膜隔氧密封→0~3℃ 低温贮藏; 高盐常温腌渍: 大黄姜→洗净去皮→加盐初腌→PE 薄膜隔氧密封→出卤水→调整卤水盐度 20% (添加 0.2 g·kg⁻¹ 偏重亚硫酸钠) →PE 薄膜隔氧密封→常温贮藏。

1.4.2 盐胁迫对姜原料主要加工及营养品质的影响 每个处理组生姜 10 kg, 以卤水盐度 20% (W/W) 的高盐常温处理为对照, 低盐低温腌渍处理组的卤水盐度 (W/W) 分别为 6%、8%、

10%、12%, 各处理重复 3 次。检测各处理贮藏 5 个月姜原料脱盐复水后的加工品质、主要营养成分、亚硝酸盐含量。

1.4.3 姜原料细胞显微结构观察 将低盐度 10% (W/W) 和高盐度 20% (W/W) 处理组贮藏 5 个月的原料姜, 经脱盐前处理, 切块 0.5 cm×0.5 cm×0.5 cm, 并用 FAA 固定液保存, 样品经系列浓度梯度乙醇脱水, 五级二甲苯透明, 石蜡渗透、包埋后于进行连续切片(厚度 8 μm), 切片经二甲苯脱蜡, 乙醇复水, 1% 固绿染色, 脱水后用中性树脂封片, 用显微镜获取 2 种贮藏方法对原料细胞组织的显微结构。

1.5 检测方法

1.5.1 脆度 将待测样品切成 1 cm×1 cm 的正方体小块, 净水脱盐, 用食品物性分析仪直接测定, 单位 MPa。

1.5.2 总花色苷 采用分光光度计法测定^[7], 以矢车菊素-3-葡萄糖苷(CGE) 表示。样品脱盐后打浆, 按 1:10 (W/W) 加入 75% 乙醇和 0.1% 的 HCl 浸提 2 h, 离心过滤, 取上清液分别调整 pH 为 1.0 和 4.5, 分别测定 A₅₁₀ 和 A₇₀₀。

$$\omega_{CGE} = (\Delta A / \epsilon L) \times M_w \times DF \times (V/W_t) \times 1000$$

式中: ω_{CGE} 为样品中 CGE 的质量分数, 单位为 mg·kg⁻¹, ΔA 为相对吸光值, $\Delta A = (A_{510,pH1.0} - A_{700,pH1.0}) - (A_{510,pH4.5} - A_{700,pH4.5})$, ϵ 为摩尔吸光系数 26 900(L·mol⁻¹·cm⁻¹), L 为比色皿光程(cm), M_w 为矢车菊素-3-葡萄糖苷(CGE) 摩尔质量 449.2(g·mol⁻¹), DF 为稀释倍数, V 为测定提取液体积(mL), W_t 为样品质量(g)。

1.5.3 姜酚、姜黄素 采用液相色谱法测定^[8-10]。样品脱盐后用组织捣碎机打浆, 称取 5 g 姜泥, 以 1:20 (W/W) 加入 75% 乙醇, 超声提取 30 min, 离心取上清液, 重复提取 1 次, 合并上清液, 减压浓缩至干, 提取物用甲醇与二甲基亚砜(DMSO) 混合溶液定容至 2.5 mL。色谱条件: 柱温 40℃; 流速 0.8 mL·min⁻¹; 检测波长 280 nm; 流动相: v (3% 乙腈) : v (3% 乙酸) = 60:40, 等度洗脱。

1.5.4 亚硝酸盐 参照 GB/T5009.34-2003《食品中亚硫酸盐的测定》中的方法测定。

1.5.5 腐烂率和原料得率 腐烂率 (%) = (腐烂变质姜质量/原料姜总质量) × 100%; 原料得率 (%) = (腌藏脱盐后质量/腌藏前质量) × 100%。

1.6 数据处理

采用 DPS 软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 低盐腌藏对姜原料加工品质的影响

6% 盐度处理在贮藏 5 个月后出现腐烂，不适合生姜原料长期贮藏。腌渍导致生姜组织因渗透压造成细胞脱水，原料质量减少，盐度与原料得率呈负相关，20% 高盐处理贮藏 5 个月的得率仅为

88.4%，而 8% 和 10% 低盐处理最高，可达 94.7%~95.5%。脆度是产品质地的重要指标之一，广泛用来表示食品组织状态的口感及风味^[4]，适宜盐度有利于保持贮藏原料的脆度和感官品质，10%、12%、20% 盐度处理的姜原料脆度均达 0.93 MPa 以上，三者之间差异不显著（表 1）；8%、10%、12% 盐度保证了部分微生物的活动，能赋予产品一定的发酵香。综合来看，10% 低盐处理能同时获得最大化的原料得率、脆度和感官品质。

表 1 不同盐度贮藏生姜原料的加工品质

Table 1 Processing quality of raw ginger stored under different brine concentration

盐浓度/%	腐烂率/%	原料得率/%	脆度/MPa	感观品质
6	5.6	96.6±0.2010 aA	0.79±0.0130 dB	较绵软，黄褐色，无发酵香
8	0	95.5±0.1528 bAB	0.83±0.0125 cC	硬度正常，浅黄色，略带发酵香
10	0	94.7±0.2000 bB	0.93±0.0071 bA	硬度正常，浅黄色，略带发酵香
12	0	92.8±0.1538 cC	0.93±0.0114 abA	硬度正常，浅黄色，略带发酵香
20	0	88.4±0.2082 dD	0.95±0.0114 aA	硬度正常，浅黄色，无发酵香

注：数据均以($\bar{x} \pm s$)表示；结果以 $P < 0.05$ 为差异显著，小写字母表示； $P < 0.01$ 为差异极显著，大写字母表示。下同。

2.2 低盐保藏对姜原料营养品质的影响

总花色苷、姜酚、姜黄素是生姜的主要生物活性物质，不同盐度贮藏生姜原料 5 个月的主要营养物质差异分析结果（表 2）表明：在 6%~12% 的低盐处理中，各营养物质含量均随食盐浓度的增加而增加，10% 和 12% 盐浓度处理组的总花色苷、姜酚、姜黄素含量分别超过 2.7、580、120 mg·kg⁻¹，两处理间的差异不显著，但均极显著高于其他处理组。

如同泡菜生产过程存在着多种微生物发酵活动^[11]，生姜原料盐腌环境中也存在大量微生物，盐浓度过低无法抑制其微生物活动而造成营养物质损耗，而盐浓度过高则导致细胞因渗透压过大而破碎严重，细胞内营养成分大量流失。因此从生姜主要营养物质的保持上看，10%~12% 盐度的低盐处理组最为理想。

表 2 不同盐度贮藏生姜原料的营养品质

Table 2 Main nutrient components of raw ginger stored under different brine concentration

盐浓度/%	总花色苷/ (mg·kg ⁻¹)	姜酚/ (mg·kg ⁻¹)	姜黄素/ (mg·kg ⁻¹)
6	0.29±0.0400 aA	295.78±0.9022 aA	21.41±0.3102 aA
8	1.51±0.0200 bB	415.04±1.6657 cC	56.69±1.3450 bB
10	2.76±0.0300 cC	587.22±0.9798 dD	121.56±1.5011 cC
12	2.83±0.0200 cC	605.28±1.0209 dD	131.53±1.5020 cC
20	1.54±0.0400 bB	373.77±0.9880 bB	68.09±2.1706 bB

2.3 低盐腌藏对姜原料亚硝酸盐的影响

蔬菜是一种易于富集硝酸盐的植物性食品，人类摄取的硝酸盐 80% 以上来自蔬菜，虽然硝酸盐对人体直接毒害性不大，但很容易在细菌作用下被还原成亚硝酸盐而对人体的毒害急剧增加^[12]。

《GB 2714-2003 腌菜卫生标准》对亚硝酸盐要求限量（以 NaNO₂ 计）≤20 mg·kg⁻¹，从图 1 可以看到，不同盐浓度处理的生姜原料保藏 5 个月后的亚硝酸盐生成量均低于此限量要求，尤其是 8%~20% 处理组能控制在 2.25 mg·kg⁻¹ 以下，有利于

排除食品安全隐患。周景文等^[13]认为, 盐度不足 10%、温度过高或者时间过短, 都易造成细菌大量繁殖, 使亚硝酸盐含量增加, 20%以上的盐度可抑制绝大部分微生物的生长。泡菜类制品的亚硝酸盐含量随腌渍时间而变化, 一般在加工中后期降低并稳定至 $2.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下^[14-15]。

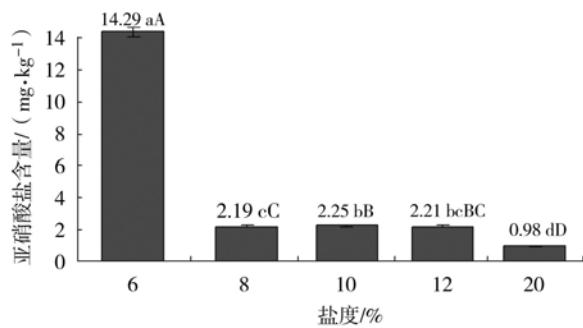


图 1 不同盐度保藏对亚硝酸盐的影响

Fig. 1 Effect of different brine concentration on nitrite content

2.4 腌制姜原料的细胞显微结构

盐胁迫所形成的高渗透压是造成细胞明显质壁分离的原因。10%低盐和 20%高盐贮藏原料细胞结构观察结果(图 2、3)显示, 10%低盐处理生姜原料的细胞壁和细胞膜保持相对完好, 细胞膜仍能保持部分过滤渗透作用, 保护细胞内容物不易流失; 20%高盐处理的细胞壁和细胞膜破裂明显, 细胞膜失去保护与渗透调节作用, 导致细胞内液流失。研究结果支持了低盐腌藏能较好地保持原料营养品质的结论。

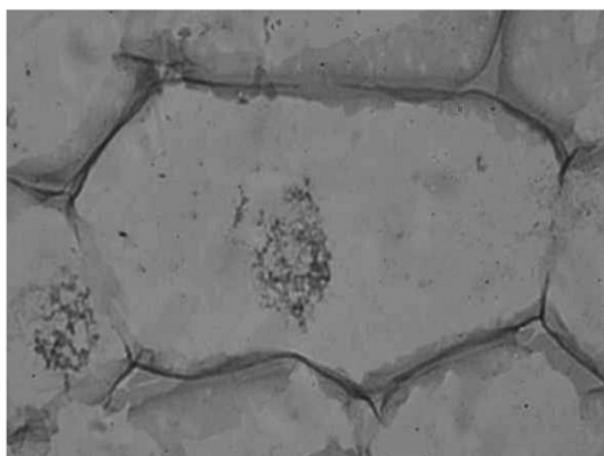


图 2 10%低盐贮藏生姜细胞结构 (400×)

Fig. 2 Cellular structure of ginger salted in 10% concentration brine (400×)

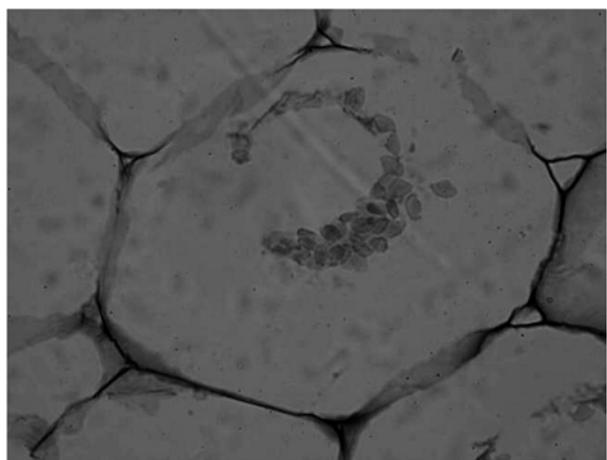


图 3 20%高盐贮藏生姜细胞结构 (400×)

Fig. 3 Cellular structure of ginger salted in 20% concentration brine (400×)

3 讨论与结论

3.1 泡菜等发酵蔬菜加工多采用 5%~10% 的盐度, 降低水分活度获得较长保质期, 形成高渗透压抑制杂菌生长, 促进乳酸菌等形成主导发酵菌群^[16]。10%左右的低盐腌渍、0~3℃的贮温、隔绝氧气、调节盐卤酸度等方法相结合形成栅栏效应, 能强化低盐腌藏对腐败菌的抑制能力, 防止氧化褐变, 避免高盐对原料细胞伤害过度, 有利于乳酸菌等优势发酵微生物的代谢活动, 赋予原料发酵香气及滋味, 是优质姜原料理想的腌藏方式。

3.2 本研究从显微结构上解释了低盐原料腌藏能减少营养物质损失和提高原料脆度的机理。盐胁迫产生高渗透压导致生姜组织细胞破损及脱水, 还可能严重伤害细胞自我修复还原能力, 盐度与细胞受伤及脱水程度正相关, 因此高盐处理的营养成分在腌藏和脱盐复水过程中损失严重, 并增加了原料的损耗。

3.3 从用盐消耗等生产成本考虑, 结合隔氧低温冷藏, 可在实际生产上采用 8%~10% 盐度腌渍姜原料, 这种腌藏加工方法与传统采用 20% 高盐相比, 可提高原料得率、降低原料消耗、减少生产用盐 10%以上、减少盐卤排放及废水处理压力, 是环境友好型的腌藏新技术。

参考文献:

- [1] 李维新, 董铁生, 何志刚, 等. 真空浓缩糖液渗糖及热风干燥对糖姜质量的影响 [J]. 福建农业学报, 2011, 26 (5): 837—841.
- [2] 莫开菊, 汪兴平, 程超, 等. 糖姜片的无硫护色及加工工艺研

- 究 [J]. 农业工程学报, 2005, 21 (1): 155—158.
- [3] 杜庆. 仔姜乳酸发酵工艺研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2009.
- [4] 单长海. 糟姜在加工过程中微生物区系及产品保藏研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2007.
- [5] 沈艳华, 徐锡增, 方升佐, 等. 硅对盐胁迫下杨树叶片细胞超微结构的影响 [J]. 南京林业大学学报, 2009, 33 (1): 49—53.
- [6] 殷秀杰, 胡宝忠, 崔国文, 等. 盐胁迫对白三叶肉细胞超微结构的影响 [J]. 东北农业大学学报, 2011, 42 (4): 125—128.
- [7] 陈琼, 陆瑞琼. 茶树芽叶花色苷含量测定方法的研究 [J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2011, 29 (2): 41—44.
- [8] 于宁, 曾虹燕, 邓欣, 等. 姜酚的提取、鉴定及其抗氧化性研究 [J]. 食品科学, 2007, 28 (8): 201—204.
- [9] 刘春叶, 张剑, 尤静, 等. 生姜中姜黄素的高效液相色谱—质谱法检测 [J]. 时珍国医国药, 2011, 22 (7): 1637—1639.
- [10] 钮翠然. 干姜中姜酚类成分的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2008.
- [11] 卢晓黎, 尼海峰. 发酵蔬菜功能菌研究与应用进展 [J]. 中国食品学报, 2012, 12 (2): 1—6.
- [12] 杜庆. 仔姜乳酸发酵工艺研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2009.
- [13] 周景文, 堵国文, 陈坚. 发酵食品有害氨(胺)类代谢物形成机制和消除策略 [J]. 中国食品学报, 2011, 11 (9): 8—25.
- [14] 华雪兰. 闽西酸菜中亚硝酸盐的监控研究 [D]. 厦门: 集美大学, 2011.
- [15] 许苗苗. 净菜、泡菜贮藏过程中亚硝酸盐的变化及控制 [D]. 青岛: 山东农业大学, 2010.
- [16] 李里特, 马艳莉. 发酵食品酿造过程中组分和营养功能因子的变化和调控 [J]. 中国食品学报, 2011, 11 (9): 82—92.

(责任编辑: 翁志辉)