

DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.023922

引用格式:陈永,莫国欢,邱洁,等.气调冷藏对崇左江州酸菜贮藏品质的影响[J].食品与发酵工业,2020,46(14):169-175.

CHEN Yong, MO Guohuan, QIU Jie, et al. Study on the effect of controlled atmosphere and cold storage on the quality of pickled vegetables in Jiangzhou, Chongzuo[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(14): 169-175.

气调冷藏对崇左江州酸菜贮藏品质的影响

陈永^{1*}, 莫国欢², 邱洁¹, 陈甜甜¹, 李方方², 郑欣²

1(广西民族师范学院生物与食品工程学院, 广西崇左, 532200) 2(崇左市科学技术开发中心, 广西崇左, 532200)

摘要 以传统自然发酵的崇左市江州酸菜为研究对象,探究气调冷藏工艺条件对江州酸菜叶部和梗部的贮藏品质的影响。将江州酸菜分切为叶部和梗部,以不同比例浓度的 $N_2 + CO_2$ 气调包装在 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 冷藏条件下贮藏,90 d内,每隔15 d取样,分别测定江州酸菜叶部和梗部的总酸含量、pH值、亚硝酸盐含量、 V_c 含量、色差度 ΔE 和感官特性的变化,来分析比较气调冷藏技术对江州酸菜叶部和酸菜梗部保藏特性的影响及其感官品质的变化规律。结果表明,MAP1(20% $CO_2 + 80\% N_2$)气调冷藏试验组在抑制江州酸菜总酸的下降、 V_c 的氧化、pH和色差度 ΔE 的上升,促进亚硝酸盐的降解和保持酸菜感官品质方面显著优于其他试验组($P < 0.05$),且各试验组均显著优于对照组($P < 0.05$)。MAP1(20% $CO_2 + 80\% N_2$)气调冷藏条件下,能有效抑制江州酸菜贮藏期内的褐变、软化、过度酸化等品质问题,保持江州酸菜的贮藏品质。该研究可为延长江州酸菜保藏期与保持感官品质提供理论依据和技术支持。

关键词 气调;冷藏;江州酸菜;贮藏;感官品质

Study on the effect of controlled atmosphere and cold storage on the quality of pickled vegetables in Jiangzhou, Chongzuo

CHEN Yong^{1*}, MO Guohuan², QIU Jie¹, CHEN Tiantian¹,
LI Fangfang², ZHENG Xin²

1(College of Biological and Food Engineering, Guangxi Normal University for Nationalities, Chongzuo 532200, China)

2(Chongzuo science and Technology Development Center, Chongzuo 532200, China)

ABSTRACT The aim of this study was to explore the effect of the air-conditioned refrigeration technology on the storage quality of leaves and stems of Jiangzhou pickled vegetables and to provide a theoretical basis for the air-conditioned refrigeration technology of Jiangzhou pickled vegetables. Jiangzhou pickled cabbage was divided into leaves and stems by traditional natural fermentation. Samples were taken every 15 days during the 90 days storage under the condition of $4\text{ }^\circ\text{C}$ air-conditioned packaging of $N_2 + CO_2$ with different concentrations. The total acid content, pH value, nitrite content, V_c content, color difference ΔE and sensory of Jiangzhou pickled cabbage were measured in order to analyze the effects of air-conditioned cold storage technology on the preservation characteristics of sauerkraut and the changes of sensory quality. The results showed that MAP1 (20% $CO_2 + 80\% N_2$) was significantly better than other experimental groups in inhibiting the decrease of total acid, the oxidation of V_c , the rise of pH and color difference ΔE . It also could promote the degradation of nitrite and maintain the sensory quality of sauerkraut ($P < 0.05$). Besides, each experimental group was significantly better than the control group ($P < 0.05$). And MAP1 (20% $CO_2 + 80\% N_2$) could effectively inhibit the

第一作者:硕士,讲师(本文通讯作者, E-mail: cyshipin@sina.com)

基金项目:崇左市科学研究与技术开发计划项目(崇科 FA2018012);广西民族师范学院服务地方经济社会发展专项项目(2018FW002);广西高校中青年教师基础能力提升项目(2018KY0641)

收稿日期:2020-03-11, 改回日期:2020-03-30

browning, softening, over acidification and other quality problems during the storage period and maintain the storage quality of Jiangzhou pickled vegetables. This study provides a theoretical basis and technical support for prolonging the storage period and maintaining the sensory quality of Jiangzhou pickled vegetables.

Key words air conditioning; refrigeration; Jiangzhou pickle; storage; sensory quality

江州酸菜是崇左市极具地域特色的一种大肉芥菜发酵制品,同时也是崇左市江州镇保安村的脱贫产业之一,保安村的酸菜腌渍技艺已有上百年的历史,素有“酸菜之乡”的美称,经传统工艺自然发酵而成的江州酸菜品质上乘、酸香味纯、脆嫩可口、生津开胃^[1-2]。然而,由于当地温热的气候影响,江州酸菜的货架期非常短暂,且易出现褐变、软化、过度酸化等品质问题^[3-4],从而导致其感官风味的下降和产品货架期的缩短,探索一种有效的酸菜保藏工艺,在充分保证江州酸菜保质期延长的同时,保留其特有的风味和口感,成为江州酸菜生产中亟待解决的一个技术瓶颈。

目前,关于酸菜保藏技术和贮藏品质变化的研究报道较少。夏琪娜等^[5]探究了常压热力灭菌对酸菜保藏品质的影响,研究表明热力灭菌对酸菜具有良好的杀菌保藏效果,但对于酸菜风味、口感和色泽的破坏也是显而易见的,相较于未灭菌的酸菜,热处理组的酸菜明亮度 L^* 值由 (57.85 ± 0.07) 显著降低至 (51.24 ± 0.51) ($P < 0.05$);曹秋阁^[6]通过筛选焦亚硫酸钠、双乙酸钠、山梨酸钾、苯甲酸钠、脱氢乙酸钠和壳聚糖等防腐剂并运用响应面设计优化抑菌配方,结果表明山梨酸钾 0.032%、脱氢乙酸钠 0.016% 和双乙酸钠 0.266% 的复配抑菌溶液对酸菜具有广谱抑菌作用,能够有效延长酸菜货架期限;赵敏^[4]结合 Box-Behnken 试验设计优化酸菜的褐变抑制剂配方,试验结果显示复配褐变抑制剂的最佳配方为 EDTA-2Na 0.017%、亚硫酸钠 0.004、植酸 0.017%、异抗坏血酸钠 0.08%。

气调包装贮藏技术是依据食品种类差异,控制或调节包装环境的气体成分和比例,营造一个抑菌防腐的气体环境,防止食品在物理、化学、生物等方面发生质量下降或减缓质量下降速度,从而延长食品货架期,提升食品价值,达到贮藏保鲜的一种方法^[7-9]。

本文以崇左江州酸菜为研究对象,通过测定不同比例浓度的 $N_2 + CO_2$ 气调包装在 4 °C 冷藏条件下,90 d 贮藏期内的总酸、pH、亚硝酸盐、 V_c 、色差度 ΔE 和感官特性的变化,来分析比较气调冷藏技术对江州

酸菜叶部和梗部保藏特性的影响及其感官品质的变化规律,以期延长江州酸菜货架期与保持感官品质提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

崇左江州酸菜,由崇左市江盛土特产有限公司提供。

气调保鲜包装盒,规格 200 mm × 140 mm × 35 mm,盒体为聚丙烯(PP)材质,封口膜为聚对苯二甲酸乙二醇酯/聚丙烯(PET/PP)复合材质,双层 8 丝厚。

HCl、草酸、酚酞、NaOH、NaHCO₃、抗坏血酸、NaNO₂、95% 乙醇、邻苯二甲酸氢钾、对氨基苯磺酸、冰乙酸、硼酸钠、乙酸锌、亚铁氰化钾、盐酸萘乙二胺、2,6-二氯靛酚均为分析纯(AR),国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

PA-MT280 气调保鲜包装机,温州铭铁自动化设备有限公司;ADCI 系列,全自动色差仪,北京辰泰克仪器技术有限公司;TD1002C 数字电子秤,天津天马电子有限公司 M;TMS-Pilo 质构仪,美国 FTC;V-1100D 紫外分光光度计,上海美谱达仪器有限公司;SHZ-III 型 循环水真空泵,上海亚荣生化仪器厂;HWS26 型 电热恒温水浴锅,上海一恒科学仪器有限公司;PHS-3C pH 计,上海佑科仪器仪表有限公司;SC-96FL 低温贮藏柜,中科美菱低温科技股份有限公司;SG-3045 组织捣碎机,常州市国旺仪器制造有限公司;iChrom 5100 高效液相色谱仪,大连依利特分析仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品制备

将发酵成熟的酸菜沥干发酵液,分割成酸菜叶部和酸菜梗部两部分。各试验组质量控制在 (100 ± 1) g,气调保鲜包装处理,各气调冷藏包装气体成分和比例如表 1 所示,并以空气作为对照组(CK 组)。将气调包装后的试样盒和 CK 组试样盒,于冷藏库中低温贮

藏,贮藏温度(4 ± 0.5) $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 85%~90%。于第 15、30、45、60、75、90 d 分别取样测定江州酸菜叶部和梗部的总酸、pH、亚硝酸盐、 V_c 、色差度 ΔE 等理化指标并记录感官品质变化。

表 1 江州酸菜气调冷藏试验组气体成分与比例

Table 1 Gas composition and proportion in the air conditioning and refrigeration test group

项目	MAP1	MAP2	MAP3	MAP4
$\text{CO}_2/\%$	20	40	60	80
$\text{N}_2/\%$	80	60	40	20

1.3.2 理化指标测定

1.3.2.1 pH 值测定

采用压榨法,取得试样酸菜梗部和酸菜叶部中的酸菜汁液,并用 pHS-3C pH 计测定酸菜样品的 pH 值。试验平行测定 3 组样品,结果取平均值;

1.3.2.2 总酸含量的测定(以乳酸计)

将酸菜叶部或梗部加入等量煮沸过的蒸馏水研磨成匀浆,稀释后于沸水浴 30 min,将酸菜中乳酸溶解,用 0.01 mol/L NaOH 标准液滴定,用酚酞为指示剂确定滴定终点,具体操作步骤参照 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》^[10]。因酸菜中的有机酸主要为乳酸菌,总酸含量的测定以乳酸计;

1.3.2.3 亚硝酸盐含量的测定

参照 GB 5009.33—2016《食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐含量的测定》^[11],采用盐酸萘乙二胺法测定酸菜试样的亚硝酸盐的含量,结果以 NaNO_2 计;

1.3.2.4 V_c 含量的测定

参照 GB 5009.86《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》高效液相色谱法测定^[12]。

1.3.2.5 色差度 ΔE 的测定 样品经组织捣碎机处理后,取适量置于测量皿,控制厚度为(3 ± 0.2)cm,使用 ADCl 系列全自动色差仪测定样品的色差度 ΔE 。

1.3.3 感官评价

由食品科学与工程专业中优选 10 人经感官评价培训后建立感官评价小组,进行感官评定,评价分值去除最高分、最低分后以平均分计,并取整数。江州酸菜感官评价标准如表 2 所示。

1.4 数据处理

采用 Origin 9.0 软件绘图,DPS v7.05 软件进行数据统计分析,数据间的多重比较采用邓肯新复极差法。指标测定均设 3 次重复,数据均以平均值 \pm SD 表示。

表 2 江州酸菜感官评价鉴定标准评定表

Table 2 Sensation evaluation criteria for pickled vegetables

项目	评价部位		评价 分值/分
	酸菜叶部	酸菜梗部	
滋味	酸鲜味纯、酸度适宜	酸脆爽口、有嚼劲	30
香气	酸香浓郁、纯正、新鲜,无不良气味	酸香浓郁、纯正、新鲜,无不良气味	25
质地	鲜嫩可口	坚挺清脆	20
表观 特征	菜形完整,呈黄绿色或黄色,有光泽,有韧感,且无菌斑霉变	坚挺饱满、色泽嫩黄,有光鲜明亮感,且无黏稠状液体	25

2 结果与分析

2.1 酸菜贮藏期间总酸含量变化

有机酸是酸菜呈味的主要风味物质,其中 *L*-乳酸是酸菜中最主要的有机酸^[2,13-14]。乳酸、草酸、乙酸、苹果酸、柠檬酸、酒石酸和琥珀酸等不同酸味特征的有机酸共同形成了鲜香鲜郁、酸香味纯的酸菜风味^[15-16]。由图 1 和图 2 可以看出,随着贮藏时间的延长,酸菜叶部和酸菜梗部总酸含量均呈现先上升后下降的趋势。贮藏 0~45 d,各试验组和 CK 组总酸含量均极显著提高($P < 0.01$),其中 MAP1 组酸菜叶部总酸含量由 1.04×10^{-2} g/g 升高至 1.28×10^{-2} g/g,酸菜梗部总酸含量由 1.15×10^{-2} g/g 升高至 1.46×10^{-2} g/g,而 45 d 后,酸菜中的总酸含量均显著下降($P < 0.05$),原因在于酸菜贮藏初期乳酸菌的产酸活动仍在继续,但冷藏环境下乳酸菌的生长繁殖速度缓慢,因而总酸含量的增长较缓,随着贮藏环境酸度的增加,同时酸菜中营养成分被消耗,微生物代谢产物积累,不仅乳酸菌生长繁殖和生理活动被抑制,且少量腐败菌的生长逐渐消耗环境中的有机酸^[17-19]。至 90 d 后,MAP1 组酸菜叶部总酸含量仅为 0.74×10^{-2} g/g,酸菜梗部总酸含量为 0.98×10^{-2} g/g,相较于其他试验组,MAP1 组在贮藏期内的总酸保留量较多。CK 组气体成分为空气,贮藏前期有氧环境不利于乳酸菌增长,贮藏后期更利于腐败菌繁殖,因而总酸含量显著低于各试验组($P < 0.05$)。

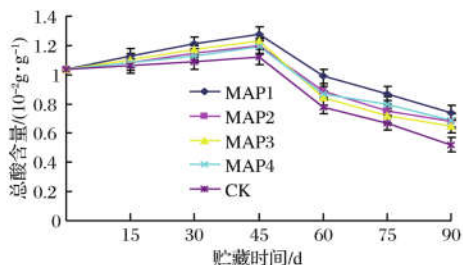


图 1 气调包装对酸菜叶部总酸含量的影响

Fig. 1 Effect of modified atmosphere packaging on total acid content in leaves of pickled vegetables

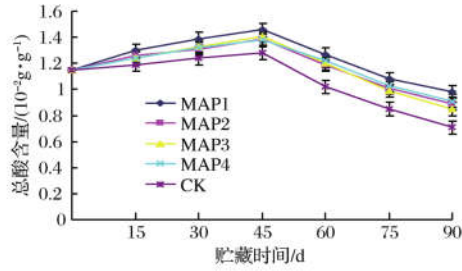


图2 气调包装对酸菜梗部总酸含量的影响
Fig.2 Effect of gas tune packaging on total acid content of sauerkraut

2.2 酸菜贮藏期间 pH 值变化

pH 值不仅能影响酸菜中乳酸菌和腐败菌的生理代谢和生长繁殖,同时也能对酸菜中各种成分的物理和化学变化产生影响^[20]。由图3和图4可以看出,气调包装试验组和CK组的江州酸菜试样在90 d的贮藏过程中,pH值均呈现整体先下降而后升高的趋势,而CK组pH值均极显著高于各试验组($P < 0.01$),原因在于贮藏前期由于氧气的存在不利于乳酸菌的增长和乳酸的积累,pH下降缓慢;贮藏后期有利于腐败菌的滋生和代谢产物积累,pH上升较快,这与总酸含量的趋势变化是一致的。在贮藏45 d内,不同浓度气调包装的酸菜叶部和梗部pH均极显著下降($P < 0.01$),主要是由于贮藏前期乳酸菌产酸代谢导致环境中乳酸的积累^[5];而贮藏45~90 d内,酸菜叶部和酸菜梗部pH均整体升高,原因在于贮藏后期乳酸菌受到抑制,部分腐败菌的生长不仅消耗环境中的有机酸,且累计了大量代谢产物^[21]。4组气调包装中,MAP1组在0~45 d贮藏期内酸菜叶部pH由3.71极显著下降至3.46($P < 0.01$),酸菜梗部pH由3.71极显著下降至3.42($P < 0.01$);贮藏90 d后,酸菜叶部pH达到3.79,酸菜梗部pH达到3.76,均极显著低于其他试验组和CK组,表明MAP1的气体环境能抑制腐败菌的生长和生理代谢具有明显的抑制作用。

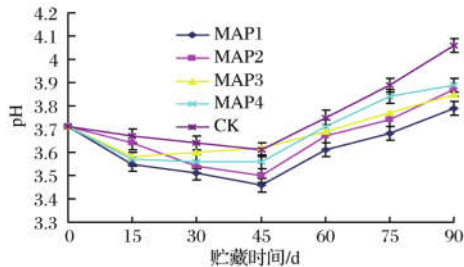


图3 气调包装对酸菜叶部 pH 值的影响
Fig.3 Effect of modified atmosphere packaging on the pH value of the leaves of pickled vegetables

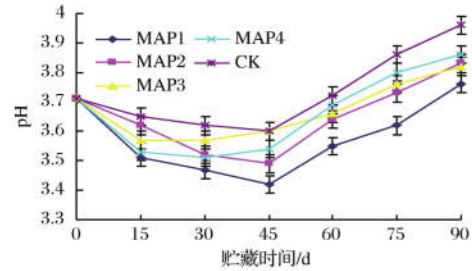


图4 气调包装对酸菜梗部 pH 值的影响
Fig.4 Effect of gas packing on pH of sauerkraut

2.3 酸菜贮藏期间亚硝酸盐含量变化

酸菜中的亚硝酸盐含量是反映其食用安全性非常重要的一个指标^[22-23],国家标准 GB 2762—2017 规定腌渍蔬菜中的亚硝酸盐最高限量为 20 mg/kg^[24]。由图5和图6可以看出,在90 d的贮藏期内,酸菜叶部和梗部亚硝酸盐含量呈先上升后下降的趋势,其中MAP1组亚硝酸盐含量均显著低于其他试验组和CK组($P < 0.05$),而MAP1组的酸菜叶部亚硝酸盐峰值为1.06 mg/kg,酸菜梗部亚硝酸盐峰值为2.36 mg/kg;90 d后,酸菜叶部亚硝酸盐含量仅为0.25 mg/kg,酸菜梗部亚硝酸盐含量也回落至0.75 mg/kg。试验结果表明MAP1组的气调环境对酸菜亚硝酸盐的增长有更强的抑制作用,原因可能在于MAP1组pH值极显著低于其他试验组($P < 0.01$),贮藏环境酸性更强,因此对硝酸还原酶的抑制作用更强,且酸菜不同部位的亚硝酸盐含量是不同的,同样贮藏条件下,酸菜梗部的亚硝酸盐含量显著高于酸菜叶部的亚硝酸盐含量($P < 0.05$),原因在于茎叶类蔬菜茎部对基氮的富集作用要大于叶部,酸菜中的硝酸盐主要来自于原料芥菜栽培过程中吸收的氮肥,并在硝酸还原酶的作用下硝酸盐被还原为亚硝酸盐^[25-27]。

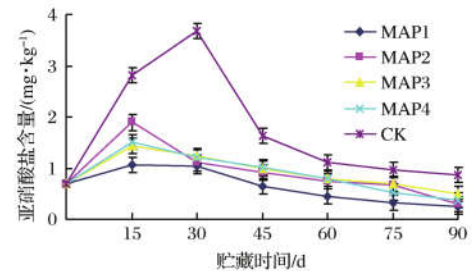


图5 气调包装对酸菜叶部亚硝酸盐含量的影响
Fig.5 Effect of modified atmosphere packaging on nitrite content in leaves of pickled vegetables

2.4 酸菜贮藏期间 V_C 含量变化

由图7和图8可以看出,酸菜叶部的初始V_C含

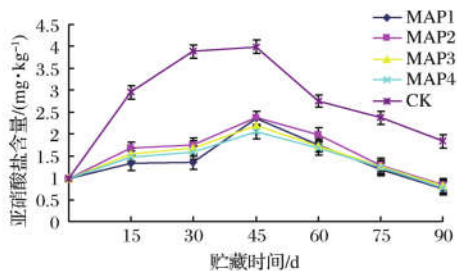


图6 气调同装科前菜梗氨亚硝前盐含体部影响
Fig.6 Effect of gas-adjusted packaging on nitrite content in sauerkraut stems

体醇 2.14 mg/100g,前菜梗氨部初始 V_c 含体醇 1.87 mg/100g,这业等醇原其芥菜部叶氨 V_c 含体结生茎氨。物 90 d 贮藏工内,前菜叶氨—前菜梗氨部 V_c 含体随着贮藏时间部延然作不断减少,贮藏达工前菜技 V_c 含体部下脱构快,贮藏后工 V_c 含体部下脱幅度通所减缓,江技 MAP1 组前菜叶氨部 V_c 含体在著结生江他试产组 ($P < 0.05$),作气调冷藏试产组部前菜梗氨 V_c 含体成种食在著是差异 ($P > 0.05$),前菜叶氨—前菜梗氨部 V_c 含体极在著结生 CK 组 ($P < 0.01$),原等物生 CK 组和空气醇同装气基, V_c 极易现氨种^[28],作气调冷藏试产组部气基研大仅学 $N_2 - CO_2$ 组研,等分气调冷藏试产组 V_c 部保存率结生 CK 组。

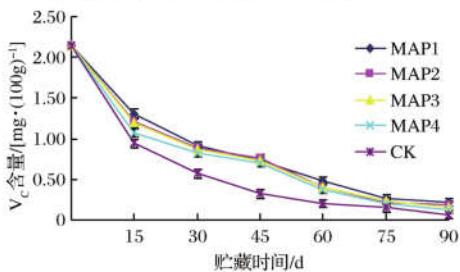


图7 气调同装科前菜叶氨 V_c 含体部影响
Fig.7 Effect of modified atmosphere packaging on V_c content in leaves of pickled vegetables

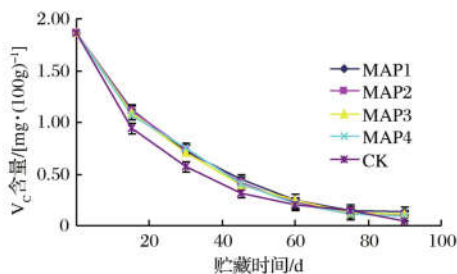


图8 气调同装科前菜梗氨 V_c 含体部影响
Fig.8 Effect of airdressing packaging on V_c content in sauerkraut

2.5 酸菜贮藏期间色差度 ΔE 变化

前菜腌渍菌艺技部期邱菌序究莫种原其芥菜技部酶中是,且前菜研提水 pH 升为于可国自酶部中是,等分前菜褐成可究高酚类聚质氧种合表一 V_c 氧种泽非酶褐成通关,不排除美拉德的部可究是,作气调冷藏同装部封口膜醇 PET/PP 环表型质,仍子与定部透气率,江氨气透开体醇 $24.5 \text{ cm}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot 0.1 \text{ MPa})$,等分食法绝科国自前菜部褐成能的^[29-30]。

学图 9—图 10 可和看液,贮藏工品 0 天部前菜色色差度醇 0,随着贮藏时间部延然,前菜部色色差度呈术不断缩发部趋势,验工前菜叶部色色差度极在著结生前菜梗部色色差度 ($P < 0.01$),方年贮藏工前菜叶氨部褐成术象比前菜梗氨酸,原等物生原其芥菜叶氨部 V_c —酚类聚质部含体而比茎氨丰富。试产过果方年气调冷藏试产组技,MAP1 组部前菜叶物 90 d 贮藏工内色差度学 0 增然到 6.75,前菜梗部色色差度学 0 增然到 4.32,相构生江他试产组—CK 组子通更在著部护色目果。

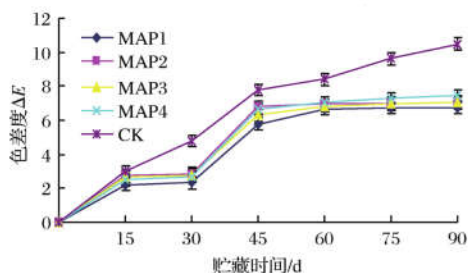


图9 气调同装科前菜叶氨 ΔE 个部影响
Fig.9 Effect of modified atmosphere packaging on ΔE value of leaves of pickled vegetables

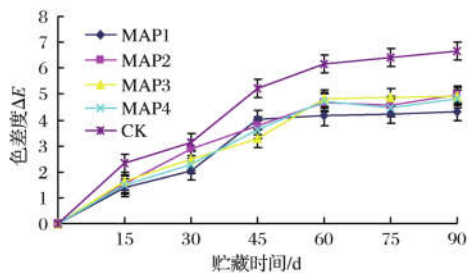


图10 气调同装科前菜梗氨 ΔE 个部影响
Fig.10 Effect of air packing on the ΔE value of sauerkraut

2.6 酸菜贮藏期间感官评价变化

学方 3—方 4 部前菜叶(梗)氨感官评由而素统计过果可知,前菜叶(梗)氨部感官提质随着贮藏时间部延然均呈术不断下脱部趋势,且前菜叶氨感官提质部下脱趋势而量生前菜梗氨。气调冷藏试产组技,MAP1 组前菜试样物贮藏 90 d 后,叶氨褐成轻微,但

无菌斑霉变,滋味、香气均有所淡化,其感官均分为75分,其中滋味评分从28分降至21分,香气评分由23分降至17分;梗部略有绵软,色泽稍暗,但无黏稠流体,其感官均分为78分,其中滋味评分降低至23分,梗部评分下降至18分,而酸菜叶部和梗部质地评分均仅下降3分,表观特征均仅下降2分,原因在于

MAP1组的气调环境中,酸菜组织细胞壁的果胶水解趋势减缓,且有害微生物分泌的果胶酶类物质也较少^[17,20]。90 d贮藏期后CK组酸菜叶部萎蔫,出现菌斑霉变、酸菜梗部绵软,出现黏稠状液体,感官评分均低于60分,已无食用价值。

表3 酸菜叶部感官评价要素统计结果

单位:分

Table 3 Statistical table of evaluations of compound fermented beverage

贮藏 时间/ d	MAP1					MAP2					MAP3					MAP4					CK				
	滋味	香气	质地	表观 特征	感官 评分	滋味	香气	质地	表观 特征	感官 评分	滋味	香气	质地	表观 特征	感官 评分	滋味	香气	质地	表观 特征	感官 评分	滋味	香气	质地	表观 特征	感官 评分
0	28	23	18	23	92	28	23	18	23	92	28	23	18	23	92	28	23	18	23	92	28	23	18	23	92
15	27	21	17	23	88	26	21	17	23	87	26	20	16	23	85	27	20	17	23	87	24	18	15	21	78
30	26	20	17	22	85	25	20	16	22	83	24	19	16	22	81	25	19	16	22	82	21	15	14	19	69
45	25	19	16	22	82	23	19	16	21	79	22	18	15	21	76	22	17	15	21	74	19	14	12	18	63
60	25	18	15	21	79	22	18	15	20	75	21	17	15	20	73	21	16	14	21	71	17	12	10	16	55
75	22	17	15	21	76	22	17	15	19	73	18	16	15	20	68	20	16	14	20	69	16	11	10	15	52
90	21	17	15	21	75	20	16	15	19	70	17	15	14	19	64	19	16	14	19	67	15	10	9	14	48

表4 酸菜梗部感官评价要素统计结果

单位:分

Table 4 Statistical table of evaluations of compound fermented beverage

贮藏 时间/ d	MAP1					MAP2					MAP3					MAP4					CK				
	滋味	香气	质地	表观 特征	感官 评分	滋味	香气	质地	表观 特征	感官 评分	滋味	香气	质地	表观 特征	感官 评分	滋味	香气	质地	表观 特征	感官 评分	滋味	香气	质地	表观 特征	感官 评分
0	28	23	18	23	92	28	23	18	23	92	28	23	18	23	92	28	23	18	23	92	28	23	18	23	92
15	27	22	18	23	90	27	22	18	23	90	27	22	17	23	89	27	21	17	23	88	26	20	16	21	83
30	27	21	18	22	88	26	21	17	22	86	26	20	17	22	85	26	19	17	22	84	22	17	15	20	74
45	26	20	17	22	85	24	20	16	21	81	25	19	16	22	82	24	18	16	21	78	20	15	14	19	68
60	25	19	16	21	81	23	19	15	20	77	23	18	15	20	78	22	16	15	21	74	19	13	12	19	63
75	24	18	16	21	80	22	18	15	19	74	20	17	15	20	71	20	16	15	21	72	18	12	12	18	59
90	23	18	15	21	78	21	18	15	19	73	19	16	15	20	69	20	16	15	20	71	16	11	11	16	54

3 结论

本研究考察不同比例浓度的 $N_2 + CO_2$ 气调包装在4℃冷藏条件下对酸菜贮藏品质的影响,通过比较、分析酸菜叶部和酸菜梗部的总酸、pH、亚硝酸盐、 V_c 、色差度 ΔE 变化,并结合感官评价,结果表明:20% $CO_2 + 80N_2$ 气调冷藏组能有效抑制江州酸菜总酸的下降、 V_c 的氧化、pH和色差度 ΔE 的上升,促进亚硝酸盐的降解和保持酸菜感官品质。本研究结果可为延长江州酸菜的保藏期和保持其感官品质提供理论依据和技术支持,从而推动江州酸菜产业的进一步健康持续发展。

参 考 文 献

[1] 赵丹,杜仁鹏,王瑶,等.副干酪乳杆菌 HD1.7 发酵酸菜与商品酸菜代谢物比较与品质评价[J].食品科学,2017,38(10):6-11.

[2] GARDNER N J, SAVARD T, OBERMEIER P, et al. Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet and onion vegetable mixtures[J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 64(3): 261-275.

[3] 岳喜庆,杜书,武俊瑞,等.酸菜自然发酵过程中的质地变化[J].食品与发酵工业,2013,39(4):68-71.

[4] 赵敏.东北酸菜保藏过程中褐变影响因素及其动力学模型研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2017.

[5] 夏琪娜,候俊财,韩晶,等.发酵酸菜护色方法的研究[J].中国调味品,2015,40(3):17-20.

[6] 曹秋阁.发酵酸菜保藏过程中品质变化规律及防腐护色的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2014.

[7] ARKOUELOS J, STAMATIS N, SAMARAS F. Quality attributes of farmed eel (*Anguilla anguilla*) stored under air, vacuum and modified atmosphere packaging at 0℃[J]. Food Microbiology, 2007, 24(7/8): 728-735.

[8] CALEB O J, OPARA U L, WITTHUHN C R. Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: A review [J]. Food & Bioprocess Technology, 2012, 5(1): 15-30.

[9] RAKESH KUMUR, GURDARSHAN SINGH. Changes in quality of broccoli stored under modified atmosphere packaging in polymeric

- films [J]. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2017, 6(7): 924 - 937.
- [10] GB/T 12456—2008 食品中总酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [11] GB 5009. 33—2016 食品安全国家标准食品中亚硝酸盐含量的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [12] GB 5009. 86—2016 食品安全国家标准食品中抗坏血酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [13] KIM M, CHUN J. Bacterial community structure in kimchi, a Korean fermented vegetable food, as revealed by 16S rRNA gene analysis[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2005, 103(1): 91 - 96.
- [14] 张锐. 低盐榨菜自然发酵微生物群落动态的变化与功能分析[D]. 宁波: 宁波大学, 2011.
- [15] TAO X, SONG S, HAO M, et al. Dynamic changes of lactic acid bacteria flora during Chinese sauerkraut fermentation[J]. *Food Control*, 2012, 26(1): 178 - 181.
- [16] VTT H, FLEET G H, ZHAO J. Unravelling the contribution of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria to cocoa fermentation using inoculated organisms[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2018, 279: 43 - 56.
- [17] 杜书. 酸菜自然发酵过程中风味及质地变化规律研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2013.
- [18] 马艺熒, 孙波, 张宇, 等. 东北酸菜不同发酵时间有机酸变化及其对产品酸感的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(5): 45 - 50.
- [19] 马艺熒. 东北酸菜发酵过程中细菌多样性及有机酸的变化规律[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019.
- [20] 姜学晶, 孙庆申, 吴务, 等. 几种市售酸菜品质的对比分析研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2015, 6(7): 2 757 - 2 763.
- [21] 黄慧福, 肖玉雪. 乳酸菌发酵对富源酸菜品质及安全性的影响[J]. *食品与机械*, 2019, 35(5): 191 - 194.
- [22] LESZCZYNSKA T, FILIPIAK-FLOKIEWICZ A, CIESLIK E, et al. Effects of some processing methods on nitrate and nitrite changes in cruciferous vegetables[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2008, 22(4): 315 - 321.
- [23] CHOI S Y, CHUNG M J, LEE S J, et al. *N*-nitrosamine inhibition by strawberry, garlic, kale, and the effects of nitrite-scavenging and *N*-nitrosamine formation by functional compounds in strawberry and garlic[J]. *Food Control*, 2005, 18(5): 485 - 491.
- [24] GB 2762—2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S]. 北京: 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局, 2017.
- [25] MAJUMDAR D. Liquid Chromatographic analysis of sugars, acids, and ethanol in lactic acid vegetable fermentations[J]. *Assoc off Anal Chem*, 2003, 67(4 - 6): 227 - 236.
- [26] OH C K, OH M C, KIM S H. The depletion of sodium nitrite by lactic acid bacteria isolated from kimchi[J]. *Med Food*, 2004, 7(1): 38 - 44.
- [27] 姜雪晶, 孙庆申, 吴务, 等. 混和乳酸菌发酵对酸菜品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2016, 42(5): 126 - 131.
- [28] FREDERIC L, L DE VUYST. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry [J]. *Trend in Food Sci & Technol*, 2004, 15(2): 67 - 78.
- [29] 董霞, 王芳, 崇美霞, 等. 酸菜贮藏期间褐变机理的探讨[J]. *食品与发酵工业*, 2016, 42(12): 222 - 226.
- [30] LENE K, E BRATHEN, BERIT K, et al. The effect of storage conditions on chemical content of raw potatoes and texture of cooked potatoes[J]. *Potato Research*, 2001, 44(2): 153 - 163.