DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2022.02.029

贮藏条件对红薯叶酸菜品质的影响

Effects of different storage conditions on the quality of sweet potato leaf pickles

刘锡铭[1,2] 何 佳[1,2] 芮 蓬[1,2]

LIU Xi-ming[1,2] *HE Jia*[1,2] *RUI Peng*[1,2]

(1. 河南科技大学食品与生物工程学院,河南 洛阳 471023;
2. 洛阳市微生物发酵工程技术研究中心,河南 洛阳 471023)

(1. *School of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan* 471023, *China*; 2. *Luoyang Engineering and Technology Research Center of Microbial Fermentation, Luoyang, Henan* 471023, *China*)

摘要:目的:探寻乳酸菌发酵红薯叶酸菜的贮藏条件及贮藏期间品质变化规律。**方法:**真空包装后以常温 25 ℃、低温 4 ℃、80 ℃—15 min 巴氏杀菌后 4 ℃、85 ℃—10 min 巴氏杀菌后 4 ℃贮藏,比较 4 个条件下红薯叶酸菜 pH 值、乳酸含量、亚硝酸盐含量、菌落数、色差值及感官评分。**结果:**25 ℃下贮藏亮度下降最快,第 60 天色泽明显变深;4 ℃下贮藏第 30 天的酵母菌数量最多,第 45 天的乳酸菌数量最多;80 ℃—15 min 杀菌后贮藏第 90 天的大肠杆菌数量最少,感官评分达到食用临界值;85 ℃—10 min 杀菌后贮藏第 75 天的总菌数量最少,感官评分及格。pH 值与亚硝酸盐含量呈极显著负相关,与 L 值、感官评分呈极显著正相关;乳酸菌数与酵母菌、大肠杆菌、总菌数呈极显著正相关,其中感官评分在第一主成分中的载荷量最大。**结论:**80 ℃—15 min 杀菌后 4 ℃贮藏,其主要微生物为乳酸菌,其他指标均符合安全标准,感官品质稳定,更适合作为酸菜的贮藏条件,贮藏期可达 90 d。

关键词:乳酸菌;发酵;红薯叶;酸菜;贮藏品质

Abstract: Objective: This study aimed to explore the preservation conditions and quality changes of sweet potato leaf sauerkraut fermented by lactic acid bacteria. **Methods:** After vacuum packaging, the pH value, lactic acid content, nitrite content, colony number, color difference and sensory score of sweet potato leaves were compared under four different kinds of storage conditions, including 25 ℃ at room temperature, 4 ℃ at low temperature, 4 ℃ after pasteurization at 80 ℃—15 min, and 4 ℃ after pasteurization at 85 ℃—10 min. **Results:** When stored at 25 ℃, the luminance decreased the fastest, and the color became darker at 60 days. The number of yeasts was the most after 30 days at 4 ℃, and the number of lactic acid bacteria was the most after 45 days; After pasteurization for 90 days at 80 ℃—15 min, the number of *Escherichia coli* was the least, and the sensory score reached the edible threshold. After pasteurization for 75 days at 85 ℃—10 min, the total number of bacteria was the least and the sensory score was qualified; pH value was negatively correlated with nitrite, and positively correlated with L value and sensory score; Lactic acid bacteria were positively correlated with yeast; *E. coli* and total bacteria, and the sensory score was the largest in the first principal component. **Conclusion:** After pasteurization at 80 ℃—15 min and storage at 4 ℃, the main microorganisms were lactic acid bacteria, with other indicators met the safety standards, and the sensory quality was stable. This condition is more suitable for the storage of pickled cabbage with lasting for 90 days.

Keywords: *Lactobacillus*; fermentation; sweet potato leaves; pickles; preservation quality

红薯叶中蛋白质、维生素、矿物质元素含量极高,有很好的营养价值与保健功能[1],其副产品加工种类也日益丰富,如红薯叶挂面[2]、红薯叶保健茶[3]等。红薯叶酸菜作为一种较新颖的发酵型蔬菜也应运而生。与传统发酵不同,乳酸菌接种后的发酵酸菜亚硝酸盐含量低[4]、氨基酸种类多[5]。此外,乳酸菌在食品加工工业中还有增添食品风味、生物保鲜[6]等作用。宋文华等[7]利用混合乳酸菌发酵完成的红薯叶乳酸含量高、质地柔软有韧性,但后续贮藏性研究尚未见报道。

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:31401672)
作者简介:刘锡铭,女,河南科技大学在读硕士研究生。
通信作者:何佳(1963—),男,河南科技大学教授,博士。
E-mail:hejia@haust.edu.cn
收稿日期:2021-09-15

发酵食品中较常见的贮藏方式有低温、真空包装、防腐剂以及杀菌处理。闫凯[8]研究表明,7 ℃冷藏条件下菌落总数在贮藏 20 d 后下降了约 2 个数量级,酵母菌数量也明显下降,且长时间维持低水平。谭小琴等[9]研究了真空包装酸肉在低温贮藏过程中营养安全品质及感官品质变化,为传统酸肉商品化冷链贮藏提供了适宜货架期参考。添加防腐剂与杀菌处理相比,后者较为天然安全,大众认可度高,但不同杀菌方式对酸菜品质有一定影响。试验拟以乳酸菌发酵完成的酸菜为原料,真空包装后以 25 ℃、4 ℃、不同温度时间巴氏杀菌后 4 ℃贮藏,探究不同贮藏条件下的酸菜品质变化,旨在为红薯叶酸菜的贮藏技术和货架期提供参考。

1　材料与方法

1.1　材料与仪器

1.1.1　材料与试剂

新鲜红薯叶:采摘自河南科技大学农学院红薯实验基地;

植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum* HZLp-005)、鼠李糖乳杆菌(*Lactobacillus plantarum* HZLr-023)、嗜酸乳杆菌(*Lactobacillus plantarum* HZLa-008):河南科技大学微生物实验室-80 ℃冰箱贮藏;

食品级 PA/PE 包装袋:喜之龙加厚 24 丝尼龙真空袋,河北省东光县鑫鑫塑料有限公司;

乙酸锌:分析纯,天津市博迪化工有限公司;

亚硝酸钠:基准试剂,上海市化学试剂一厂;

N-1-萘乙二胺盐酸盐:分析纯,天津市光伏精细化工研究所;

氨基苯磺酸:分析纯,天津市大茂化学试剂厂;

MRS 培养基、孟加拉红培养基:生物试剂,北京奥博星生物技术有限责任公司;

中性红、结晶紫:分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;

猪胆盐、乳糖:分析纯,天津市河北区海晶精细化工厂。

1.1.2　主要仪器设备

真空包装机:DZ-400 型,温州市远康包装机械有限公司;

电热恒温水浴锅:HH-S4 型,北京科伟永兴仪器有限公司;

紫外分光光度计:UV-2100 型,尤尼柯(上海)仪器有限公司;

生化培养箱:SPX-250 型,北京市永光明医疗仪器公司;

色差仪:Color i5 型,美国 Xrite(爱色丽)公司。

1.2　方法

1.2.1　菌种活化与扩培　将植物乳杆菌、鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌分别置于 MRS 液体培养基中活化,37 ℃培养 18 h,将活化好的菌悬液分别按体积比 1∶10 扩大培养 18～24 h。

1.2.2　酸菜发酵　红薯叶清洗入罐,以发酵罐体积计,加入 2%食盐、0.8%果葡糖浆、加水至半罐,倒入 2%含培养基菌种($V_{植物乳杆菌}$∶$V_{鼠李糖乳杆菌}$∶$V_{嗜酸乳杆菌}$=1∶1∶1),加水至满罐,25 ℃发酵 10 d。

1.2.3　包装与贮藏　将发酵完成的红薯叶酸菜真空包装(抽真空 11 s,热封 5 s),每袋重量(150±5) g(含汤水),分别于 25 ℃、4 ℃、80 ℃-15 min 杀菌后 4 ℃、85 ℃-10 min 杀菌后 4 ℃贮藏,每隔 15 d 取样,贮藏 90 d。

1.2.4　乳酸含量测定　称取红薯叶酸菜样品 100 g 捣碎,取 10 g 加入 30 g 水打成匀浆,按 GB/T 12456—2008 测定乳酸含量,总酸酸度以乳酸计算。

1.2.5　亚硝酸盐含量测定　称取 10 g 红薯叶酸菜加入 30 g 水打成匀浆,按 GB 5009.33—2016 测定亚硝酸盐含量,标准曲线方程为 $y=0.031\ 48x+0.001\ 834$,$R^2=0.999\ 7$。

1.2.6　活菌数测定

(1) 乳酸菌数:按 GB 4789.35—2016 执行。

(2) 酵母菌数:按 GB 4789.15—2016 执行。

(3) 大肠杆菌数:按 GB 4789.3—2016 执行。

(4) 总菌数:按 GB 4789.2—2016 执行。

1.2.7　色泽测定　选取红薯叶酸菜,流动水冲洗,沥干,用保鲜膜包裹每片红薯叶,利用色差仪测定酸菜色泽,测得 L^* 和 a^* 值。其中,L^* 代表亮度轴,0 表示黑色,100 表示白色;a^* 代表红绿轴,正值代表红,负值代表绿。

1.2.8　感官评价　选取 10 位食品专业人员按表 1 定期对红薯叶酸菜进行感官评定,以总分平均分计(≥60 分可食用)。

1.2.9　数据处理　所有数据采用 Excel(2010)进行初步处理,使用 Origin 2018 作图软件和 SPSS 15.0 进行相关性和 PCA 分析。

2　结果与分析

2.1　对红薯叶酸菜 pH 值和乳酸含量的影响

由图 1 可知,随着贮藏时间的增加,各贮藏条件下的 pH 值均有所下降且下降趋势大致相同,与黄慧福等[10]的结果一致,可能是随着贮藏时间的增加,酸菜汤汁中残余菌仍在发酵,产生了少量的酸,后期 pH 值较低,抑制了菌的生长,pH 值趋于稳定。

由图 2 可知,25 ℃和 4 ℃下贮藏的乳酸含量先升高,贮藏第 45 天达最大值,分别为 6.580,6.235 mg/g,后续又开始降低,可能是贮藏初期乳酸菌继续产酸,后期 pH 较低,乳酸菌活性受到抑制,产酸能力降低。80 ℃-15 min 和 85 ℃-10 min 下的乳酸含量变化情

况相似,可能是经杀菌后乳酸有部分流失,但贮藏前期不受影响,贮藏 45 d 后前者乳酸含量较高,说明该条件下乳酸流失较少。

表 1　感官评价表

Table 1　Sensory evaluation form

指标	评价标准	分数
气味	气味不正,有明显异味	0～5
	香味适中,乳酸香味较弱,无不良气味	6～10
	浓郁的酸菜固有香味和乳酸香味,无不良气味	11～20
滋味	过酸、过咸或过淡,咀嚼性较差,口感不佳	0～10
	偏酸或偏咸,咀嚼性适宜,口感较适合	11～20
	酸咸适宜,咀嚼性较满意,口感良好	21～30
色泽	深褐色或黑色	0～10
	黄褐色偏深或褐色	11～20
	明亮的黄褐色,酸菜应有的光泽	21～30
汤汁	汤汁浑浊,絮状物较明显	0～5
	汤汁较清澈,无明显絮状物,颜色偏暗	6～10
	汤汁清澈,正常酸菜汤汁色泽	11～20

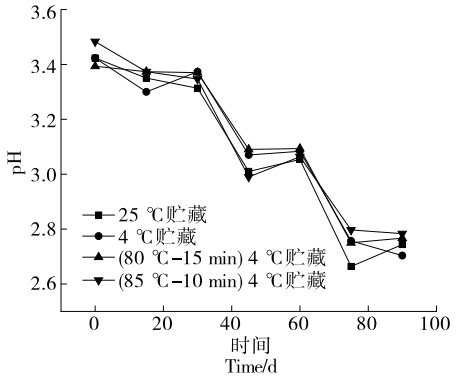

图 1　贮藏条件对 pH 值的影响

Figure 1　Effects of different preservation conditions on pH value

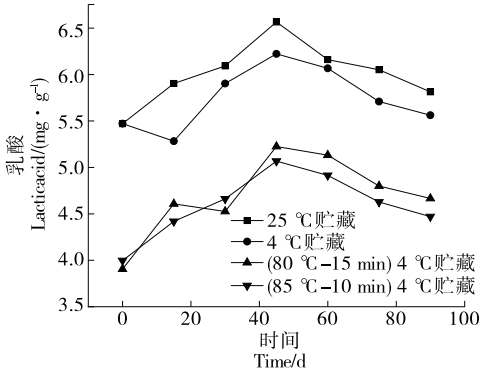

图 2　贮藏条件对乳酸含量的影响

Figure 2　Effects of different preservation conditions on lactic acid content

2.2　对红薯叶酸菜亚硝酸盐含量的影响

由图 3 可知,贮藏期间亚硝酸盐含量均在国标限值(20 mg/kg)以下。25 ℃下贮藏第 15 天的亚硝酸盐含量最高为 8.852 mg/kg,常温下杂菌活性较强,亚硝酸盐生成加快,随着杂菌在厌氧环境下逐渐死亡,逐渐被分解转化,含量减少。4 ℃下贮藏 0 d 的亚硝酸盐含量最低(6.226 mg/kg),贮藏第 90 天含量比开始贮藏时高,说明随着贮藏时间的增加,亚硝酸盐积累速率大于分解速率,含量逐渐增多。贮藏第 0 天,80 ℃－15 min 下的亚硝酸盐含量比 85 ℃－10 min 的高,可能是杀菌温度和时间对贮藏初期亚硝酸盐降解有影响,高温加快了亚硝酸盐的降解。贮藏第 0,90 天,先杀菌后贮藏的红薯叶酸菜的亚硝酸盐含量比未杀菌的低,且差异极显著($P<0.01$)。贮藏第 75 天,85 ℃—10 min 下的亚硝酸盐含量高于未杀菌组,可能是亚硝酸盐还原菌活性较高,使亚硝酸盐增多。

2.3　对红薯叶酸菜乳酸菌数的影响

酸菜发酵过程中乳酸菌占绝对的优势地位[11],且乳酸菌活菌数越大,腐败菌数量越小[12]。此外,乳杆菌和明串珠菌能通过抑制肠杆菌等硝酸盐还原菌而降低亚硝酸盐含量[13]。因此,一定数量的乳酸菌更有利于酸菜的贮藏。由图 4 可知,贮藏过程中乳酸菌整体呈下降趋势,原因是随着贮藏时间的增加,乳酸菌活性逐渐减弱甚至死亡。25 ℃和 4 ℃下贮藏第 0 天的乳酸菌数相同,贮藏第 90 天,25 ℃下的乳酸菌数降至 5.00 lg(CFU/mL),而4 ℃下的降至 6.17 lg(CFU/mL),但远远高于杀菌后低温贮藏的,可能是低温下乳酸菌活性降低较慢,常温下乳酸菌活性大,损失率上升从而数量下降,因此低温贮藏有利于维持乳酸菌的活性从而稳定乳酸菌数量。贮藏 15 d 后,80 ℃－15 min 下的乳酸菌数比 85 ℃－10 min 的多,可能是前者杀菌温度和时间适宜,能更有效地保留乳酸菌,随着贮藏时间的延长,贮藏环境逐渐变酸,乳酸菌活性也逐渐减弱甚至死亡,数量逐渐下降。

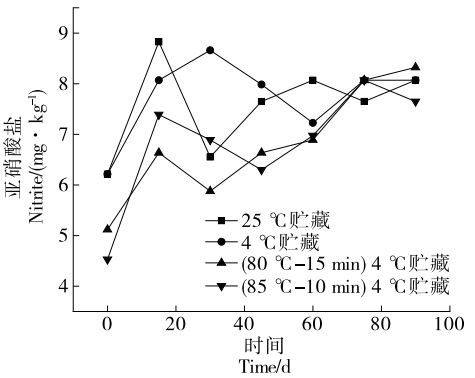

图 3　贮藏条件对亚硝酸盐含量的影响

Figure 3　Effects of different preservation conditions on nitrite content

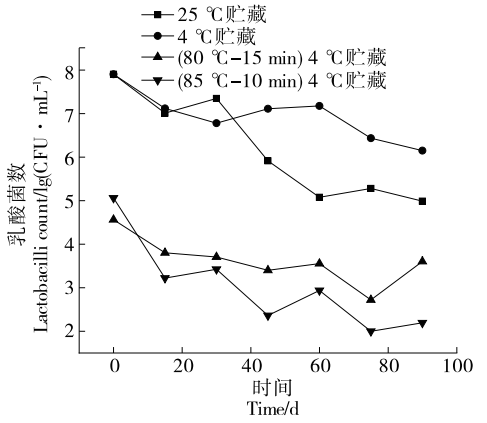

图 4　贮藏条件对乳酸菌数的影响

Figure 4　Effects of different preservation conditions on the number of lactic acid bacteria

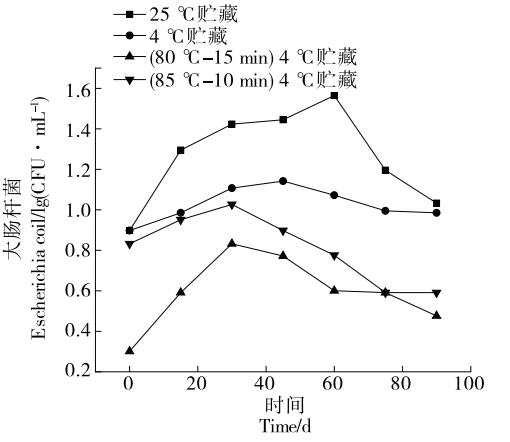

图 6　贮藏条件对大肠杆菌数的影响

Figure 6　Effects of different preservation conditions on the number of *Escherichia coli*

2.4　对红薯叶酸菜酵母菌数的影响

酵母菌在 pH 2.5～3.0 的条件下也能存活，一些酵母菌会分泌聚半乳糖醛酸酶，使组织软化，因此酵母菌的增长不利于酸菜贮藏。由图 5 可知，25 ℃和 4 ℃下贮藏第 30 天的酵母菌数最多，分别为 6.38，6.80 lg(CFU/mL)，之后波动较小，可能是前期营养物质丰富促进了酵母增长，之后随着贮藏环境的变化逐渐死亡，达到与环境平衡后并保持稳定，且二者差异不大，表明贮藏温度对酵母菌增长无显著影响。80 ℃－15 min 和 85 ℃－10 min 下贮藏第 45 天的酵母菌数最少，贮藏后期又逐渐上升，原因是贮藏后期杂菌等微生物开始活跃，酵母菌也随之增长，贮藏过程中二者变化相似，但数量始终低于未杀菌的。

2.5　对红薯叶酸菜大肠杆菌数的影响

由图 6 可知，不同贮藏温度下的大肠杆菌变化趋势不同，25 ℃下的大肠杆菌数先增加后降低，贮藏第 60 天时最大，可能是大肠杆菌在适宜温度下会利用营养物质繁殖，随着贮藏时间的增加，营养物质逐渐减少，且酸性越来越强，数量下降。4 ℃下贮藏的大肠杆菌数较低且变化不大，表明低温条件下大肠杆菌活性较低，营养成分利用率也低。贮藏 0 d，80 ℃－15 min 下的大肠杆菌数最低，说明此条件能有效杀死部分大肠杆菌，而 85 ℃－10 min 下的贮藏温度高，但水浴时间短，杀灭大肠杆菌的效果低于前者。80 ℃－15 min 下的大肠杆菌数低于其他 3 组，因此前者更适合作为酸菜的贮藏条件。

2.6　对红薯叶酸菜总菌数的影响

初始原料中的微生物群落构成很大程度上决定了泡菜发酵过程中的微生物群落构成[14]。由图 7 可知，随着贮藏时间的延长，25 ℃下的总菌数整体呈下降趋势，可能是占比最大的乳酸菌在常温下损失率高，且贮藏后期环境不适宜，数量逐渐减少。4 ℃下贮藏初期总菌数一直下降，可能是某些微生物无法适应低温条件，在贮藏初期菌落呈线性下降[15]。80 ℃－15 min 和 85 ℃－10 min 下总菌数均先下降后增长，可能是贮藏后期有酵母菌等其他杂菌滋生，说明长时间的贮藏不利于微生物的控制，与胡盼盼等[16]的结果一致，但菌落数始终在食用安全范围内。

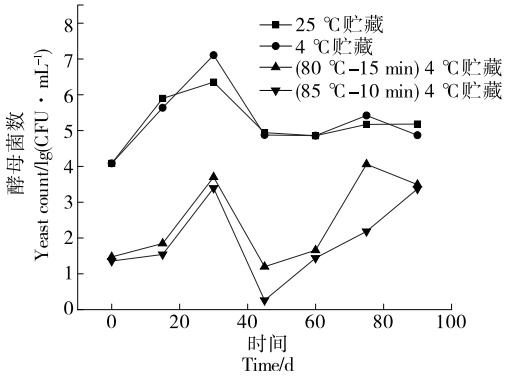

图 5　贮藏条件对酵母菌数的影响

Figure 5　Effects of different preservation conditions on the number of yeast

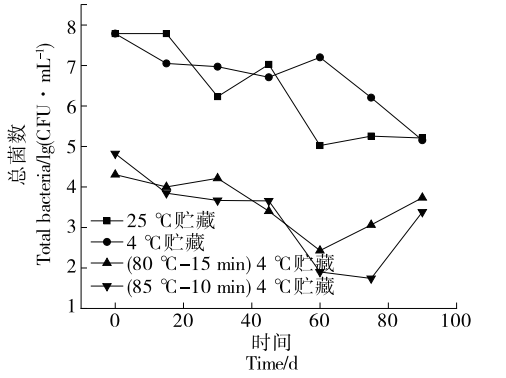

图 7　贮藏条件对总菌数的影响

Figure 7　Effects of different preservation conditions on the number of total bacteria

2.7　对红薯叶酸菜色泽的影响

色泽的变化在一定程度上被人们认为是产品变质的标志[17]。由图 8 可知,不同贮藏条件下的色泽变化趋势不同。25 ℃下贮藏第 0 天的 L^* 值最大为 33.58,贮藏第 90 天的最小为 18.21,亮度明显降低,说明常温不利于酸菜亮度的维持。4 ℃下贮藏亮度变化相对稳定,低温可能在一定程度上缓解了红薯叶酸菜色泽的变化,且贮藏第 90 天的 L^* 值为 25.70,比贮藏第 0 天的降低了 23.26%,说明较低贮藏温度可以一直延缓褐变,保持较好的色泽[18]。贮藏第 0 天,杀菌后贮藏的亮度比未杀菌的低,说明杀菌温度和时间对亮度有一定影响,可能是杀菌温度和时间破坏了红薯叶酸菜本身的色泽,导致亮度下降。4 ℃ 贮藏下的 L^* 值的下降过程均比 25 ℃下的缓慢,与曹秋阁[19]的研究相符。巴氏杀菌后贮藏第 0,15,90 天的 L^* 值差异极显著($P<0.01$),其中,80 ℃－15 min 下亮度下降较慢,更适合酸菜的贮藏。

由图 9 可知,酸菜贮藏过程中 a^* 值整体呈上升趋势,说明随着贮藏时间的延长,酸菜偏离绿色程度加重。25 ℃下贮藏第 90 天,a^* 值增加至 2.73,增加了 19.41%,偏离绿色程度比 4 ℃贮藏下的大,说明低温贮藏能有效减缓色泽丢失,抑制叶绿素含量的下降。贮藏第 0 天,与杀菌组相比,4 ℃下的 a^* 值明显升高且贮藏后期变化趋势不同,可能是杀菌温度和时间会导致酸菜色泽被破坏,且杀菌对贮藏过程有影响,杀菌后贮藏前期偏离绿色程度大,发生美德拉反应,生成深色物质[20],加速了后期 a^* 值的增大。80 ℃－15 min 下的 a^* 值偏离程度较小,可能是温度低,氨基酸破坏程度小,美拉德反应强度稍小。

2.8　对红薯叶酸菜感官评价的影响

由图 10 可知,红薯叶酸菜在不同贮藏条件下的感官评分均呈下降趋势。25 ℃下的感官评分下降趋势最大,贮藏第 45 天降至 60 分以下,已不能食用;4 ℃贮藏下的感官评分相近,其中未杀菌和 85 ℃－10 min 杀菌后 4 ℃下贮藏第 90 天的感官评分降至 60 分以下,不具有食用价值。长时间贮藏会导致各种营养物质慢慢消耗,颜色、风味、口感等也慢慢流失,而低温能有效减缓生物变化进程延缓品质下降的趋势。85 ℃－10 min 下贮藏第 75 天的感官评分为 61 分,说明该条件下贮藏 75 d 后还能食用,而 80 ℃－15 min 下贮藏第 90 天的感官评分刚好达到食用临界值,说明此条件下能贮藏 90 d,且贮藏第 0 天的感官评分较高,可能是杀菌温度较低,对色泽及口感影响较小,因此后者更适合酸菜的贮藏。

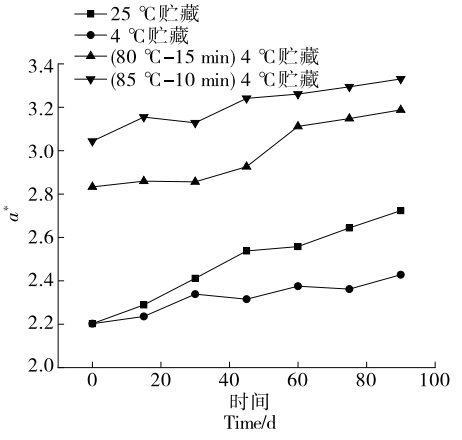

图 9　贮藏条件对 a^* 值的影响

Figure 9　Effects of different preservation conditions on a^* value

2.9　相关性及主成分分析

由表 2 可知,pH 值与亚硝酸盐呈极显著负相关($P<0.01$),与 L^* 值、感官评分呈极显著正相关($P<0.01$);乳酸菌数与酵母菌数、大肠杆菌数、总菌数呈极显著正相关($P<0.01$)。贮藏过程中残余乳酸菌继续发酵,乳酸含量上升,pH 值下降,同时加速了亚硝酸盐还原菌的活动,硝酸盐还原率加快[21],使得亚硝酸盐含量上升。随着贮藏时间的延长,微生物环境发生变化,增长的酵母菌和大肠

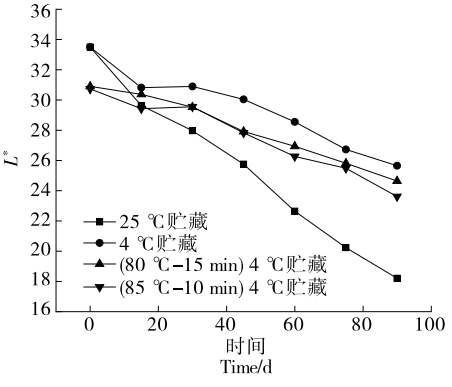

图 8　贮藏条件对 L^* 值的影响

Figure 8　Effects of different preservation conditions on L^* value

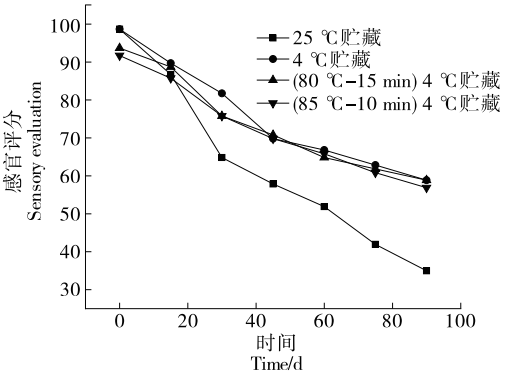

图 10　贮藏条件对感官评分的影响

Figure 10　Effects of different preservation conditions on sensory evaluation

杆菌使得总菌数增长，酸菜色泽偏离绿色程度增大，亮度和感官评分也随之下降。红薯叶酸菜贮藏期间各指标存在不同程度的相关性，说明各指标间存在信息重叠，部分品质变化的同时会导致另外一些品质发生改变，存在相互关联、相互制约的关系[22]。

通过线性变化，将存在相关性变量转换成线性不相关的变量，将 4 种贮藏条件下 9 个指标进行 PCA 分析，以特征值＞1.0 的原则提取出两个成分，结果见表 3 和表 4。由表 3 和表 4 可知，第一主成分贡献值为 3.468，方差贡献率为 38.538%，其中感官评分、L^* 值、pH 值、亚硝酸盐荷载量较大，是可以代表酸菜贮藏品质的理化指标；第二主成分贡献值为 2.714，方差贡献率为30.150%，其中乳酸菌数、酵母菌数、大肠杆菌数、总菌数荷载量较大，说明第二主成分主要包含酸菜的微生物指标，两个成分的累积贡献率为 68.689%，可反映贮藏酸菜品质变化的大部分信息。

表 2　贮藏期间各指标的相关系数†

Table 2　Correlation coefficient of each index during preservation

指标	pH 值	乳酸含量	亚硝酸盐含量	乳酸菌数	酵母菌数	大肠杆菌数	总菌数	L^* 值	a^* 值	感官评分
pH 值	1.000									
乳酸含量	−0.238	1.000								
亚硝酸盐含量	−0.604**	0.508**	1.000							
乳酸菌数	0.202	0.712**	0.185	1.000						
酵母菌数	−0.125	0.730**	0.543**	0.744**	1.000					
大肠杆菌数	0.088	0.819**	0.317	0.693**	0.650**	1.000				
总菌数	0.250	0.635**	−0.103	0.914**	0.728**	0.648**	1.000			
L^* 值	0.816**	−0.254	−0.600**	0.179	−0.134	−0.105	0.309	1.000		
a^* 值	−0.231	−0.688**	−0.183	−0.953**	−0.750**	−0.618**	−0.903**	−0.307	1.000	
感官评分	0.848**	−0.401*	−0.606**	0.133	−0.224	−0.194	0.243	0.950**	0.229	1.000

†　**表示差异极显著（$P<0.01$）；*表示差异显著（$P<0.05$）。

表 3　主成分的特征值和贡献率

Table 3　Eigenvalue of the principal components and their contribution and cumulative contribution

主成分	特征值	贡献率	累积贡献率
1	3.468 0	0.385	0.385
2	2.713 5	0.302	0.687
3	0.957 9	0.106	0.793
4	0.682 5	0.076	0.869
5	0.531 5	0.869	0.928
6	0.341 6	0.038	0.966
7	0.169 4	0.019	0.985
8	0.101 0	0.011	0.996
9	0.034 3	0.004	1.000

表 4　主成分的载荷系数

Table 4　Load factor of principal component

指标	主成分 1	主成分 2
感官评分	0.959	
L^* 值	0.939	0.120
pH 值	0.898	0.164
亚硝酸盐	−0.751	0.360
乳酸含量	0.222	−0.208
乳酸菌数	0.262	0.862
酵母菌数	−0.278	0.859
大肠杆菌数	−0.162	0.814
总菌数	0.273	0.595

3　结论

红薯叶酸菜真空包装后，25，4 ℃（未杀菌）贮藏与 80 ℃−15 min、85 ℃−10 min 杀菌后 4 ℃贮藏相比，亚硝酸盐含量以及总菌数均在食用安全范围内，但热杀菌后亚硝酸盐含量低、总菌数少，一定程度上减缓了酸菜变质过程或者延长了贮藏时间，因此热杀菌后的贮藏效果较好。25 ℃贮藏与 4 ℃贮藏相比，亮度下降最快，说明低温能有效减缓色泽变化，因此低温更适合酸菜的贮藏。80 ℃−15 min 杀菌后 4 ℃贮藏 90 d 内各指标综合性良好，感官品质较优，可作为酸菜贮藏的较佳条件，也为后期研究延长红薯叶酸菜保质期提供了一定的数据基础。相关性分析后通过主成分分析可得第 1 主成分主要反映酸菜贮藏品质的理化指标，第 2 主成分主要反映酸菜贮藏的微生物指标，其中第 1 主成分中感官评分载荷量最大，最能说明酸菜的贮藏品质情况。贮藏过程品质变化

的腐败机理还有待研究,可对变质酸菜的微生物进行分离鉴定,研究主要的腐败菌种类。

参考文献

[1] 王秋亚, 薛航. 红薯叶有效成分的提取及开发应用研究进展[J]. 食品工业, 2018, 39(7): 260-263.
WANG Qiu-ya, XUE Hang. Research progress on extraction, development and application of effective components from sweet potato leaves[J]. Food Industry, 2018, 39(7): 260-263.

[2] 上海纳德生物科技有限公司. 一种保健挂面: CN201710349398.3[P]. 2017-10-20.
Shanghai Nader Biotechnology Limited Company. A health care noodle: CN201710349398.3[P]. 2017-10-20.

[3] 李兴泰. 红薯叶保健茶制作法[J]. 农村新技术, 2010(18): 62.
LI Xing-tai. The method of making sweet potato leaf health tea[J]. New Rural Technology, 2010(18): 62.

[4] 崔松林. 乳酸菌接种发酵酸菜的亚硝酸盐含量影响因素研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(14): 4 415-4 417.
CUI Song-lin. Study oninfluencing factors of nitrite content in fermented sauerkraut inoculated with lactic acid bacteria[J]. Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(14): 4 415-4 417.

[5] 孟繁博, 张万萍, 吴康云. 接种发酵对酸菜品质的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(3): 179-183, 206.
MENG Fan-bo, ZHANG Wan-ping, WU Kang-yun. Effects of inoculation and fermentation on the quality of sauerkraut[J]. Food & Machinery, 2017, 33(3): 179-183, 206.

[6] RAO Yu, WANG Meng, JIANG Yun-Lu, et al. Isolation of bacteriocinogenic lactic acid bacteria for biopreservation of Chinese traditional sichuan pickle[J]. Food Science, 2015, 36(3): 171-177.

[7] 宋文华, 何佳, 袁江月, 等. 不同乳杆菌强化发酵红薯叶及其酸菜品质的研究[J]. 食品与机械, 2020, 36(2): 193-198, 236.
SONG Wen-hua, HE Jia, YUAN Jiang-yue, et al. Study on the quality of sweet potato leaves and pickled cabbage fermented by different*Lactobacillus*[J]. Food & Machinery, 2020, 36(2): 193-198, 236.

[8] 闫凯. 泡菜发酵工艺及贮藏性的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013: 46-47.
YAN Kai. Study on fermentation technology and preservation of pickles[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013: 46-47.

[9] 谭小琴, 段珍珍, 周才琼. 低温贮藏对真空包装酸肉食用卫生及感官品质的影响及酸肉保质期预测[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2020, 35(5): 871-877.
TAN Xiao-qin, DUAN Zhen-zhen, ZHOU Cai-qiong. Effect of low temperature storage on edible hygiene and sensory quality of vacuum packaged Sour Meat and prediction of its shelf life[J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science), 2020, 35(5): 871-877.

[10] 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, 201.
HUANG Hui-fu, XIAO Yu-xue. Effect of lactic acid bacteria fermentation on the quality and safety of Fuyuan sauerkraut[J]. Food & Machinery, 2019, 35(5): 191-194, 201.

[11] 郝卓莉. 酸菜发酵期间细菌群落结构动态变化分析[J]. 中国酿造, 2020, 39(7): 56-61.
HAO Zhuo-li. Dynamic changes of bacterial community structure during fermentation of sauerkraut[J]. Brewed in China, 2020, 39(7): 56-61.

[12] 张锐, 王琛, 张晓黎, 等. 发酵及贮藏期影响酸菜品质的因素[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(23): 174-178.
ZHANG Rui, WANG Chen, ZHANG Xiao-li. Factors affecting the quality of sauerkraut during fermentation and storage[J]. Food Research & Development, 2020, 41(23): 174-178.

[13] ZHOU Qi, ZANG Shi-zhu, ZHAO Zi-nan, et al. Dynamic changes of bacterial communities and nitrite character during northeastern Chinese sauerkraut fermentation [J]. Food Science & Biotechnology, 2018, 27: 79-85.

[14] 张其圣, 陈功, 申文熹, 等. 低盐泡菜乳酸菌群落演变及其优势菌群的探讨[J]. 中国食品学报, 2018, 18(9): 109-119.
ZHANG Qi-sheng, CHEN Gong, SHEN Wen-xi, et al. The evolution of lactic acid bacteria community in low salt pickles and Discussion on its dominant flora[J]. Chinese Journal of Food Science, 2018, 18(9): 109-119.

[15] 任俊琦, 贺稚非, 赵季, 等. 接种发酵泡菜及其低温贮藏微生物变化规律[J]. 食品与发酵科技, 2009, 45(5): 38-41.
REN Jun-qi, HE Zhi-fei, ZHAO Ji, et al. Changes of microorganisms in fermented pickles inoculated and preserved at low temperature[J]. Food & Fermentation Technology, 2009, 45(5): 38-41.

[16] 胡盼盼, 李军, 王莉, 等. 不同杀菌技术对鲜榨苹果汁贮藏品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(21): 196-199.
HU Pan-pan, LI Jun, WANG Li, et al. Effects of different sterilization techniques on the storage quality of fresh apple juice[J]. Jiangsu Agricultural Science, 2017, 45(21): 196-199.

[17] 毕双同. 果蔬加工过程中的褐变及护色措施[J]. 农业与技术, 2018, 38(23): 22-23.
BI Shuang-tong. Browning and color protection measures and vegetable processing [J]. Agriculture & Technology, 2018, 38(23): 22-23.

[18] 张静, 李阿敏, 张碧莹, 等. 贮藏条件对低盐方便榨菜品质及贮藏特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(3): 239-246.
ZHANG Jing, LI A-min, ZHANG Bi-ying, et al. Effects of storage conditions on the quality and storage characteristics of low salt instant mustard [J]. Food & Fermentation Industry, 2017, 43(3): 239-246.

[19] 曹秋阁. 发酵酸菜贮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: 14-16.
CAO Qiu-ge. Study on quality change and color protection of fermented sauerkraut during preservation[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2014: 14-16.

(下转第 240 页)