低盐条件下 CO_2 置换对汉逊德巴利酵母生长及渍菜品质的影响

刘大群，陈文烜，华颖

（浙江省农业科学院食品科学研究所，浙江省果蔬保鲜与加工技术研究重点实验室，浙江杭州 310021）

摘要： 传统的渍菜盐渍是采用高盐保存的方式，其存在污染环境、高耗能以及营养流失等缺陷，在盐渍发酵中容易产生菌醭。本试验旨在研究低盐条件下 CO_2 置换对汉逊德巴利酵母生长及渍菜品质的影响。试验以 7%的低盐量为基准，在置换 CO_2 的条件下，研究了压力、CO_2 浓度、含盐量等对汉逊德巴利酵母生长生长的影响。结果表明，高浓度 CO_2 及其所形成的高压和高盐都影响了汉逊德巴利酵母生长的生长，延迟了汉逊德巴利酵母生长的对数生长期。渍菜在保存 6 个月期间微生物菌落总数、酸度、亚硝酸盐均明显下降，渍菜的硬度值和菜体的色泽却得到保持，腌渍液清彻透明。这表明，低盐条件下，CO_2 置换对渍菜坯料的安全保存有积极促进作用，能够有效的控制杂菌的生长，为改善我国传统腌渍蔬菜的工艺提供了新的一条思路。

关键词： 低盐；CO_2；渍菜；品质

文章篇号： 1673-9078(2015)12-307-312 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.12.046

Effect of Carbon Dioxide Gas Replacement at Low Salinity on *Debaryomyces hansenii* Growth and Pickled Vegetable Quality

LIU Da-qun, CHEN Wen-xuan, HUA Ying

(Institute of Food Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Fruits and Vegetables Postharvest and Processing Technology Research of Zhejiang Province, Hangzhou 310021, China)

Abstract: High-salinity preservation is used in the salting process of traditional pickled vegetables; however, several issues exist, including environmental pollution, high energy consumption, nutrient loss, and the easy formation of pellicles. The effects of carbon dioxide (CO_2) replacement at low salinity on the growth of *Debaryomyces hansenii* and the quality of pickled vegetables were determined in this study. Under CO_2 replacement and low salinity (7%) conditions, the influence of pressure, CO_2 concentration, and salt content on the growth of *D. hansenii* was studied. The results showed that high-pressure and high salinity affected *D. hansenii* growth, delaying its logarithmic growth phase. Over a six-month preservation period of pickled vegetables, the total number of colonies, acidity, and nitrite content significantly decreased, while the hardness and color of the pickled vegetables were maintained, and the pickling solution remained transparent. These results show that, at low salinity, CO_2 replacement has a positive role in promoting the safe preservation of pickled vegetables, effectively controls the growth of bacteria, and provides a new way to improve the salting process of traditional pickled vegetables in China.

Key words: low-salinity; carbon dioxide; pickled vegetables; quality

盐渍菜是我国蔬菜加工的一个重要方式，其是以食盐的渗透作用、微生物的发酵作用、蛋白质的分解作用以及菜体一系列复杂的生物化学等混合作用完成盐渍过程。我国传统意义上的盐渍蔬菜通常是依靠食盐的高渗透压和高盐度等传统的盐渍方法进行腌渍，其含盐量高达 13%~15%以上[1]。高盐使得产品得以较长时间的保存，但高盐盐渍也带来负面影响，主要体现在：一是高盐等加工过程中会排放大量的高度盐渍卤水（盐度通常在 10%左右，有机物浓度 COD 高达 40000 mg/L[2]），这些卤水会对环境造成极大的污染，排放后造成水体黑臭、土壤板结及盐碱化，影响生态环境与农业耕作；二是长期食用高盐食品将严重威胁人类健康；三是高盐在加工过程中增加脱水等工艺，容易增加成本、渍菜营养成分流失等。另外，传统盐渍菜盐渍工艺在发酵中容易产生菌醭，这是因为在传统盐渍菜盐渍发酵过程中，汉逊酵母、毕赤氏酵母、假丝酵母等发酵力低的产膜酵母（俗称膜醭酵母）于有氧的条件下容易生长繁殖而形成[3]。传统腌渍多采

收稿日期：2015-03-16

基金项目：浙江省自然科学基金资助项目（LY13C200016）

作者简介：刘大群（1979-），男，助理研究员，主要研究方向：蔬菜精深加工与综合利用。

用开口发酵，容易受空气中杂菌侵入，如果容器没有严格密封，或存放在未装满的密闭容器内，便有空气进入发酵液，使得发酵液中溶氧量增加，产膜酵母便在发酵液表面迅速生长繁殖形成菌醭。大量的菌醭生成除了会赋予发酵产品“菌醭”味[4]，还影响盐渍时期的美观，令人生厌，影响食欲，造成发酵液浑浊。更为重要的是当盐渍菜在暴露于空气中盐渍时，产膜酵母的大量繁殖不仅会分解盐渍菜组织内的有机物质，还会分解盐渍菜盐渍过程中生成的乳酸和其他酯类等营养物质，以致使盐渍菜渍制品酸度下降和腐败变质，影响盐渍菜制品的品质和风味，直接影响产品质量和经济效益。

本研究拟改变传统渍菜盐渍坯料长久不变的高盐保存模式，在较低的用盐量（7%）基础上，采用隔绝空气置换 CO_2 的方式，研究其对汉逊德巴利酵母生长的影响及对渍菜制品品质的影响，为高浓度 CO_2 条件下盐渍菜坯料长效保存与发酵提供理论依据和指导，为改善我国传统盐渍蔬菜的工艺提供新的思路和方法，对我国渍菜产业的控污减排、清洁加工以及可持续发展具有积极的意义。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

渍菜原料：雪里蕻（*Brassica juncea var. multiceps*），义乌市赤岸镇午干山村收购；食盐：食用级；CO_2：纯度 99.995%，杭州今工特种气体有限公司；汉逊德巴利酵母（*Debaryomyces hansenii*）：购于 CGMCC（中国普通微生物菌种保藏管理中心，编号：2.165）；试剂：亚铁氰化钾溶液，乙酸锌溶液，饱和硼砂溶液，对氨基苯磺酸溶液，盐酸萘乙二胺溶液，亚硝酸钠标准溶液等（现用现配）。

主要仪器有：LS-B125L 立式压力蒸汽灭菌器，上海三申医疗器械有限公司；SW-CJ-IF 型无菌超净工作台，苏州净化设备有限公司；紫外可见分光光度计：UV-1800，上海岛津国际贸易有限公司；电子天平：TP-114，北京赛多利斯仪器有限公司；数显电热培养箱：HPX-9162-MBE，上海博讯实业有限公司；菌落计数仪：V2，杭州讯数科技有限公司；O_2、CO_2 测定仪：上海双旭电子有限公司；TA-XT2i 物性测试仪：英国 Stable Micro System 公司；CR-400 手持式色差仪：日本柯尼卡美能达公司。

1.2 试验方法

1.2.1 菌种培养

将冻干管内的汉逊德巴利酵母菌体溶解，转入盛有 5 mL 液体培养基（12Brix 的麦芽汁）的试管中，37 ℃恒温培养 2 d。再将菌体接种于斜面培养基（12 Brix 的麦芽汁液体培养基中加入 2%的琼脂）充分培养，然后置 4 ℃冰箱中保存。

1.2.2 pH 对汉逊德巴利酵母生长的影响

将活化好的汉逊德巴利酵母按 5%接种量接于装有 200 mL 麦芽汁液体培养基中，将培养基的 pH 分别调为 4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、9.0，置于 28 ℃培养箱培养 48 h 后于 620 nm 下测定菌密度。

1.2.3 CO_2 置换处理

将活化好的菌株接入液体培养基试管中，用塞子塞紧，置于密闭容器中，抽去容器中的空气，缓慢的充入 CO_2，于 37 ℃恒温培养 36 h。如下图所示。

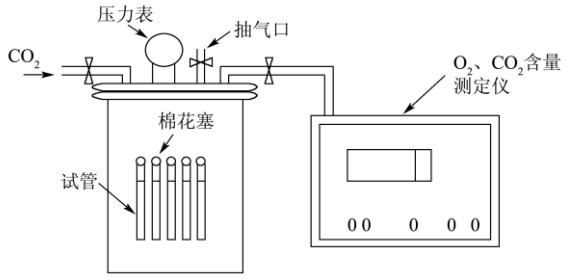


图 1 CO_2 置换示意图

Fig.1 Schematic for carbon dioxide replacement

1.2.4 CO_2 压力与膜醭酵母生长的关系

按照 1.2.2 的方法，压力分别维持在 0.1 MPa、0.3 MPa、0.5 MPa、0.8 MPa、1 MPa 下培养 36 h，每隔 6 h 在 620 nm 下测定菌密度.。

1.2.5 CO_2 浓度与膜醭酵母生长的关系

按照 1.2.2 的方法，通过 O_2、CO_2 测定仪，CO_2 组分含量分别控制在 0%、5%、10%、20%、40%、60%下培养 5 d，每隔 1 d 于 620 nm 下测定菌密度。

1.2.6 盐度与膜醭酵母生长的关系

按照 1.2.2 的方法，在麦芽汁培养基中添加 6%、8%、10%、12%的盐，培养 5 d，每隔 1 d 于 620 nm 下测定菌密度。

1.2.7 渍菜的盐渍

以雪里蕻作为原料，采用传统盐渍方法，即一层菜体一层盐，用盐总量为 7%，最上层用重石压实，高阻隔薄膜 EVOH 封口，抽去里面空气，再充入 CO_2，盐渍 6 个月，每个月取一次样品进行相关测定。同时做对照处理，同样采用一层菜体一层盐的盐渍法，用盐总量为 7%，压实雪里蕻，最上层用重石压实，敞开于空气中，发酵盐渍 6 个月。

1.2.8 亚硝酸盐、菌落总数、乳酸菌、霉菌以及酵母的测定

参照 GB/T 5009.33-2010、GB/T 4789.2-2010、GB/T 4789.35-2010、GB/T 4789.15-2010 方法测定。

1.2.9 酸度的测定

取发酵液 1 mL，经加蒸馏水 9 mL 稀释后以酸度计滴定法直接测定。

1.2.10 色泽的测定

本试验采用色差计 CR-400 型进行色泽测定，L、a、b 表色系进行评价。其中：L 称为明度指数，a、b 代表一个直角坐标的两个方向。每种处理方式取样 3 次，每样旋转 3 次不同角度分别读数，取 9 次读数的平均值。

1.2.11 脆度的测定

采用质构仪测定。设定下压过程中测量力的模式，其中测试前速度为 2 mm/s，测试速度为 1 mm/s，测试后速度为 2 mm/s，测试距离为 3 mm。每个样品选择厚度、大小较为一致的菜体部位进行测定。每个样品的测定重复数不少于 10 个。

1.2.12 数据分析

利用 SPSS 17.0 和 origin 8.0 软件进行数据统计分析及作图，数据均以均值±标准差(meana±SD)表示。

2 结果与分析

2.1 pH 对汉逊德巴利酵母生长的影响

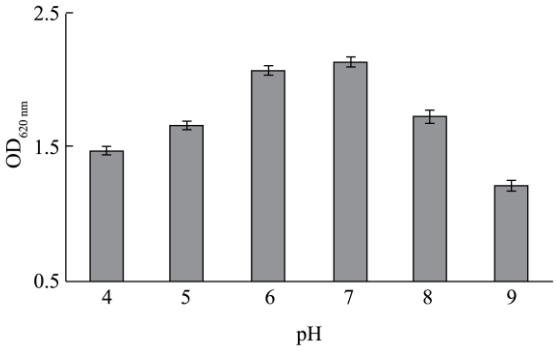


图 2 pH 对菌体生长的影响

Fig.2 Effect of pH on *Debaryomyces hansenii* growth

培养基的 pH 会影响菌体对营养物质的吸收和代谢产物的分泌，还会影响培养基中某些营养物质的分解，因此 pH 是影响微生物生长极为重要的环境因子[5]。由上图可以看出，汉逊德巴利酵母在 Ph 4~9 范围内均可良好的生长，当 pH 为 6~7 的时候其菌密度最高，pH 大于 7 后菌密度显著下降，且从图中可以看出，汉逊德巴利酵母在酸性的环境中也能良好的生长。渍菜盐渍时由于乳酸菌的作用产生乳酸，使整个盐渍环境呈酸性，而汉逊氏等产膜酵母在酸性环境中也能生长，于是随着空气中杂菌的侵入以及发酵液中溶氧量增加，产膜酵母便在发酵液表面迅速生长繁殖形成菌醭。菌醭开始形成时，只在沿桶壁处长成一圈环膜，然后在发酵液表面出现灰白色或淡黄色小点，进而聚集形成小块菌醭，慢慢的将液面全部覆盖，若稍作振动，膜即破裂，分成若干白色小片或颗粒下沉，使发酵液浑浊。而未经触动的菌醭逐渐长大，若干小块连在一起，由边缘向中心生长，最后形成一层厚实而有皱褶的菌膜[3]。

2.2 CO_2 压力与汉逊德巴利酵母生长的关系

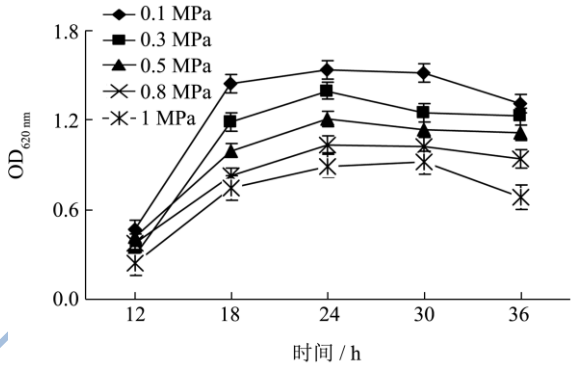


图 3 压力对菌体生长的影响

Fig.3 Effect of pressure on *Debaryomyces hansenii* growth

通过压力对汉逊德巴利酵母的生长影响的研究结果表明（如图 3 所示），加压条件会抑制汉逊德巴利酵母的生长，导致酵母菌生长迟缓。与常压（0.1 MPa）培养相比，加压培养使汉逊德巴利酵母对数生长期延迟出现，对数生长期的持续时间也有所缩短。常压培养时，汉逊德巴利酵母对数生长期出现在 18 h，且持续至培养时间的 30 h，在 18~30 h 期间，汉逊德巴利酵母对数生长期相对稳定。随着压力的增加，汉逊德巴利酵母的对数生长期延迟至 24~30 h 之间，且稳定期也缩短。在培养条件为 1 MPa 时，汉逊德巴利酵母的衰亡趋势明显。这可能是在压力的作用下，酵母细胞的代谢活动受到明显的抑制，细胞内物质代谢发生了转化，其生长繁殖所需物质的合成速度减缓，导致酵母的生长速度减缓[6]。

2.3 CO_2 浓度与汉逊德巴利酵母生长的关系

CO_2 浓度对汉逊德巴利酵母生长的影响如图 4 所示。从图中可以看出，随着 CO_2 浓度的增大，对汉逊德巴利酵母生长的抑制更加明显。当 CO_2 浓度为 5%、10%时，在培养的前 3 d，汉逊德巴利酵母的生长总量与对照差异较小。当 CO_2 浓度增加到 20%时，在培养的第 3 d 汉逊德巴利酵母总生长量显著低于对照，其 OD_{260nm}（0.48）与对照（OD_{260nm} 为 1.80）的差异开始增大，说明汉逊德巴利酵母生长开始放慢；CO_2 浓度

为 40%的时候，培养 5 d 后汉逊德巴利酵母的 OD_{260nm} 为 0.57，仅为对照（OD_{260nm} 为 1.85）的三分之一；CO_2 浓度为 60%的时候，几乎完全抑制了其生长。说明 CO_2 浓度对汉逊德巴利酵母的生长影响明显。

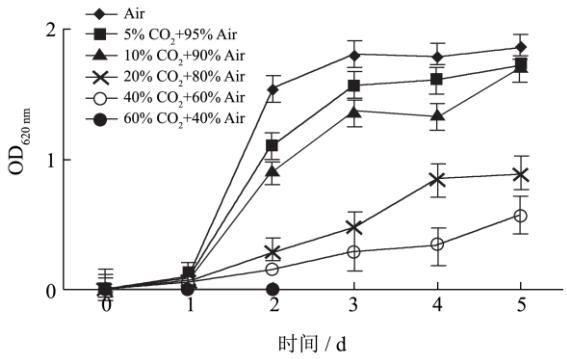


图 4 CO_2 浓度对菌体生长的影响

Fig.4 Effect of carbon dioxide on *Debaryomyces hansenii* growth

2.4 汉逊德巴利酵母生长与盐量的关系

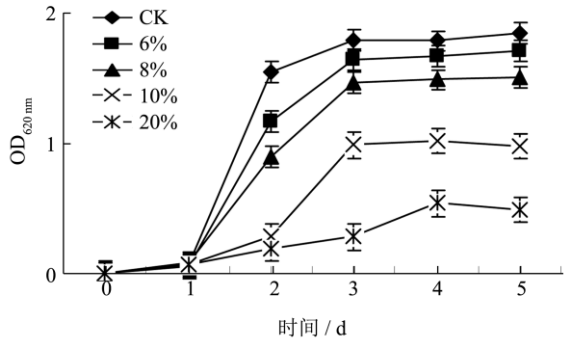


图 5 盐量对菌体生长的影响

Fig.5 Effect of salt on *Debaryomyces hansenii* growth

盐量会产生渗透压，1%食盐溶液就会产生 610kPa 渗透压。随着盐含量的增加，渗透压增大，微生物的生理代谢活动呈抑制状态，盐度越大，微生物生长越缓慢[7]。图 5 显示含盐量对汉逊德巴利酵母的生长的影响。如图 5、6 所示，含盐量对汉逊德巴利酵母的生长的影响与 CO_2 浓度对汉逊德巴利酵母生长的影响相似。随着盐量的增加，汉逊德巴利酵母的生长越缓慢。当盐量为 6%和 8%时，汉逊德巴利酵母的生长总量与对照差异较小；当盐量为 10%时，汉逊德巴利酵母的生长总量明显低于对照，培养 2 d 后 OD_{260nm} 为 0.28，仅为对照（OD_{260nm} 为 1.55）的五分之一；盐量达到 20%时，汉逊德巴利酵母的生长缓慢，培养 5 天后汉逊德巴利酵母的菌密度（OD_{260nm} 为 0.49）约为对照（OD_{260nm} 为 1.85）的四分之一。

2.5 CO_2 气体置换对渍菜低盐保存中菌落总数的影响

微生物在渍菜盐渍发酵过程中具有重要的作用，其利用蔬菜盐渍数日后细胞内释放的各种成分作为营养源，通过各种降解作用最终形成具有特殊风味、色泽的制品[8]。一般而言，霉菌、有害酵母等对盐渍有害的菌类都属于好氧型微生物，而乳酸菌通常为兼性厌氧。蔬菜的盐渍过程在某种程度上是乳酸发酵过程[9]。所以，在渍菜盐渍时，保持嫌气状态，造成缺氧环境，有利于乳酸发酵。

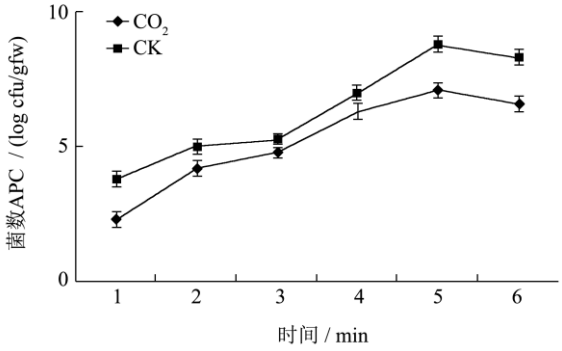


图 6 不同处理方式对菌落总数的影响

Fig.6 Effect of different treatments on total number of colonies

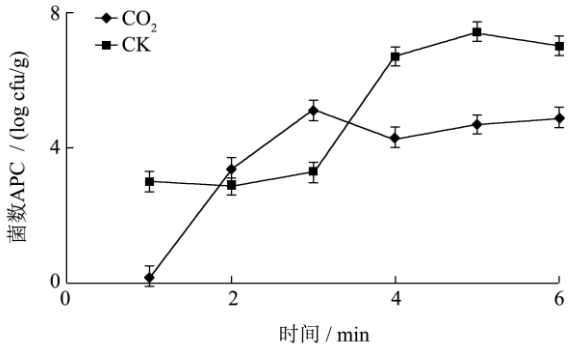


图 7 不同处理方式对乳酸菌菌数的影响

Fig.7 Effect of different treatments on the number of lactic acid bacteria

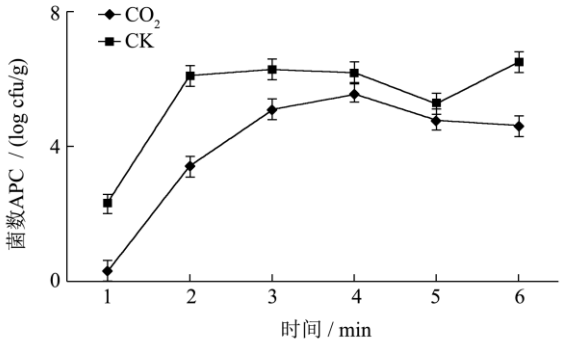


图 8 不同处理方式对霉菌和酵母的影响

Fig.8 Effect of different treatments on mold and yeast

由图 6、7、8 可知，采用抽去空气置换 CO_2 方式进行低盐坯料贮存能够收到明显的辅助抑菌效果。试验结果表明，在所检测的微生物数量中，置换 CO_2 方式菌落总数、霉菌和酵母菌数均低于对照，其中菌落总数低于对照组的 10^2 左右。置换 CO_2 方式霉菌与酵母在盐渍的前 3 个月，其菌数明显低于对照组。乳酸菌的菌数在总体上也是 CO_2 置换处理低于对照，但是盐渍保存的第 2、3 个月，乳酸菌菌数明显高于对照，这可能是由于对照是敞开于空气中盐渍发酵，好氧杂菌可以大量的繁殖，乳酸菌不能成为优势菌群而被抑制。CO_2 置换方式盐渍，由于盐渍容器处于无氧状态，好氧杂菌生长缓慢或者不能生长，在此条件下乳酸菌和酵母在盐渍时进行快速发酵，在发酵前期会抑制大部分微生物，乳酸菌可以在短期里成为优势菌[10]。值得提出的一点是，CO_2 置换盐渍方式盐渍坯料表面及液体上自始至终都没有明显的微生物生长，没有“菌醭”的形成，腌渍液清彻透明，菜体没有出现腐烂现象。

2.6 低盐条件下 CO_2 置换对渍菜亚硝酸盐及酸度的影响

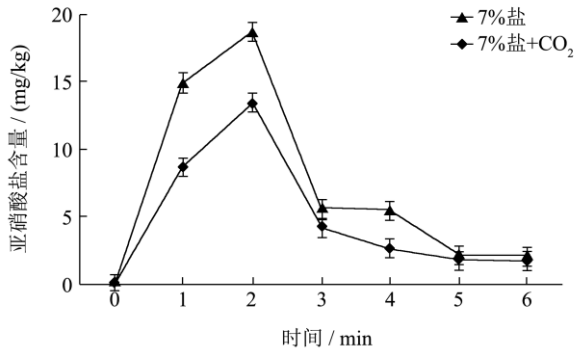


图 9 不同处理方式对亚硝酸盐的影响

Fig.9 Effect of different treatments on nitrite content

亚硝酸盐是蔬菜盐渍过程不可避免的产物，过量的亚硝酸盐会影响人们的身心健康。两种处理方式对亚硝酸盐的影响如图 9 所示。从图中可知，两种处理方式的亚硝酸盐均在盐渍的第 2 个月出现了最高值，即亚硝峰，之后亚硝酸盐明显下降，盐渍至第 6 个月，亚硝酸盐含量不超过 5 mg/kg。即使是采用 7%盐量盐渍，其亚硝酸盐的最高值也没超过 20 mg/kg，符合我国对酱腌菜里亚硝酸盐含量不超过 20 mg/kg 这一标准。从图中还可以看出，采用置换 CO_2 方式贮存低盐坯料，亚硝酸盐的含量与对照相比总体明显的降低，虽然在坯料贮存后期处理与对照间的差异最终相差无几，但在坯料贮存第 2 个月亚硝酸盐形成高峰期时，充入气体处理方式的峰值仍明显低于对照处理。这或许是因为置换了 CO_2 后，使得部分好氧杂菌被抑制，减少了亚硝酸盐的生成。

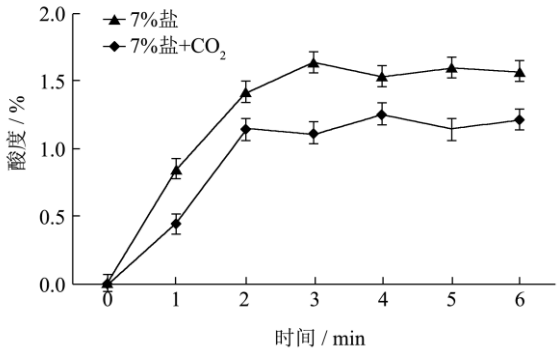


图 10 不同处理下坯料酸度变化情况

Fig.10 Effect of different treatments on acidity

渍菜盐渍过程是以乳酸发酵为主，盐渍液的酸度主要由乳酸导致。而酸度是判断渍菜发酵是否达到终点的一个重要指标[9]。在影响发酵进程的同时，酸度过低或过高也会影响渍菜的风味和品质。从图 10 可以看出，渍菜盐渍 1 个月后，酸度开始大幅上升，3 个月后开始趋于平稳，之后变化较小。7%盐量处理盐渍 3 个月后其酸度在 1.59±0.04，而 CO_2 置换酸度为 1.12±0.05，说明在置换 CO_2 条件下渍菜酸度得到了有效的控制。CO_2 置换能够在相当程度上减少乳酸的生成，这可能与抽去空气后盐渍容器很快处于无氧状态，好氧菌不能生长，从而减少了酸量的产生。

2.7 低盐条件下 CO_2 置换对渍菜品质的影响

色、香、味以及质地脆嫩是盐渍菜质量标准的一个重要指标，它是盐渍菜食用时的重要感官指标和齿感反应。高盐盐渍由于在盐渍时高盐产生高渗透压作用抑制了微生物的生长，可以保持渍菜的色泽与质地[9]。低盐条件下 CO_2 置换对渍菜品质的影响见表 1。

从表 1 可以看出，在 CO_2 置换条件下盐渍渍菜坯料的色泽、脆度和对照组相比，明显得到较为有效的提升。从感官性状来看，对照组菜体颜色偏暗，有香味但不浓郁，上层菜体坯料出现腐烂、发黑，表面有明显的霉花浮膜。而通过 CO_2 置换，菜体呈现黄亮色，盐渍坯料表面及液体上自始至终没有明显的微生物生长，腌渍液清彻透明。从表 1 可知，CO_2 置换处理方式渍菜菜体 L 和 b 值都最大，而明度指数 L 值越大颜色越亮、b 为正值时值越大颜色越接近纯黄色，说明其颜色最为鲜亮，对照组其值相对来说偏小，说明颜色偏暗。从硬度值来看，通过 CO_2 置换菜体的硬度很明显得到提升，其硬度值约为对照的 3 倍。

表 1 不同处理方式对渍菜品质的影响

Table 1 Effect of different treatments on the color of pickled vegetables

处理	感官性状	色差值	硬度值/(kg/mm^2)
对照	菜体颜色偏暗，有香味，但不浓郁，上层菜体坯料出现腐烂、发黑，表面有明显的霉花浮膜	L=10.93±0.43 a=0.87±0.61 b=5.16±0.12	3.40±0.32
CO_2 置换	菜体黄亮色，具有雪菜特有的清香味，鲜美脆嫩，盐渍坯料表面及液体上自始至终没有明显的微生物生长，腌渍液清彻透明	L=63.53±0.76 a=4.19±0.23 b=38.33±0.57	9.78±0.68

3 结论

3.1 在 7%低盐量和 CO_2 置换条件下，高浓度 CO_2 及其所形成的高压和高盐都影响了产膜酵母的生长，延迟了产膜酵母的对数生长期。

3.2 低盐（7%）条件下，置换 CO_2 对渍菜坯料的安全保存能起积极促进作用，能够有效的控制微生物的生长，渍菜在保存 6 个月期间酸度、亚硝酸盐均明显下降，渍菜的硬度值和菜体的色泽却得到较为有效的提升，腌渍液清彻透明。这表明，低盐条件下，置换 CO_2 对渍菜坯料的安全保存有积极促进作用，能够有效的控制杂菌的生长。

参考文献

[1] 张鹰,白卫东,刘晓艳,等.低盐腌菜保藏技术研究进展[J].现代食品科技,2013,29(4):921-924
ZHANG Ying, BAI Wei-dong, LIU Xiao-yan. Advances of the preservation technologies of low-salt pickled vegetables [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(4): 921-924

[2] 渠光华,张智,郑海领.电化学氧化法预处理超高盐榨菜腌制废水[J].环境科学研究,2012,25(7):785-791
QU Guang-hua, ZHANG Zhi, ZHENG Hai-ling. Electrochemical oxidation for hypersaline pickle wastewater pretreatment [J]. Research of Environmental Sciences, 2012, 25(7): 785-791

[3] 韩珍琼,刘金成,程道梅.泡菜悬浮膜的特性研究及防治措施初探[J].食品工业科技,2011,8(2):32-235
HAN Zhen-qiong, LIU Jin-cheng, CHENG Dao-mei. Study on properties and preventive measure of pickle suspended film [J]. Science and Technology of Food Industry, 2011, 8(2): 32-235

[4] 黄亚东.葡萄酒发酵过程中菌醭形成及防治方法的探讨[J].酿酒,1998,4(127):70-71
HUANG Ya-dong. Discussion and prevention method of pellicle formation in wine fermentation process [J]. Liquor Making, 1998, 4(127):70-71

[5] 董永胜,杨亲正,贾士儒.压力对啤酒酵母生长及某些发酵性能的影响[J].酿酒科技,2007,11(161):38-40
DONG Yong-sheng, YANG Qin-zheng, JIA Shi-ru. Effects of high pressure on the growth and the fermentation performance of beer yeast [J]. Liquor-making Science & Technology, 2007, 11(161): 38-40

[6] 杜晓蒙,陶如玉,圣志存.培养基组成对布拉氏酵母生长的影响及其优化[J].食品研究与开发,2014,35(5):105-108
DU Xiao-meng, TAO Ru-yu, SHENG Zhi-cun. Effects of medium components on growth of *saccharomyces boulardii* and medium optimization [J]. Food Research and Development, 2014, 35(5): 105-108

[7] Almagro A, Prista C, Castro S, et al. Effects of salts on *Debaryomyces hansenii* and *Saccharomyces cerevisiae* under stress conditions [J]. Int. J. Food Microbiol., 2000, 1; 56(2-3): 191-7

[8] 陈功.盐渍蔬菜生产实用技术[M].北京:中国轻工业出版社,2001
CHEN Gong. Technology of vegetable production practical saline [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2001

[9] 陈功.中国泡菜加工技术[M].北京:中国轻工业出版社,2011
CHEN Gong.The processing technology of Chinese pickled cabbage [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2011

[10] Gerald M Sapers, James R Gorny, Ahmed E Yousef. 陈卫,田丰伟译.果蔬微生物学[M].北京:中国轻工业出版社,2001
Gerald M. Sapers, James R.Gorny, Ahmed E. Yousef. Translated by Chen Wei, Tian Fengwei. Microbiology of fruits and vegetables [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2001