

文章编号:1000-8551(2020)11-2484-08

3种不同腌渍方式对腌渍黄瓜品质的影响

李 晓^{1,2} 王文亮¹ 王月明¹ 崔文甲^{1,*} 刘丽娜¹ 徐志祥²¹山东省农业科学院农产品研究所/山东省农产品精深加工技术重点实验室/农业农村部新食品资源加工重点实验室,山东 济南 250100;²山东农业大学食品科学与工程学院,山东 泰安 271018)

摘要:为改善低盐腌渍蔬菜品质下降的问题,本研究通过分析测定腌渍黄瓜的微观结构、质构性质、风味物质,研究低盐腌渍、复合腌制剂腌渍、高盐腌渍3种不同腌渍方式对腌渍黄瓜品质的影响。结果表明,高盐腌渍黄瓜和复合腌制剂腌渍黄瓜的质构及风味品质均优于低盐腌渍黄瓜。其中,高盐腌渍黄瓜的硬度略高于复合腌制剂腌渍黄瓜,氨基酸总量和有机酸总量差别不大;复合腌制剂腌渍黄瓜的硬度比低盐腌渍黄瓜高271 g;氨基酸、有机酸总量分别比低盐腌渍黄瓜样品高35.3和55.1 mg·100g⁻¹。复合腌制剂腌渍黄瓜的质构、风味和感官等品质接近传统高盐腌渍黄瓜,优于低盐腌渍黄瓜。本研究结果为有效解决低盐腌渍使得黄瓜品质下降提供了一定的数据支持。

关键词:低盐;黄瓜;品质;腌渍方式

DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2020.11.2484

腌渍蔬菜在我国具有悠久的历史,因其独特的风味和口感受到消费者的广泛喜爱^[1]。传统的腌渍蔬菜通过加入大量的食盐来抑制微生物的生长,从而提高腌渍菜的品质、延长腌渍菜的货架期。但摄入大量食盐会增加人体患心脑血管疾病的概率^[2-3]。随着营养与健康饮食越来越被重视,低盐饮食的优势也日趋明朗,高盐腌制品已逐渐向低盐腌制品发展^[4-7]。然而低盐腌渍菜的脆度、风味等品质会下降,导致腌渍蔬菜失去原有的风味和口感,进而制约低盐腌渍菜行业的发展^[8-10]。因此,如何保持低盐腌渍菜的质构和风味是目前亟待解决的问题。尹爽等^[11-12]采用3种不同的钙盐作为保脆剂分别对大头菜进行处理,结果表明,3种保脆剂均能在一定程度上有效保持大头菜腌制期间的质构品质;沈文凤等^[13-15]通过研究不同无机盐、有机酸和糖醇类物质对低盐腌渍黄瓜品质的影响,发现乳酸钙、醋酸以及甘露糖醇对维持黄瓜品质作用最为明显;李晓等^[16]将乳酸钙、醋酸和甘露糖醇复配成为一种复合腌制剂,并结合食盐对黄瓜进行了低盐腌渍,结果表明通过复合腌制剂腌渍的黄瓜在质构品质方面得到了改

善。但目前仍鲜有复合腌制剂对腌渍黄瓜质构、微观、风味和感官品质影响的研究。

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)富含多种营养成分^[17-18],是腌渍蔬菜常用的原料之一。本试验比较3种不同腌渍方式(低盐腌渍:7% NaCl;复合腌制剂腌渍:7% NaCl+复合腌制剂;高盐腌渍:20% NaCl)对腌渍黄瓜微观结构、质构特性、风味物质和感官品质的影响,以期提升低盐腌渍蔬菜品质,实现低盐腌渍蔬菜的工业化生产提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

新鲜黄瓜,市售(青绿色,较为成熟);食盐(食品级),山东肥城精制盐厂;乳酸钙(食品级),山东优索化工科技有限公司;醋酸(食品级),山东佰鸿新材料有限公司;甘露糖醇(食品级),青岛明月海藻集团有限公司;以0.06%乳酸钙+0.1%醋酸+1.5%甘露糖醇作为复合腌制剂。

甲醇、乙腈(色谱纯)、正己烷,美国 TEDIA 有限公

收稿日期:2019-06-10 接受日期:2019-09-11

基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0400405)

作者简介:李晓,男,主要从事农产品加工工程研究。E-mail:605781651@qq.com

* 通讯作者:崔文甲,男,助理研究员,主要从事果蔬加工研究。E-mail:clementpost@126.com

司;无水乙醇、磷酸,国药集团化学试剂有限公司;高氯酸、异硫氰酸苯酯、四丁基硫酸氢铵、三乙胺,济南阿拉丁试剂公司;盐酸,莱阳经济技术开发区精细化工厂;磺基水杨酸,北京 Solarbio 公司;无水醋酸钠,江阴市申龙化工有限公司;乙酸,上海麦克林试剂公司;电镜固定液,Servicebio 公司;磷酸缓冲液(phosphatic buffer solution, PB),武汉光谷生物城公司;钼酸,美国 Ted Pella Inc。

1.2 主要设备与仪器

TA.XT Plus 食品质构仪,英国 Stable micro systems 公司;LRHS-II 恒温恒湿培养箱,上海龙跃仪器设备有限公司;K850 临界点干燥仪,英国 Quorum 公司;MSP-2S 离子溅射仪,北京天美科学仪器有限公司;SU8010 扫描电子显微镜、L-8900 全自动氨基酸分析仪,日本 Hitachi 公司;1260 高效液相色谱仪,美国 Agilent 公司;CR-400 手持式色差计,日本 KONICA MINOLTA 公司;Scientz-150 高压均质机,宁波新芝生物科技股份有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 黄瓜样品的准备 将新鲜的黄瓜清洗,切成 5 cm×1 cm×1 cm 的带皮块状,用电热鼓风干燥箱在 40℃ 条件下烘干脱水 2 h,分别以低盐(7% 盐水)、高盐(20% 盐水)和复合腌制剂(低盐方式+复合腌制剂)3 种腌渍方式在 500 mL 锥形瓶中进行密封腌渍(其中黄瓜加入量与盐水加入量比例为 1:2(m:m);复合腌制剂组成为:0.06% 乳酸钙+0.1% 醋酸+1.5% 甘露糖醇)。腌渍条件:温度 15℃,湿度 30%。将经不同腌渍方式腌渍 28 d 后的黄瓜样品分别取样进行质构、氨基酸含量和有机酸含量等的测定。

1.3.2 腌渍黄瓜 NaCl 含量的测定 参照 GB/T 12457-2008^[19] 的直接滴定法测定。

1.3.3 腌渍黄瓜质构性质的测定 选取腌渍后完整块状带皮黄瓜条,进行质构(texture profile analysis, TPA)检测^[16],采用 P5 平底圆柱探头,触发力 5 N,测前速度 1 mm·s⁻¹,测中速度 0.5 mm·s⁻¹,测后速度 1 mm·s⁻¹,试样压缩形变 50%,2 次压缩停顿 3 s,对黄瓜条带皮一侧中心位置进行压缩。设 5 次平行试验,取平均值。

1.3.4 腌渍黄瓜微观结构的测定 参考郑炯等^[20]和梅明鑫等^[21]的方法。取腌渍后黄瓜的中部,于 1~3 min 内取样,组织块大小不超过 3 mm³,迅速投入电镜固定液于 4℃ 固定 2 h 后取样。固定好的样品经 0.1 mol·L⁻¹ PBS 漂洗后,用含 1% 钼酸的 0.1 mol·L⁻¹ PBS 固定 1~2 h,然后用 0.1 mol·L⁻¹ PBS(pH 值 7.4)

漂洗 3 次。样品组织依次用 30%、50%、70%、80%、90%、95%、100% 酒精逐级脱水,每次 15 min。之后将样品置于临界点干燥仪内干燥。将干燥样本紧贴于双面胶导电碳膜上置于离子溅射仪样品台上喷金 30 s 左右。于扫描电子显微镜下观察并拍照。

1.3.5 腌渍黄瓜氨基酸含量的测定 参考崔文甲等^[22]的方法,称取适量样品,加入 8 mL 0.01 mol·L⁻¹ 盐酸溶液,旋涡混匀 5 min,超声提取 5 min,之后定容至 10 mL。避光静置 2 h,取 5 mL 溶液于 4 000 r·min⁻¹ 离心 10 min。准确移取 1 mL 上清液,加入 1 mL 2%~4% 磺基水杨酸溶液,再加入 250 μL 1 mol·L⁻¹ 三乙胺乙腈溶液,混匀,然后加入 250 μL 0.1 mol·L⁻¹ 异硫氰酸苯酯乙腈溶液,混匀,室温静置 1 h,之后加入 2 mL 正己烷,剧烈振摇,放置 10 min,取下层溶液过 0.22 μm 的水相滤膜过滤,用于上机分析。流动相 A:乙酸钠缓冲液:乙腈(97:3, v:v),流动相 B:乙腈:水(4:1, v:v);色谱柱:Agilent C₁₈(4.6 mm×250 mm×5 μm);柱温 40℃;检测波长 254 nm。

1.3.6 腌渍黄瓜有机酸含量的测定 参考崔文甲等^[22]的方法,将样品匀浆均质,称取制样后的样品适量,加入 5 mL 0.01 mol·L⁻¹ 磷酸氢二钾溶液,超声 30 min,然后于 5 000 r·min⁻¹ 离心 5 min,取上清液过 0.45 μm 有机滤膜上机。色谱仪条件:Agilent 1260;色谱柱:Agilent C₁₈(4.6 mm×50 mm×5 μm);流动相:10 mmol·L⁻¹ KH₂PO₄(磷酸调 pH 值至 2.3):甲醇=98:2(v:v),用磷酸调 pH 值至 2.55;波长:210 nm;柱温:30℃;流速:0.5 mL·min⁻¹。

1.3.7 腌渍黄瓜核苷酸含量的测定 参考崔文甲等^[22]的方法,称取适量样品,加入 15 mL 5% 高氯酸溶液,匀浆后于 4℃、7 000 r·min⁻¹ 离心 10 min,取上清液;沉淀中加入 10 mL 5% 高氯酸溶液再次匀浆、离心,合并 2 次提取上清液,用 5 mol·L⁻¹ 氢氧化钾溶液调 pH 值至 6.75,超纯水定容至 50 mL,过 0.22 μm 滤膜,待测。色谱条件:Agilent 1260;色谱柱:Agilent C₁₈(4.6 mm×250 mm×5 μm);流动相:PB:甲醇=1 000:40(v:v);波长:254 nm;柱温:25℃;流速:1.0 mL·min⁻¹。

1.3.8 腌渍黄瓜色差的测定 采用手持式色差计测定新鲜黄瓜、腌渍黄瓜的颜色,记录 L*、a*、b* 值^[23]。

1.3.9 腌渍黄瓜的感官评定 邀请来自高等院校食品专业的在校学生及从事多年食品相关研究工作的研究人员并从中选出 8 人(4 男 4 女)组成感官评价小组,小组成员在正式开始评价前 4 d 每天进行 2 h 的培训。感官评价标准见表 1^[24]。

表 1 感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of orthogonal test

| 项目 Item | 评定标准 Evaluation criteria | 感官评分 Sensory score |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 形态及色泽 Shape and color | 形态完整,颜色新鲜、翠绿 | 20 |
| | 形态较完整,颜色绿中带黄 | 15~19 |
| | 形态不完整,颜色较黄,无光泽 | 10~14 |
| | 形态不完整,颜色发乌,黄变严重 | 0~9 |
| 滋味及气味 Taste and odor | 具有黄瓜清香,无不良气味 | 40 |
| | 黄瓜香气较淡,无不良气味 | 30~39 |
| | 黄瓜香味轻微,鲜味差 | 20~29 |
| | 有不良气味或刺激气味 | 0~19 |
| 质地 Texture | 质地脆嫩,口感好 | 40 |
| | 不够脆嫩,口感一般 | 30~39 |
| | 黄瓜偏软或者偏硬,口感较差 | 20~29 |
| | 黄瓜太硬或太软,口感差 | 0~19 |

1.4 数据处理

采用 SPSS Statistics 19 软件对数据进行方差分析,同时采用 Duncan 氏法进行显著性分析,采用 WPS 2013 制图。

2 结果与分析

2.1 不同腌渍方式黄瓜 NaCl 含量

由图 1 可知,低盐腌渍和复合腌渍剂腌渍开始时均添加 7% 的食盐,腌渍完成后,腌渍黄瓜中 NaCl 含量分别为 5.4% 和 5.2%,含盐量差距较小,而采用 20% 食盐进行高盐腌渍后,腌渍黄瓜中 NaCl 含量为 14.6%。表明,使用复合腌渍剂进行腌渍符合低盐腌渍的标准,其盐含量与低盐腌渍相差不大。

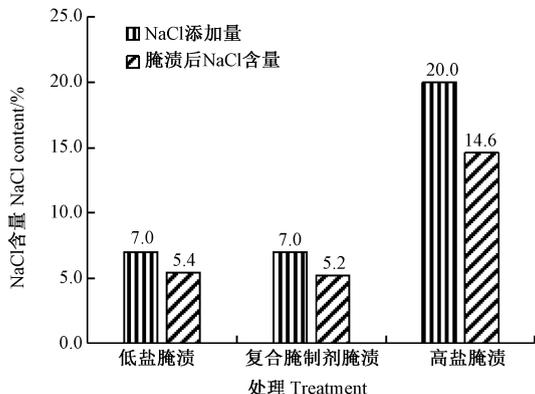
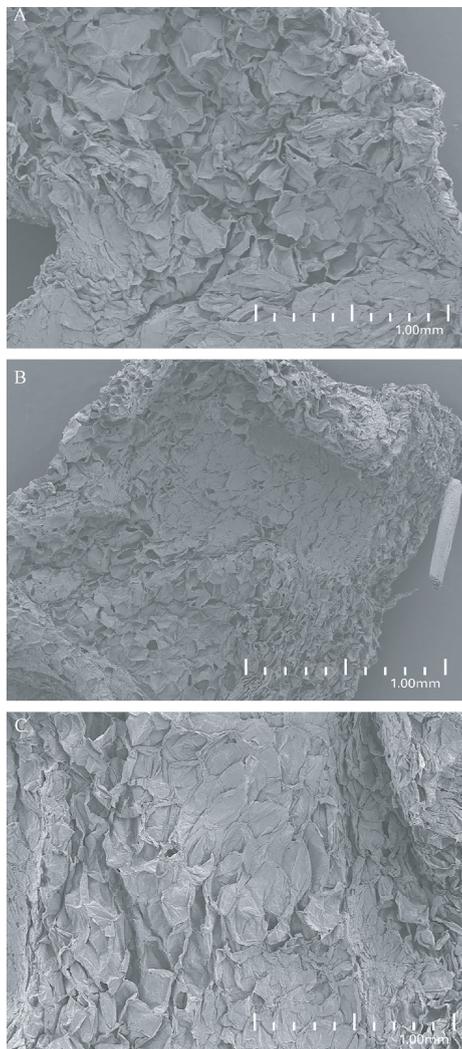


图 1 不同腌渍方式黄瓜样品中 NaCl 的含量

Fig.1 NaCl content in cucumber samples from different pickled way

2.2 不同腌渍方式对腌渍黄瓜微观结构的影响

由图 2-A 可知,黄瓜经低盐腌渍后出现了严重的大面积收缩、坍塌,组织结构不再完整;而经复合腌渍剂(图 2-B)和高盐(图 2-C)腌渍的黄瓜样品仅出现了部分破裂和皱缩,组织结构相对较完整。复合腌渍剂腌渍黄瓜较好地保持了腌渍黄瓜微观结构的完整性。这可能是复合腌渍剂中的 Ca^{2+} 与有机酸在维持黄瓜的硬度方面起到了积极作用^[25-26];从而使得复合腌渍剂腌渍黄瓜的微观结构遭受较小的破坏,接近高盐腌渍黄瓜。



注:A:低盐腌渍黄瓜样品;B:复合腌渍剂腌渍黄瓜样品;C:高盐腌渍黄瓜样品。

Note:A:Low salt pickled cucumber sample. B: Compound pickled pickled cucumber sample. C: High salt pickled cucumber sample.

图 2 不同腌渍方式黄瓜微观结构($\times 50$)Fig.2 Microstructure of cucumber in different pickling methods ($\times 50$ times)

2.3 不同腌渍方式对腌渍黄瓜质构特性的影响

黄瓜的硬度间接反映了其脆度。由图 3 可知,不同腌渍方式的黄瓜样品在 28 d 的腌渍过程中,硬度值均有明显的下降,尤其是前 7 d 下降速度最快,之后下降速度变缓,这是因为黄瓜与腌渍液中的离子浓度逐渐接近,王晓芬等^[23]和陈光静等^[27]的研究均证实了这一点。复合腌制剂腌渍黄瓜在腌渍第 7~第 28 天硬度下降缓慢,腌渍 28 d 后与高盐腌渍黄瓜硬度差别较小。说明复合腌制剂对低盐腌渍过程中黄瓜硬度的下降具有一定的减缓作用。

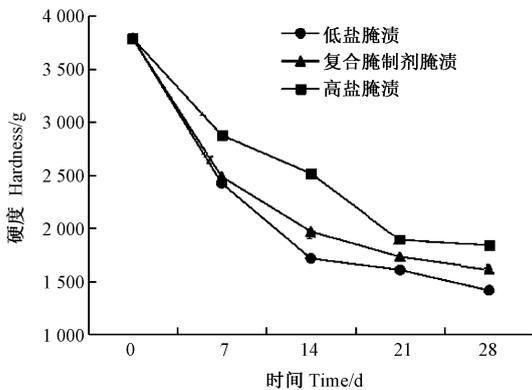


图 3 不同腌渍方式对黄瓜质构变化的影响

Fig.3 Effects of different pickle conditions on texture changes of cucumber

3 种腌渍方式中高盐腌渍能更好地维持黄瓜的硬度,硬度比低盐腌渍黄瓜高 335 g;复合腌制剂腌渍的黄瓜硬度比低盐腌渍的黄瓜高 271 g,与高盐腌渍的效果较接近,这可能是由于复合腌制剂中 Ca^{2+} 的加入对腌渍黄瓜硬度的保持起到了积极作用^[12-13,16]。因此,使用复合腌制剂腌渍可有效降低低盐腌渍对黄瓜硬度的消极影响。

2.4 不同腌渍方式对腌渍黄瓜呈味物质的影响

多数氨基酸具有其自身的呈味特性,大致可分为甜味、苦味、酸味和鲜味^[28]。游离氨基酸不仅是食品中重要的呈味物质,也可通过美拉德反应、Strecker 氨基酸降解反应等与其他呈味物质结合产生挥发性风味化合物^[29]。腌渍过程中氨基酸含量的变化可影响腌渍蔬菜的风味品质^[30]。由表 2 可知,复合腌制剂腌渍的黄瓜中游离氨基酸总量显著高于低盐腌渍黄瓜,这可能是由于 Ca^{2+} 与有机酸的添加抑制蛋白酶的活性,导致蛋白质未能彻底水解^[31]。有机酸是指一些具有酸性的有机化合物。最常见的有机酸是羧酸,其酸性源于羧基($-\text{COOH}$)^[32-33]。复合腌制剂中添加了醋酸与乳酸钙,从而导致复合腌制剂组的样品大多数甜味

氨基酸含量高于低盐腌渍组。

由表 3 可知,黄瓜样品中有机酸总含量从高到低依次为高盐腌渍>复合腌制剂腌渍>低盐腌渍>新鲜。有报道称苹果酸具有一定的辅色作用^[34-35];柠檬酸有细菌、护色、改进风味、促进蔗糖转化等作用,有温和而爽快的酸味^[36]。黄瓜经腌渍后,苹果酸和柠檬酸的含量增加,且高盐和复合腌制剂腌渍黄瓜的苹果酸和柠檬酸含量显著高于低盐腌渍黄瓜。

尿嘧啶核苷酸(uridine monophosphate, UMP)在生物体内是腺嘌呤核苷三磷酸(uracil nucleoside triphosphate, UTP)、胞苷三磷酸(cytidine monophosphate, CTP)合成的共同前体物质,由乳酸核苷-5'-磷酸经酶催化脱羧而成^[37]。由表 4 可知,在新鲜黄瓜中仅检测出了 UMP ($0.8 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$),而在腌渍黄瓜中未检出。

综上,复合腌制剂腌渍黄瓜中呈味物质的含量高于低盐腌渍黄瓜,氨基酸、有机酸总量分别比低盐腌渍黄瓜显著高 35.3 和 $55.1 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$,接近于高盐腌渍组。

2.5 不同方式腌渍黄瓜感官品质的影响

腌渍菜颜色的变化与腌制过程中微生物的作用和化学反应息息相关,如叶绿素等色素物质的变化、酚类和单宁物质氧化等酶促褐变、维生素 C 氧化和美拉德反应等非酶促褐变^[38-39]。由表 5 可知,新鲜黄瓜的 L^* 值显著高于腌渍黄瓜。这可能是由于复合腌制剂中 Ca^{2+} 的护色作用,使黄瓜较好的保持了原青绿色。由于在测定 a^* 时,选取的测定部位为果肉,而黄瓜在腌渍过程中颜色更偏向黄绿色,所以 a^* 为负值。3 种腌渍方式中, a^* 值的绝对值从高到低依次为高盐腌渍>复合腌制剂腌渍>低盐腌渍,说明高盐能够有效抑制黄瓜的黄变;低盐腌渍黄瓜的颜色绿中带黄,而复合腌渍剂中由于 Ca^{2+} 的添加,有效维持了黄瓜的青绿色,复合腌制剂腌渍的黄瓜在色泽上优于低盐腌渍黄瓜。

由表 6 可知,不同腌渍方式对黄瓜感官品质的影响较大。3 种腌渍方式黄瓜样品的感官评分均在 80~90 分之间,滋味风味较良好。低盐腌渍的黄瓜,由于加盐量过低,不利于色泽形成和香气的产生,颜色绿中带黄,黄瓜香气较淡,且品尝质地相对较差;高盐腌渍的黄瓜,因其含盐量高,导致口感偏咸,滋味评分较低,却更好地保持了黄瓜的质地,总体接受性较好;复合腌制剂腌渍的黄瓜由于腌制剂中 Ca^{2+} 、糖醇类、有机酸的共同作用,使黄瓜保持较好的翠绿色,且在一定程度上保持了黄瓜的质地,同时咸度适中,滋味及气味评分最高,总体接受性较好。

表 2 不同腌渍方式黄瓜氨基酸的含量

Table 2 Amino acid content of cucumber in different pickling methods

/(mg·100g⁻¹)

| 氨基酸 Amino acid | 呈味特征 Taste characteristics | 新鲜 Fresh | 低盐腌渍 Low salt pickling | 复合腌制剂腌渍 Pickling of compound pickling agent | 高盐腌渍 High salt pickling |
|-------------------|-------------------------------|--------------|---------------------------|---|----------------------------|
| 天冬氨酸 Asp | 鲜/酸(+) | 11.04±0.07a | 7.56±0.04c | 10.79±0.03b | 7.32±0.11d |
| 谷氨酸 Glu | 鲜/酸(+) | 1.72±0.02b | 0.74±0.01d | 1.59±0.04c | 1.89±0.01a |
| 胱氨酸 Cys | 苦/甜/硫(-) | 1.23±0.09b | 1.82±0.01a | 1.29±0.02b | 1.78±0.01a |
| 丝氨酸 Ser | 甜(+) | 13.75±0.28a | 4.37±0.01d | 7.08±0.04c | 7.68±0.03b |
| 甘氨酸 Gly | 甜(+) | 53.45±1.45a | 26.15±0.04d | 45.19±0.19c | 49.12±0.04b |
| 组氨酸 His | 苦(-) | 9.38±0.03a | 4.06±0.16d | 3.43±0.16c | 4.14±0.19b |
| 精氨酸 Arg | 甜/苦(+) | 38.75±0.14a | 12.81±0.46d | 18.54±0.1c | 21.36±0.13b |
| 苏氨酸 Thr | 甜(+) | 3.2±0.01a | 2.39±0.01c | 2.73±0.02b | 3.10±0.10a |
| 丙氨酸 Ala | 甜(+) | 13.97±0.10a | 6.45±0.01c | 7.57±0.05b | 8.64±0.07a |
| 脯氨酸 Pro | 甜/苦(+) | 0.99±0.05a | 0.58±0.01d | 0.62±0.01c | 0.66±0.01b |
| 酪氨酸 Tyr | 苦(-) | 1.87±0.02c | 1.99±0.01b | 1.91±0.03c | 2.30±0.03a |
| 缬氨酸 Val | 甜/苦(-) | 3.10±0.03a | 2.23±0.01d | 2.56±0.03c | 2.89±0.03b |
| 蛋氨酸 Met | 苦/甜/硫(-) | 1.24±0.06a | 1.25±0.04d | 1.38±0.01c | 1.43±0.02b |
| 异亮氨酸 Ile | 苦(-) | 3.55±0.06a | 2.89±0.01c | 3.26±0.06b | 3.57±0.03a |
| 亮氨酸 Leu | 苦(-) | 3.93±0.05a | 3.45±0.02c | 3.72±0.08b | 3.93±0.03a |
| 苯丙氨酸 Phe | 苦(-) | 2.68±0.02d | 3.02±0.03b | 2.91±0.01c | 3.15±0.01a |
| 赖氨酸 Lys | 甜/苦(-) | 2.70±0.06a | 1.76±0.01c | 2.26±0.07b | 2.22±0.08b |
| 总量 Total amount | | 166.55±1.57a | 83.53±0.47d | 118.83±0.35c | 125.17±0.09b |

注：“+”表示味道愉悦；“-”表示味道不好。同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: ‘+’ means that the taste is pleasant. ‘-’ means that the taste is not good. Different lowercase letters in the same line indicate significant difference at 0.05 level. The same as following.

表 3 不同腌渍方式黄瓜有机酸的含量

Table 3 Contents of organic acids in cucumbers with different pickling methods

/(mg·100g⁻¹)

| 有机酸 Organic acid | 新鲜 Fresh | 低盐腌渍 Low salt pickling | 复合腌制剂腌渍 Pickling of compound pickling agent | 高盐腌渍 High salt pickling |
|---------------------|-------------|---------------------------|---|----------------------------|
| 苹果酸 Malic acid | 11.62±0.94d | 106.23±0.73c | 146.41±0.4b | 161.5±3.38a |
| 柠檬酸 Citric acid | 4.24±0.10c | 12.32±1.68b | 27.28±0.28a | 26.98±0.19a |
| 富马酸 Fumaric acid | 0.37±0.01b | 0.40±0.03a | 0.36±0.01c | 0.25±0.01d |
| 总量 Total amount | 16.23±1.04d | 118.94±0.95c | 174.04±0.68b | 188.74±3.19a |

表 4 不同腌渍方式黄瓜核苷酸的含量

Table 4 Cucumber nucleotide content in different pickling methods

/(mg·100g⁻¹)

| 核苷酸 Nucleotide | 新鲜 Fresh | 低盐腌渍 Low salt pickling | 复合腌制剂腌渍 Pickling of compound pickling agent | 高盐腌渍 High salt pickling |
|-------------------|-------------|---------------------------|---|----------------------------|
| UMP | 0.8±0.01 | ND | ND | ND |

注:ND 表示未检出。

Note:ND means not detected.

表 5 不同腌渍方式黄瓜色差分析

Table 5 Analysis of color difference of cucumber in different pickling methods

| 指标 Index | 新鲜 Fresh | 低盐腌渍 Low salt pickling | 复合腌制剂腌渍 Pickling of compound pickling agent | 高盐腌渍 High salt pickling |
|---------------------|--------------|---------------------------|--|----------------------------|
| L^* 值 L^* value | 61.95±0.13a | 53.78±0.80b | 54.73±0.16b | 55.77±0.36b |
| a^* 值 a^* value | -13.11±0.14a | -9.23±0.03d | -9.57±0.13c | -11.33±0.03b |
| b^* 值 b^* value | 22.00±0.31a | 18.18±0.26c | 15.92±0.19d | 20.19±0.46b |

表 6 不同腌渍方式黄瓜感官评价

Table 6 Sensory evaluation of cucumbers with different pickling methods

| 项目 Items | 低盐腌渍 Low salt pickling | 复合腌制剂腌渍 Pickling of compound pickling agent | 高盐腌渍 High salt pickling |
|-----------------------|---------------------------|--|----------------------------|
| 形态及色泽 Shape and color | 16.02±1.22 | 17.22±0.97 | 17.89±0.78 |
| 滋味及气味 Taste and odour | 33.56±1.24 | 36.11±1.27 | 34.11±1.45 |
| 质地 Texture | 31.78±0.83 | 35.02±0.86 | 36.11±1.27 |
| 总分 Total score | 80.50±1.73 | 88.00±1.83 | 89.50±1.91 |

3 讨论

本研究通过分析腌渍黄瓜的微观结构、质构性质、风味物质、色差和感官评价等指标,发现以乳酸钙、醋酸和甘露糖醇作为复合腌制剂在低盐条件下腌渍黄瓜,其质构、风味、感官等品质接近传统高盐腌渍黄瓜,优于普通的低盐腌渍黄瓜。复合腌制剂对腌渍黄瓜品质的保持起到了关键作用。 Ca^{2+} 能够激活蔬菜中的果胶甲酯酶,使酶的活性显著提高,进而促使果胶转化为甲氧基果胶并与 Ca^{2+} 生成不溶性的果胶酸钙,这类盐凝聚在细胞间隙中,产生凝胶作用,减弱细胞失水的程度,提高腌渍菜的脆度^[10,40]。王新惠等^[41]在对竹笋香辣酱护色保脆工艺进行研究时发现,用 0.2%~0.3% 的氯化钙溶液浸泡 45 min 后,得到的产品脆度最好。在绿竹笋罐头加工过程的预煮液中添加 0.4% 的氯化钙,能够提高绿竹笋的脆嫩度^[42]。张长贵等^[43]在对休闲大头菜产品拌料过程中添加 0.09% 的氯化钙,发现其保脆效果较好。较多专家学者对腌渍菜硬度的提升多以氯化钙的研究为主,但也有研究发现,乳酸钙对腌渍菜品质也有积极的影响^[44]。研究发现腌渍菜中添加糖醇和醋酸,对提升其品质有着积极的作用^[14-15]。这是由于酸度能有效抑制微生物的生长^[14],腌渍菜在酸性环境中,其水分活度较稳定,微生物的活性受到抑制。沈文凤等^[14]在有机酸对低盐腌渍黄瓜品质影响进行初步探究时发现,4 种有机酸均能在一定程度上有效控制水分活度,达到抑制微生物

活性的效果,且醋酸效果最好。另外,研究发现腌渍菜中加入糖醇可以促使菜中的自由水与糖醇结合,以降低腌渍菜水分的流动性,进而降低了腌渍样品中水分活度^[45]。沈文凤等^[15]在不同糖醇对低盐腌渍黄瓜品质影响的初步研究中发现,在腌渍液中添加甘露糖醇,腌渍黄瓜的水分活度最低,腌渍液中含盐量最高,其感官品质最高。李晓等^[16,45]将钙盐、有机酸和糖醇组成复合腌制剂对低盐蔬菜进行腌渍研究,发现复合腌制剂可以改善低盐腌渍蔬菜品质。本研究对比了低盐腌渍、复合腌制剂腌渍和高盐腌渍 3 种腌渍方式对黄瓜腌制期间品质的影响,结果发现复合腌制剂的添加有效改善了低盐腌渍黄瓜腌制期间品质下降的问题,其中 Ca^{2+} 对维持低盐黄瓜质构品质起到了积极作用,但有关添加 Ca^{2+} 护脆保脆的相关机理有待进一步研究。

马人杰^[46]分析了 8 月份新鲜紫叶紫苏及其腌渍紫苏叶中挥发性成分的变化发现,紫苏经过腌渍后挥发性物质的含量和组成变化较大。本研究发现,经过腌渍后黄瓜的有机酸、氨基酸含量和组成有明显变化。在腌渍过程中,腌渍蔬菜的风味物质种类会发生变化,某些呈味氨基酸的含量会增多或减少,因此,建立快速、易操作、高灵敏度的腌渍蔬菜风味物质检测方法将成为今后研究的重要内容。

4 结论

本试验以腌渍黄瓜为研究对象,探究不同腌渍方式对腌渍黄瓜品质的影响。结果发现,低盐腌渍产品

硬度较低,微观结构完整性差,风味物质含量低,感官评分低;而复合腌制剂腌渍较好地保持了黄瓜微观结构的完整性,硬度、氨基酸总量和有机酸总量,感官品质。复合腌制剂的添加可弥补因含盐量过低造成的黄瓜硬度下降、营养成分减少、口感变差等一系列问题,本研究结果为改进低盐腌渍菜加工技术提供了一定的参考。

参考文献:

- [1] 邓旭红. 黄瓜品种资源酸渍适应性评价[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2006
- [2] 赵菲, 孙亚米, 毛培成, 孙志栋. 腌渍蔬菜低盐保存与绿色加工技术研究[J]. 食品工业, 2017(4): 256-259
- [3] 梅明鑫, 刘卫, 宋颖, 杨曼倩, 董全. 不同包装低盐腌制白萝卜贮藏货架期预测模型[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(4): 69-77
- [4] 郑海波, 徐幸莲, 周光宏. 肉制品低钠盐加工技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2015, 36(4): 370-375
- [5] 张恩广. 低盐渍莴笋超高压杀菌、保脆与亚硝峰抑制工艺研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016
- [6] 周美琪, 周其德, 田赛莺, 周曰飞, 赵金兰, 叶子弘, 崔海峰. 低盐腌制对缙云梅干菜加工品质的影响[J]. 核农学报, 2018, 32(8): 1562-1571
- [7] 刁丽婷. 低盐萝卜干加工及卫生评价[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2015
- [8] 王聘, 郜海燕, 毛金林, 周拥军, 沈国华. 低盐化在腌渍菜中的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(4): 38-42
- [9] 李晓, 王文亮, 王月明, 刘丽娜, 徐志祥, 崔文甲. 低盐酱腌菜保脆技术的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2018, 24(12): 23-27
- [10] 李晓, 王文亮, 王月明, 崔文甲, 刘丽娜, 徐志祥. 外源性果胶甲酯酶对低盐腌渍黄瓜质构性质的影响[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(6): 88-94
- [11] 尹爽, 王修俊, 刘佳慧, 田多, 王纪辉, 杨志波. 复合保脆剂对腌制大头菜脆度的影响研究[J]. 食品科技, 2016, 41(7): 266-270
- [12] 尹爽, 王修俊, 田多, 刘佳慧, 王纪辉. 保脆剂对腌制大头菜质构特性的影响研究[J]. 中国酿造, 2016, 35(6): 118-121
- [13] 沈文凤, 王文亮, 王月明, 崔文甲, 贾凤娟, 弓志青, 王延圣. 不同无机盐对低盐腌渍黄瓜品质的影响[J]. 山东农业科学, 2018, 50(4): 125-127
- [14] 沈文凤, 崔文甲, 王月明, 王文亮, 弓志青, 贾凤娟, 王延圣. 有机酸对低盐腌渍黄瓜品质影响的初步研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(16): 8-11
- [15] 沈文凤, 李晓, 王文亮, 王月明, 弓志青, 崔文甲. 糖醇对低盐腌渍黄瓜品质影响的初步研究[J]. 食品科技, 2019, 44(3): 57-61
- [16] 李晓, 王文亮, 王月明, 刘丽娜, 徐志祥, 崔文甲. 复合腌制剂对低盐腌渍黄瓜品质的影响[J]. 中国酿造, 2018, 37(8): 163-166
- [17] 薛红霞, 蒋举卫, 李晓丽, 宋晓飞, 郑金双, 闫立英, 孙成振. 黄瓜突变体库的构建及表型变异的初步研究[J]. 核农学报, 2019, 33(3): 432-439
- [18] Hu L P, Zhang F, Song S H, Tang X W, Xu H, Liu G M, Wang Y Q, He H J. Genome-wide identification, characterization, and expression analysis of the SWEET gene family in cucumber[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16(7): 1486-1501
- [19] 中国食品发酵工业研究院. GB/T 12457-2008 食品中氯化钠的测定方法的改进[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008
- [20] 郑炯, 宋家芯, 陈光静, 林茂, 阚建全. 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
- [21] 梅明鑫, 刘卫, 晏敏, 周宇, 董全. 萝卜低盐腌制过程中脆度变化原因探究[J]. 中国酿造, 2017, 36(12): 27-33
- [22] 崔文甲, 曹世宁, 王文亮, 弓志青, 王延圣, 贾凤娟. 超声波、微波及其协同作用对金针菇异味物质释放的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(10): 141-144
- [23] 王晓芬, 郜海燕, 吴伟杰, 徐非非, 王绍金, 陈杭君, 寇莉萍. LED蓝光对辣椒采后色泽及品质的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(1): 112-119
- [24] 崔文甲, 李晓, 王月明, 王文亮, 弓志青, 贾凤娟. 腌渍黄瓜脱盐工艺的研究[J]. 食品工业, 2018, 39(3): 76-80
- [25] Ando Y, Hagiwara S, Nabetani H. Thermal inactivation kinetics of pectin methylesterase and the impact of thermal treatment on the texture, electrical impedance characteristics and cell wall structure of Japanese radish (*Raphanus sativus* L.) [J]. Journal of Food Engineering, 2017, 199: 9-18
- [26] 黄琴. 有机酸对发酵蔬菜品质影响的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2009
- [27] 陈光静, 汪莉莎, 郑炯, 胡鹏, 宋莹莹, 张艺, 阚建全. 食盐质量浓度对大叶麻竹笋腌制过程中品质特性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 48-52
- [28] 张铭霞, 陈思羽, 李露, 王蓓. 食品中呈味肽类组分研究进展[J]. 中国食品学报, 2016, 16(2): 209-217
- [29] 赵景丽, 赵改名, 柳艳霞, 田玮, 张建威, 胡东华. 含硫氨基酸美拉德反应在金华火腿挥发性风味物质形成中的作用[J]. 食品科学, 2013, 34(19): 23-26
- [30] 毛怡俊, 吴祖芳. 浙东特色腌冬瓜氨基酸的形成规律及变化特征[J]. 核农学报, 2015, 29(10): 1931-1937
- [31] 张彩霞. 食盐腌制对肌肉蛋白质磷酸化的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016
- [32] 李玉珠, 龙谋, 汤艳燕, 蒋茜, 杜木英. 玫瑰茄浸提及其发酵酒工艺优化及发酵前后有机酸和酚酸的比较[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 66-75
- [33] 张群, 周文化, 黄绿红, 谭欢, 刘细霞. 葡萄果实衰老与线粒体内能量和酚类代谢的关系[J]. 中国食品学报, 2017, 17(2): 160-172
- [34] 梁亚男, 叶发银, 雷琳. 苹果汁褐变控制技术的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(3): 280-286
- [35] 赵玉红, 贾琳娜, 包怡红. 苹果酸对黑加仑果汁中花色苷稳定性的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32(9): 127-134, 153
- [36] 顾熟琴, 卢大新, 刘彤. 柠檬酸对南瓜面条的护色效果[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 567-570

- [37] 李国梁. 代谢工程改造大肠杆菌制备尿苷[D]. 天津: 天津科技大学, 2018
- [38] 胡云峰, 唐裕轩, 李宁宁, 胡晗艳, 朱彦华. 枸杞干制过程中褐变反应研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(22): 159-163
- [39] 郑杰琼, 李芬芳, 袁德保, 王必尊, 金志强, 丁武, 寇丽萍, 何应对. 初始 pH 值对果糖-赖氨酸模型美拉德产物抑制香蕉酶促褐变相关性质的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(21): 24-27
- [40] Zhang L F, Wang P, Chen F S, Lai S J, Yu H G, Yang H S. Effects of calcium and pectin methylesterase on quality attributes and pectin morphology of jujube fruit under vacuum impregnation during storage[J]. Food Chemistry, 2019, 289: 20-48
- [41] 王新惠, 刘达玉, 肖龙泉. 竹笋香辣酱护色保脆工艺的研究[J]. 食品科技, 2016(9): 117-119
- [42] 杨成龙. 低酸性绿竹笋罐头护色及保脆技术研究[J]. 福建轻纺, 2009(12): 41-43
- [43] 张长贵, 伍自力, 彭学红. 利用风脱水腌制大头菜加工休闲产品的工艺技术研究[J]. 中国调味品, 2017, 42(9): 76-79
- [44] 龚恕, 阙斐. 乳酸钙的纯化工艺及对腌菜品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(11): 2702-2706
- [45] 李晓, 王文亮, 王延圣, 王月明, 崔文甲, 刘丽娜, 徐志祥. 复合腌制剂对低盐腌渍生姜质地性质的影响[J]. 中国调味品, 2019, 44(6): 109-113
- [46] 马人杰. 新鲜和腌渍紫苏风味物质及功能性成分分析[D]. 天津: 天津科技大学, 2014

Effects of Three Different Pickling Methods on the Quality of Pickled Cucumber

LI Xiao^{1,2} WANG Wenliang¹ WANG Yueming¹ CUI Wenjia^{1,*} LIU Lina¹ XU Zhixiang²

(¹Institute of Agro-Food Science and Technology/Shandong Academy of Agricultural Science Key Laboratory of Agro-Products Processing Technology of Shandong Province/Key Laboratory of Novel Food Resources Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Jinan, Shandong 250100; ²College of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018)

Abstract: In order to improve the quality of low-salted pickled vegetables, this study analyzed the microstructure, texture, flavor and sensory evaluation of pickled cucumbers, and studied the effect of different treatments (low-salt pickles, low-salt pickles of composite pickles, and high-salt pickles) on the quality of pickled cucumbers. The results showed that the texture and flavor quality of high-salted pickled cucumber and composite low-salt pickled cucumber were better than low-salt pickled cucumber. Among them, the hardness of high-salted pickled cucumber was slightly higher than that of composite pickled cucumber, slight difference between total amino acid and total organic acid was observed; the hardness of composite pickled cucumber was 271 g higher than that of low-salted pickled cucumber; the total amount of amino acids and organic acids was 35.3 and 55.1 mg · 100 g⁻¹ higher than that of low-salted pickled cucumber samples, respectively. The texture, flavor and sensory quality of the composite pickled cucumber were similar to the traditional high-salt pickled cucumber, which were superior to the low-salt pickled cucumber. This study provides data support to effectively solve the problem of low salt pickling and the quality of cucumber.

Keywords: low salt, cucumber, quality, pickling method