

不同发酵方式对木瓜泡菜品质的影响

麦馨允¹,刁云春²,黄江奇³,韩钰兰¹

(1. 百色学院 农业与食品工程学院, 广西 百色 533000 2. 武汉轻工大学 食品科学与工程学院, 湖北 武汉 430048 3. 龙邦海关, 广西 靖西 533800)

摘要 以木瓜为原料,采用自然发酵法、乳酸菌发酵法(1%乳酸菌发酵、2%乳酸菌发酵)制作泡菜,分析不同发酵方式对木瓜泡菜 pH 值、可滴定酸、维生素 C、质构动态变化和感官的影响。结果表明 2%乳酸菌接种发酵使得木瓜泡菜的 pH 值降幅更快,维持较高的可滴定酸含量,维生素 C 损失较少,硬度、胶黏性、咀嚼性最好。与自然发酵相比,添加乳酸菌发酵明显能缩短发酵周期,对营养和质构的保持较好,而且木瓜的香气浓郁,口感酸爽,质地脆嫩,整体感官最佳。

关键词 乳酸菌发酵;木瓜泡菜;营养;质构;感官

Quality Analysis of Pickled Papaya in Different Fermentation Processes

MAI Xin-yun¹, DIAO Yun-chun², HUANG Jiang-qi³, HAN Yu-lan¹

(1. College of Agriculture and Food Engineering, Baise University, Baise 533000, Guangxi, China;
2. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430048, Hubei, China;
3. Longbang Customs, Jingxi 533800, Guangxi, China)

Abstract : Using papaya as raw material, the dynamic effects of traditional natural fermentation and lactic acid fermentation on pH value, total acid, Vitamin C, texture and sensory evaluation of pickled papaya were compared. The results showed that the papaya pickle inoculated 2% lactic acid for fermentation made the pH value decreased faster, maintained a higher titratable acid content, reduced the loss of Vc, and the hardness, gum stickiness and chewiness were the best. Compared with traditional natural fermentation, lactic acid fermentation could obviously shorten the fermentation time, maintain better nutrition and texture, and overall evaluation of those pickled papaya was the best with strong aroma, good taste, crisp texture.

Key words : lactic acid fermentation; pickled papaya; nutrition; texture; sensory

引文格式:

麦馨允,刁云春,黄江奇,等.不同发酵方式对木瓜泡菜品质的影响[J].食品研究与开发,2020,41(14):117-123

MAI Xinyun, DIAO Yunchun, HUANG Jiangqi, et al. Quality Analysis of Pickled Papaya in Different Fermentation Processes[J]. Food Research and Development, 2020, 41(14): 117-123

番木瓜(*Carica papaya* L.)又名木瓜、乳瓜、万寿瓜,是一种热带水果^[1],具有较高的营养价值和药用价值^[2]。木瓜为呼吸跃变型水果,采后仍然进行着旺盛的

呼吸作用,消耗自身营养成分,不利于番木瓜的贮运,然而我国木瓜大多数都是将其作为水果直接食用,导致其产品附加值低。因此很有必要对木瓜进行加工处理,提高其商品价值。目前研究的加工产品主要有木瓜干燥片^[3-4]、木瓜脆片^[5]、木瓜粉^[6]、果酱^[7]。主流研究主要集中在木瓜干燥上,但干燥会改变木瓜的物理状态,使木瓜片收缩、断裂、表面硬化,同时还引起化学变化(酶促反应、非酶反应)等,对木瓜的营养成分造成一定的影响^[8]。为了减少这些缺点,可对木瓜进行发酵处

基金项目:广西自然科学基金青年科学基金项目(2017JJB130027);广西高校科学技术研究项目(KY2015YB281);2018年度广西区级教学改革工程项目(2018JGB303)

作者简介:麦馨允(1987—),女(壮),实验师,研究生,研究方向:果蔬采后生理与加工。

理,然而对于木瓜的腌制鲜有研究。发酵被认为是保持甚至提高食品营养性、保质期、安全性和感官品质的加工方式,有研究表明,对海藻多糖进行酶解和发酵,得到的粗多糖水解产物,其总碳水化合物含量从22.68%增加到26.76%,硫酸根含量(岩藻多糖等硫酸酯基)从17.14%上升到25.36%^[9];采用植物乳杆菌对石榴汁进行发酵,其发展产物清除自由基活性增加到40%,酚类物质含量显著增加到60%^[10];对蓝藻发酵后,其抗氧化活性和总酚含量分别提高79%和320%^[11]。经过发酵之后的果蔬具有较独特的风味、口感和质地,能充分保留果蔬的营养成分。

果蔬的自然发酵是利用果蔬本身自带的菌株进行发酵,直投式乳酸菌发酵是指直接接种乳酸菌发酵。本文以木瓜为原料,采用自然发酵、乳酸菌发酵制作泡菜,分析不同发酵方式对木瓜泡菜品质特性的动态变化和感官指标的影响,通过比较不同发酵方式的特点和差异,为改进木瓜泡菜的生产发酵工艺,提高木瓜泡菜产品质量提供数据支撑,为果蔬保鲜提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

木瓜:广西南宁横县某果园;泡菜乳酸菌发酵粉:北京川秀科技有限公司;乙酸锌(AR)、硼酸钠(AR)、抗坏血酸(AR):国药集团药业股份有限公司;亚铁氰化钾(AR)、对氨基苯磺酸(AR)、盐酸萘乙二胺(AR):天津市致远化学试剂有限公司;草酸(AR):西陇化工股份有限公司;2,6-二氯靛酚(GR):上海金穗生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

LRH-250生化培养箱:上海一恒科学仪器有限公司;L6S紫外可见分光光度计:上海仪电分析仪器有限公司;TMS-PRO食物物性分析仪:美国FTC公司;SMY-2000系列测色色差计:北京盛名扬科技开发有限公司;pHS-3E pH计:上海佑科仪器公司。

1.3 方法

选取大小均匀、成熟度一致、无机械损伤、无病虫害的绿熟期木瓜,洗净去皮除瓢,将果肉切成均匀的块状,备用。配制盐水:称取0.5 kg煮沸过的水,加入3%(按水的质量计算)的粗盐并溶解,用8层纱布过滤待冷却至20℃后备用。

1.3.1 自然发酵

准确称取一定质量的块状木瓜于泡菜坛中,加入盐水直至没过木瓜,在盐水表面洒少许白酒消毒,盖上泡菜坛盖,并水封,然后置于20℃的生化恒温箱内发酵,按时更换泡菜坛盖水槽里的水。设3次重复。

1.3.2 乳酸菌发酵

设两个水平,操作与1.3.1大致相同,不同之处在于分别加入1%、2%(按木瓜的质量计算)的酵母菌发酵粉进行乳酸菌发酵。每个水平设3次重复。

1.4 指标测定

分别间隔一定天数从每个处理中随机取出一定质量木瓜进行分析。

1.4.1 pH值的测定

使用pH计测定木瓜pH值^[12]。

1.4.2 可滴定酸含量的测定

参照曹建康等测定木瓜泡菜中的可滴定酸^[13],折算系数以乳酸0.090计^[14]。

1.4.3 V_C含量的测定

参照GB 5009.86-2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》测定木瓜泡菜中的V_C含量^[15]。

1.4.4 质构的测定

采用质构仪对木瓜进行质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)质构测试,将样品切成10 mm×20 mm×4 mm的长方体,选用250 N力量感应元的量程,用75 mm圆盘探头测试,形变量为40%,测试速度为1 mm/s,起始力最小为0.15 N。设10次重复。

1.4.5 感官评价

由通过感官分析培训的食品专业人员10名组成感官评价小组,采用9点快感标度对不同处理木瓜泡菜的色泽、香味、滋味、体态(脆性)和整体评价进行评分,评分规则为:1分=非常不喜欢,2分=很不喜欢,3分=不喜欢,4分=稍不喜欢,5分=一般,6分=稍喜欢,7分=喜欢,8分=很喜欢,9分=非常喜欢^[16]。

2 结果与分析

2.1 木瓜在发酵过程中pH值的变化

pH值作为发酵过程当中一项主要的指标参数,不仅能直接有效地表现出发酵环境和泡菜的成熟状态,也影响微生物群落结构的变化,对微生物代谢产物含量甚至代谢途径的改变产生影响^[17-20]。而泡菜发酵的本质,就是蔬菜自身的微生物(或接入的发酵剂中的微生物)利用自身的有机物作为底物,经过代谢得到乳酸、乙酸、乙醇、CO₂等产物及一些芳香性成分的反应^[21]。木瓜在发酵过程中pH值的变化见图1。

由图1可知,自然发酵组和乳酸菌发酵组的pH值均呈下降趋势,2%乳酸菌发酵组的pH值下降最快,1%乳酸菌发酵组的pH值下降速度次之,自然发酵组的pH值下降最慢。不同发酵组之所以出现pH值的差异,刘崇万等研究认为直投发酵剂使得乳酸菌直接成为优势菌群,乳酸菌生长代谢较为旺盛,而在自

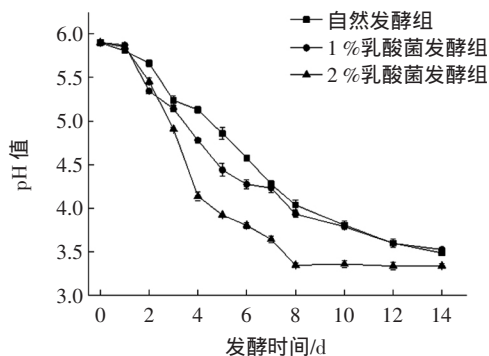


图1 木瓜在发酵过程中pH值的变化

Fig.1 Changes of pH in pickled papaya during different fermentation

然发酵中,杂菌种类繁多,致使发酵时与乳酸菌形成竞争,乳酸菌不能迅速繁殖并产生乳酸,造成其pH值下降较慢^[17]。因此,接种乳酸菌发酵能够快速让乳酸菌在发酵初期成为优势菌群,而不受其他杂菌影响,pH值也就下降速度较快,缩短发酵周期,且乳酸菌添加量越多,pH值下降就越快。到了发酵后期,自然发酵与乳酸菌发酵得pH值均下降至3.50范围,并趋于稳定,表示木瓜已发酵至成熟。2%乳酸菌发酵组在发酵至第8天时pH值就已经发酵成熟并趋于稳定,这是因为在发酵后期存在大量的总酸堆积,抑制了发酵过程中乳酸菌的繁殖,因此pH值变化趋于平缓^[22]。当pH值下降至3.5至3.8范围内^[17-18],且木瓜的色泽由青绿色变为淡黄色,伴有木瓜香味,则木瓜发酵成熟,此时木瓜泡菜的口感最佳。自然发酵组需12d发酵成熟,1%乳酸菌发酵组需10d,而2%乳酸菌发酵组则仅需6d。自然发酵组、1%乳酸菌发酵组和2%乳酸菌发酵组都发酵成熟时,木瓜的pH值均小于等于3.8,达到发酵成熟的条件。

2.2 木瓜在发酵过程中可滴定酸含量的变化

木瓜在发酵过程中可滴定酸含量的变化见图2。

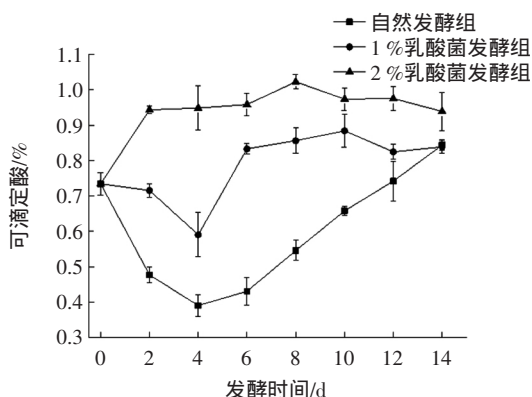


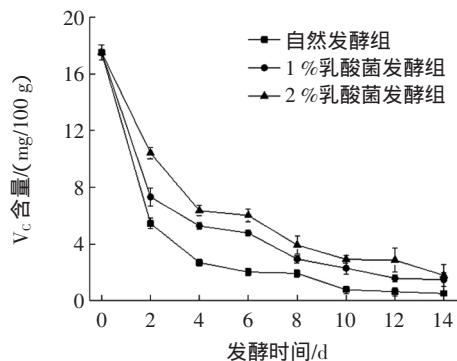
图2 木瓜在发酵过程中可滴定酸含量的变化

Fig.2 Changes of titratable acidity in pickled papaya during different fermentation

由图2可知,在发酵初期,自然发酵组与1%乳酸菌发酵组的可滴定酸含量都降低,而2%乳酸菌发酵组的可滴定酸含量有所上升。木瓜体内富含苹果酸、酒石酸、柠檬酸、齐墩果酸等有机酸^[23],当植物细胞在盐水的渗透作用下发生脱水,蔬菜内部的有机酸等可溶性物质随水分进入到发酵液中,因此自然发酵组木瓜组织中的可滴定酸降低^[21]。2%乳酸菌发酵组直投乳酸菌,乳酸菌利用原料中的营养成分,经发酵过程得到乳酸、醋酸等有机酸,提供了酸味^[24],发酵产酸、木瓜组织渗透原本含有的有机酸这两个过程不断互相传质,导致2%乳酸菌发酵组的可滴定酸含量逐渐升高。和自然发酵相比,1%乳酸菌发酵组有机酸下降速度比自然发酵慢,这可能是由于此时的乳酸菌已经开始繁殖并产生乳酸,只是由于乳酸菌添加量不足,繁殖和分泌乳酸的速率不及2%乳酸菌发酵组快。自然发酵组发酵成熟时木瓜的可滴定酸含量为0.74%,1%乳酸菌发酵组成熟时木瓜的可滴定酸含量为0.88%,2%乳酸菌发酵组成熟时木瓜的可滴定酸含量为0.96%。与自然发酵组相比,乳酸菌发酵组的产酸量较高,木瓜泡菜具有更醇正的香味和脆感。对比1%乳酸菌发酵组,2%乳酸菌发酵组的可滴定酸含量更高。

2.3 木瓜在发酵过程中V_C含量的变化

V_C是衡量果蔬营养的重要指标之一,其易溶于水,在空气中易被氧化,但在酸性条件下稳定,因此泡菜发酵过程中得到的酸对V_C具有保护作用^[22]。木瓜在发酵过程中V_C含量的变化见图3。

图3 木瓜在发酵过程中V_C含量的变化Fig.3 Changes of V_C in pickled papaya during different fermentation

由图3可知,发酵前期,3组的V_C含量下降都较快,这可能有几方面的原因:一是在发酵过程中,食盐溶液产生较大的渗透压时,果蔬内细胞开始质壁分离,造成V_C等易溶于水的成分流失;二是V_C在木瓜坛中被空气氧化,导致V_C含量大幅度降低;三是在贮藏过程中,V_C被用于木瓜自身呼吸代谢消耗的底物。到

了发酵中后期,3组木瓜泡菜的 V_C 含量下降速度都有所减缓,发酵液的厌氧环境及乳酸菌产酸形成的酸性环境有益于 V_C 的保存,减缓了氧化速度使得 V_C 的下降趋于缓和^[25]。且乳酸菌发酵的 V_C 含量高于自然发酵,其中2%乳酸菌发酵组的 V_C 含量更高,这是因为添加足够量的乳酸菌后,乳酸菌迅速成为优势菌群,产酸量增加, V_C 更易在酸性的环境中保存。发酵成熟时自然发酵组的 V_C 含量为0.64 mg/100 g,1%乳酸菌发酵组的 V_C 含量为2.30 mg/100 g,2%乳酸菌发酵组的 V_C 含量为6.02 mg/100 g。故接种乳酸菌发酵,可以防止 V_C 的损失。

2.4 不同发酵条件下木瓜泡菜质构的影响

2.4.1 木瓜在发酵过程中硬度的变化

硬度是使物体形变所需要的力,是评价果蔬质构品质的最重要指标之一,主要与果蔬组织中细胞壁结构中果胶种类和含量变化有关。原果胶是在植物和未成熟果实中发现的一种不溶性物质,常与纤维素进行结合,同时也被称为果胶纤维素,使果实看起来坚实而坚硬。木瓜在发酵过程中硬度的变化见图4。

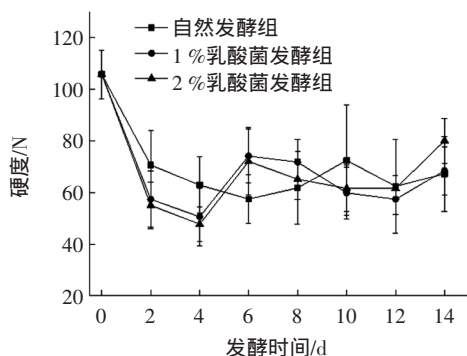


图4 木瓜在发酵过程中硬度的变化

Fig.4 Changes of Hardness in pickled papaya during different fermentation

由图4可以得知木瓜硬度随着发酵时间的增加均呈现出下降然后趋于稳定的趋势。在发酵初期,乳酸菌发酵组硬度下降的速度较快,这有可能是因为添加了乳酸菌,促使乳酸菌转变为发酵环境中的优势菌群,pH值下降比自然发酵组快,有机酸逐渐累积,木瓜中的果胶在酸的作用下,会导致原果胶和纤维素分离,生成果胶,其细胞之间的黏结作用也会被破坏,最后导致组织变得松弛^[26],果胶会继续被果胶酶逐渐水解成为果胶酸,果胶酸由于没有黏结能力,细胞之间黏结性就会降低,最终就会导致木瓜的硬度下降。1%和2%的乳酸菌添加量对硬度下降产生的影响不大。到发酵中后期,硬度的变化就趋于稳定状态,这可能是因为到发酵后期由于过酸的环境会抑制乳酸菌发

酵,果胶酶活力受到抑制。3组成熟时木瓜硬度分别为:自然发酵组为62.41 N、1%乳酸菌发酵组为59.90 N、2%乳酸菌发酵组为72.08 N。添加乳酸菌,可以加速发酵进程,缩短发酵时间,2%乳酸菌发酵组木瓜泡菜成熟时的硬度最大,口感最好。

2.4.2 木瓜在发酵过程中内聚性的变化

内聚性又叫凝聚性,是指形成一种食物形式所需要的内部约束力的大小,体现食物内部各组分结合力的大小,对事物形式的完整性有重要作用。果胶在果蔬组织中的细胞间黏附与细胞壁果胶的种类以及数量密切相关。细胞在分裂时会产生新细胞时从而形成细胞壁的胞间层,它是相邻两个细胞之间所共同拥有的一层薄膜。它主要是由果胶质组成。胞间层可以缓冲细胞间的相互挤压,还可以使两个相邻细胞黏在一起,对细胞的生长不会产生影。木瓜在发酵过程中内聚性的变化见图5。

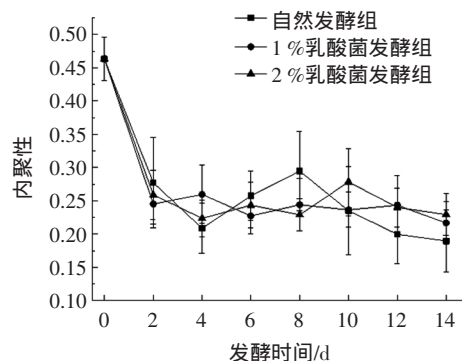


图5 木瓜在发酵过程中内聚性的变化

Fig.5 Changes of cohesiveness in pickled papaya during different fermentation

由图5可以得知,随着发酵时间的不断延长,木瓜内聚性不断下降。这一变化说明木瓜在发酵过程中,乳酸菌分泌相关的酶和代谢产酸以及盐溶液渗透作用对木瓜细胞结合力会造成一定的影响,木瓜内聚性下降,说明了细胞间结合力下降,而木瓜的组织也会变得疏松,木瓜口感也会因此而受到影响^[27]。发酵成熟时木瓜的内聚性自然发酵组为0.20、1%乳酸菌发酵组为0.24、2%乳酸菌发酵组为0.24,自然发酵组的内聚性下降最快,比初始木瓜内聚性下降了0.26个百分点。

2.4.3 木瓜在发酵过程中弹性的变化

弹性表示当食品受到外力作用,且当外力消除后能恢复到原来状态的能力^[28]。木瓜在发酵过程中弹性的变化见图6。

由图6可以得知,随着发酵时间的延长弹性逐渐会开始下降后趋于稳定状态。发酵初期时,下降的速度较快,可能是因为细胞与外界溶液有渗透的作用,

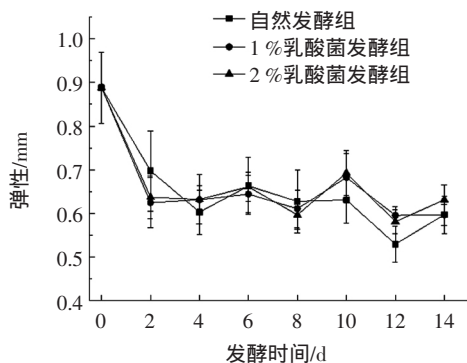


图6 木瓜在发酵过程中弹性的变化

Fig.6 Changes of Springness in pickled papaya during different fermentation

因此细胞中所含的水分就会流失,导致原生质层收缩,发生了质壁分离,此时如果当木瓜组织细胞进行发生形变后,其就会较难恢复其原状。发酵中后期,细胞由于食盐溶液中缺氧所以导致死亡,原生质膜就由半渗透性变成全渗透性,此时当木瓜组织细胞发生形变后,外界的溶液可直接进入到细胞内,细胞膨胀可以部分回复状态,因此发酵中后期弹性下降得没有初期明显。发酵成熟时木瓜的弹性自然发酵组为0.53、1%乳酸菌发酵组为0.68、2%乳酸菌发酵组为0.66,成熟时自然发酵组的弹性最低,比初始木瓜弹性下降了0.36个百分点。

2.4.4 木瓜在发酵过程中胶黏性的变化

胶黏性就是把半固态食物咀嚼成可以吞咽的东西所需要的能量,它与硬度和黏合力有关。木瓜在发酵过程中胶黏性的变化见图7。

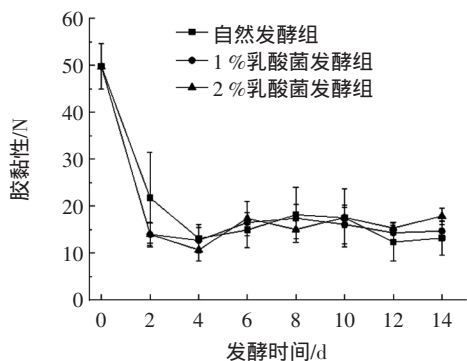


图7 木瓜在发酵过程中胶黏性的变化

Fig.7 Changes of gumminess in pickled papaya during different fermentation

由图7可以得知,胶黏性会随着发酵时间的延长而下降然后趋于较稳定状态。发酵初期,乳酸菌发酵组胶黏性下降较快,下降原因与硬度和内聚性类似,由于添加乳酸菌,乳酸菌转变为发酵环境中的优势菌群,pH值下降的速度要比自然发酵组的快,有机酸开

始逐渐累积,木瓜中的果胶在酸的作用下,会导致原果胶降解生成水溶性果胶,其细胞之间的黏结作用也会被破坏,水溶性果胶继续被果胶酸酶逐渐水解为果胶酸,果胶酸没有黏结能力,细胞之间黏结性降低,细胞壁结构遭到破坏,从而导致木瓜胶黏性下降。1%和2%的乳酸菌添加量对胶黏性下降速度的影响不大。发酵后期各组胶黏性相差不大,且成熟时3组木瓜泡菜胶黏性也相差不大。

2.4.5 木瓜在发酵过程中咀嚼性的变化

咀嚼性是将固体食物咀嚼成可拖延的状态所需要的能量,它在数值上等于硬度、凝聚性、弹性的乘积,可以综合反映牙齿在咀嚼食物时对外力的抵抗作用^[29]。木瓜在发酵过程中咀嚼性的变化见图8。

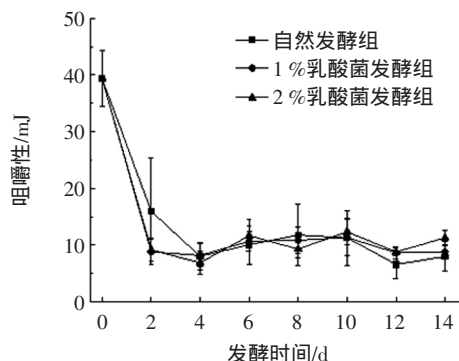


图8 木瓜在发酵过程中咀嚼性的变化

Fig.8 Changes of Chewiness in pickled papaya during different fermentation

由图8可知,在发酵前期,木瓜咀嚼性下降的速度较快,乳酸发酵组较自然发酵组下降的速度要快;1%和2%的乳酸菌添加量对咀嚼性下降的影响不大。在发酵中后期时,咀嚼性的变化趋于较稳定状态,不同组的咀嚼性差异不大,其原因与硬度和凝聚性以及弹性变化产生的原因是相似的。发酵成熟时木瓜的咀嚼性自然发酵组为6.60 mJ、1%乳酸菌发酵组为11.36 mJ、2%乳酸菌发酵组为11.69 mJ。

2.5 不同发酵条件下木瓜泡菜的感官评价

感官指标单因素方差分析表见表1。

表1 感官指标单因素方差分析表

Table 1 Analysis of variance for sensory indicators

感官指标	变异来源	离差平方和	自由度	均方	F值	P
色泽	组间	6.156	2	3.078	5.450	0.006
	组内	49.133	87	0.565		
	总数	55.289	89			
香气	组间	4.356	2	2.178	3.188	0.046
	组内	59.433	87	0.683		
	总数	63.789	89			

续表 1 感官指标单因素方差分析表
Continue table 1 Analysis of variance for sensory indicators

感官指标	变异来源	离差平方和	自由度	均方	F 值	P
香气	总数	63.789	89			
滋味	组间	21.622	2	10.811	11.242	0.000
	组内	83.667	87	0.962		
	总数	105.289	89			
脆性	组间	0.800	2	0.400	3.955	0.023
	组内	8.800	87	0.101		
	总数	9.600	89			
整体评价	组间	4.689	2	2.344	3.265	0.043
	组内	62.467	87	0.718		
	总数	67.156	89			

由表 1 可知,不同发酵方式的 3 组木瓜泡菜,在色泽、香气、滋味、脆性上的差异显著($P < 0.05$)。均方大小顺序为:滋味>色泽>香气>脆性,说明不同发酵方式对木瓜泡菜滋味的影响最大,对脆性的影响最小。

不同发酵条件下木瓜泡菜的感官评价结果见图 9。

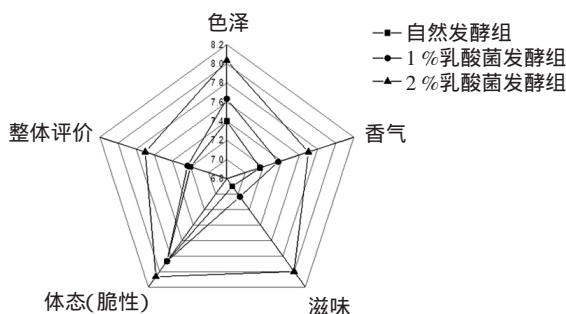


图 9 不同发酵条件下木瓜泡菜的感官评价结果

Fig.9 Sensory evaluation of pickled papaya during different fermentation

由图 9 可知,从色泽上来看,2%乳酸菌发酵组的木瓜泡菜表面上色泽均匀,呈金黄色或黄白色,其色泽评分与其他两组差异极显著($P < 0.01$)。对于香气而言,2%乳酸菌发酵组香气的评分较高,和其他两组差异显著($P < 0.05$),其香味纯正、扑鼻,有特有的木瓜香,无其他不良气味。从滋味和脆性来看,2%乳酸菌发酵组的木瓜泡菜酸咸适口,滋味鲜美,脆性好,质地脆嫩,咀嚼性好,无发软变质,干净无杂质。由图 9 可知,不同发酵方式泡菜的整体评价分别为:2%乳酸菌发酵组为 8.03,1%乳酸菌发酵组为 7.23,自然发酵组为 7.20。2%乳酸菌发酵组发酵周期短,香气浓郁,色泽较好,口感酸爽,质地脆嫩,是 3 个发酵组中综合感官品质最好的;自然发酵组发酵周期长,其色泽、滋味、香气感官品质较乳酸菌发酵组差。

3 结论

以木瓜为原料,采用自然发酵法、乳酸菌发酵法(1%乳酸菌发酵、2%乳酸菌发酵)制作泡菜,分析不同发酵方式对木瓜泡菜 pH 值、可滴定酸、 V_c 、质构动态变化和感官的影响。乳酸菌发酵组的 pH 下降速度比自然发酵快,维持较高的可滴定酸含量, V_c 损失较少,能够缩短木瓜泡菜的发酵周期,和其他两组相比,2%乳酸菌更能维持、甚至增加木瓜组织营养价值。对于木瓜质构而言,在发酵过程中,其硬度、内聚性、弹性、胶黏性、咀嚼性等质构指标均呈现下降趋势,然而添加乳酸菌发酵,可以加速发酵进程,由于缩短了发酵时间,因此发酵成熟时,2%乳酸菌发酵组的硬度、胶黏性、咀嚼性最好,1%乳酸菌发酵组和 2%乳酸菌发酵组的内聚性、弹性差异不大,但都比自然发酵组高。从感官分析而言,乳酸菌发酵组在香气和滋味方面上都比传统自然发酵组有所改善,木瓜的香气浓郁,口感酸爽,质地脆嫩,整体感官最佳。

参考文献:

- [1] 刘德兵,陶亮,曾晓鹏,等.无公害番木瓜标准化栽培关键技术[J].中国南方果树,2007,36(2): 30-31
- [2] CHAUDHARY V, KUMAR P. Post Harvest Technology of Papaya Fruits and Its Value Added Products—a Review[J]. Int. J. Pure App. Biosci, 2019, 7(2): 169-181
- [3] KUMAR V, SINGH J, SUNIL V C, et al. Study the Sensory Attributes of Osmo-dried Papaya Slices[J]. IJCS, 2019, 7(2): 2147-2149
- [4] MINH N P, NHI T T Y, LAM T D B, et al. Effect of Blanching and Drying on Quality of Dried Papaya Fruit[J]. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 2019, 11(3): 1082-1086
- [5] 朱由珍,吉薇,吉宏武,等.基于模糊数学评价法优化木瓜脆片真空油炸工艺[J].食品工业科技,2017,38(18): 183-188
- [6] 曾广琳,施瑞城,陈文学,等.不同干燥方法对番木瓜粉品质及抗氧化活性的影响[J].热带作物学报,2018, 39(3): 173-179
- [7] PINANDOYO D B, SIDDIQUI S, GARG M K. Physico-Chemical Analysis of Protein Fortified Papaya Jam[J]. JURNAL AI-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI, 2019, 5(1): 50-55
- [8] KUROZAWA L E, HUBINGER M D, PARK K J. Glass Transition Phenomenon on Shrinkage of Papaya During Convective Drying[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 108(1): 43-50
- [9] KAEWMANEE W, SUWANNAPORN P, HUANG T C, et al. In Vivo Prebiotic Properties of Ascophyllum Nodosum Polysaccharide Hydrolysates from Lactic Acid Fermentation[J]. Journal of Applied Phycology, 2019, 31(5): 3153-3162
- [10] PONTONIO E, MONTEMURRO M, PINTO D, et al. Lactic Acid Fermentation of Pomegranate Juice as a Tool to Improve Antioxidant Activity[J]. Frontiers in Microbiology, 2019, 10: 1550
- [11] NICCOLAI A, SHANNON E, ABU-GHANNAM N, et al. Lactic Acid

- Fermentation of *Arthrospira Platensis* (spirulina) Biomass for Probiotic-based Products[J]. *Journal of Applied Phycology*, 2019, 31(2): 1077-1083
- [12] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品 pH 的测定:GB 5009.237-2016[S].北京:中国标准出版社,2016: 1-4
- [13] 曹健康,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007: 28-30
- [14] 中国国家标准化管理委员会. 食品中总酸的测定:GB/T 12456-2008[S].北京:中国标准出版社,2008: 4
- [15] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定:GB 5009.86-2016[S].北京:中国标准出版社,2016: 7-8
- [16] WICHCHUKIT S, O'MAHONY M. The 9-point Hedonic Scale and Hedonic Ranking in Food Science: Some Reappraisals and Alternatives[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2015, 95(11): 2167-2178
- [17] 刘崇万,董英,肖香,等. *Lactobacillus plantarum*(L.p)直投发酵剂低温发酵菊芋泡菜[J]. *食品与发酵工业*,2013(4): 106-113
- [18] 李文斌,宋敏丽,唐中伟,等.自然发酵泡菜微生物群落变化的研究[J]. *中国食物与营养*,2008 (11): 22-24
- [19] TANG Jialing, WANG Xiaochang, HU Yisong, et al. Lactic Acid Fermentation from Food Waste with Indigenous Microbiota: Effects of pH, Temperature and High OLR[J]. *Waste management*, 2016, 52: 278-285
- [20] ZHANG Wenjuan, LI Xiang, ZHANG Ting, et al. High-rate Lactic Acid Production From Food Waste and Waste Activated Sludge via Interactive Control of pH Adjustment and Fermentation Temperature[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2017, 328: 197-206
- [21] 李啸. 我国传统泡菜自然发酵与单菌发酵微生物及代谢特性研究[D].南昌:南昌大学,2014: 6-7
- [22] 贾秋思,何芝菲,罗佩文,等.不同发酵方式下泡青菜的品质分析[J]. *食品与发酵工业*,2015,41(8): 111-116
- [23] 刘思,沈文涛,黎小瑛,等.番木瓜的营养保健价值与产品开发[J]. *广东农业科学*,2007(2): 68-70
- [24] 张菊华,单杨,李高阳.乳酸菌发酵蔬菜汁的研究进展[J]. *饮料工业*,2003(6): 27-31
- [25] 杨瑞,张伟,徐小会.泡菜发酵过程中主要化学成分变化规律的研究[J]. *食品工业科技*,2005(2): 95-98
- [26] 汪莉莎,陈光静,郑炯,等.大叶麻竹笋腌制过程中品质变化规律[J]. *食品与发酵工业*,2013,39(10): 73-77
- [27] 岳喜庆.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
- [28] 陈军,赵立,郑春华.前处理对 4℃贮藏条件下鲢鱼质构的影响[J]. *食品研究与开发*,2013(6): 108-110
- [29] 姜松,孟庆君,赵杰文.腌渍菊芋的质地分析与感官评价研究[J]. *食品科学*,2007,28(12): 78-81

收稿日期 2019-07-24

尚德守法 共治共享食品安全