

接种发酵对酸菜品质的影响

Influence of vaccinated lactobacillus on quality of pickled mustard

孟繁博¹ 张万萍² 吴康云³

MENG Fan-bo¹ ZHANG Wan-ping² WU Kang-yun³

(1. 贵州省现代农业发展研究所, 贵州 贵阳 550006; 2. 贵州大学农学院, 贵州 贵阳 550025;
3. 贵州省园艺研究所, 贵州 贵阳 550006)

(1. Gui Zhou Institute of Integrated Agricultural Development, Guiyang, Guizhou 550006, China;
2. School of Agriculture, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China;
3. Gui Zhou Province Horticulture Research Institute, Guiyang, Guizhou 550006, China)

摘要:以青菜为原料,选用鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌 3 种乳酸菌进行人工接种试验,设计了 7 个配方,发酵时间为 8 d,研究发酵菌种对酸菜总酸含量和亚硝酸盐含量的影响,确定最适合酸菜发酵的菌种,并研究接种发酵对酸菜的氨基酸含量和挥发性风味物质成分的影响。结果表明,当鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌的比例为 1:1:1 时,酸菜总酸含量升高最快,亚硝酸盐含量最低且无明显的亚硝峰出现,为最适合酸菜发酵的菌种。接种发酵酸菜的氨基酸种类和含量均高于自然发酵的酸菜,挥发性风味物质成分的种类和相对含量均低于自然发酵的酸菜。

关键词:酸菜;品质;接种;发酵

Abstract: The effect of vaccinated lactobacillus on content of total acids and nitrite in pickled mustard vaccinated *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *L. fermentum* and their combination was detected in this paper. The influence of fermentation by inoculating the optimal strain combination on content of amino acids and volatile flavor compounds was performed as well. The content of total acid and nitrite in pickled mustard vaccinated a strain combination (*L. rhamnosus* : *L. acidophilus* : *L. fermentum* = 1 : 1 : 1) showed the optimum results. It was found that the vaccinated fermentation was superior to the nature fermentation based on kinds and content of amino acids while those of volatile flavor compounds were less in the former.

Keywords: pickled mustard; quality; vaccination; fermentation

酸菜是由蔬菜经乳酸发酵而成^[1],清爽可口、风味独特,被广泛用于多种地方特色菜肴的烹饪,深受人们喜爱。中国传统的酸菜制作方法大都采用自然发酵,此方法利用蔬菜表面附着的多种微生物进行发酵,其中包括大量杂菌,对乳酸菌和一些有益微生物生长繁殖起到抑制作用,存在亚硝酸盐含量较高、发酵周期较长以及品质不稳定等问题,制约了酸菜发酵工业的发展。众多研究表明,人工接种乳酸菌发酵酸菜能够降低酸菜的亚硝酸盐含量^[2-4],缩短发酵时间^[5-6],提高生产效率^[7],并对酸菜的氨基酸含量和挥发性风味成分^[8-10]等品质指标均有影响。目前,关于接种发酵对四川泡菜品质影响的相关研究较多,刘春燕等^[11]进行了不同乳酸菌接种发酵泡菜风味的研究,侯晓艳^[12]研究了不同乳酸菌发酵对泡萝卜品质的影响。然而关于接种发酵对酸菜品质的影响鲜有报道。因此,本试验选用青菜为原料,通过人工接种乳酸菌的方式,从 7 个乳酸菌配方中选出适合酸菜发酵的菌种,并对接种发酵和自然发酵的酸菜品质进行对比,以研究接种乳酸菌发酵对酸菜品质的影响,旨在为酸菜产业的质量稳定和大规模的工业化生产提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

青菜:品种四月青,贵州李记食品有限公司;
鼠李糖乳杆菌 6134、嗜酸乳杆菌 6243 和发酵乳杆菌 6233:中国工业微生物菌种保藏中心;
MRS 培养基:北京陆桥技术有限责任公司;
纯化琼脂粉:上海博微生物科技有限公司;
电子天平:FA2204B 型,上海精科天美科学仪器有限公司;
紫外分光光度计:T6 型,北京普析通用仪器有限责任公司;

基金项目:农业科技合作专项计划项目(编号:2013-02);黔科合重大专项(编号:〔2013〕6007);黔农科院自主创新专项(编号:〔2014〕016)

作者简介:孟繁博,女,贵州省现代农业发展研究所助理研究员,硕士。

通信作者:张万萍(1970—),女,贵州大学教授,博士。

E-mail: zwp269@126.com

收稿日期:2016-12-13

冷冻离心机:TGL20M 型,长沙迈佳仪器设备有限公司;

生化培养箱:SPX-150B-Z 型,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;

单人单面净化工作台:SW-CJ-IFD 型,苏州净化设备有限公司;

高压灭菌锅:LS-375L-I 型,江阴滨江医疗设备有限公司;

全自动氨基酸分析仪:L-8900 型,日本日立公司;

GC/MS 联用仪:HP6890/5975C 型,美国安捷伦公司;

手动固相微萃取装置:57300-U,美国 Supelco 公司;

萃取纤维头:57329-U,美国 Supelco 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 酸菜发酵工艺 选取新鲜青菜进行清洗、晾晒和切分,试验均选用 2 L 菜坛,每坛放入相同重量的青菜和盐水(料液质量比为 1∶3),食盐添加量为 4%,同时加入发酵菌悬液,菜坛口用水密封,进行发酵。

1.2.2 菌悬液的制备 将鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌 3 种乳酸菌冻干菌种分别用 MRS 培养基转管活化三代,分别取两环活化后的乳酸菌于 MRS 液体培养基中扩大培养,通过离心分离(5 000 r/min)集菌,并且用 0.85% 生理盐水悬浮,配制 3 种乳酸菌菌悬液,乳酸菌数均为 10⁸~10⁹ CFU/mL^[13]。

1.2.3 发酵菌种的选择 试验选用 2 L 容量的菜坛,配制食盐添加量为 4% 的盐水,每坛放入相同重量的青菜和盐水(料液质量比为 1∶3)。基于实验室之前的研究,鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌具有产酸和降解亚硝酸盐的能力,在酸菜生产中广泛应用,因此试验选择这 3 种乳酸菌用于酸菜发酵试验。以自然发酵的酸菜为空白对照,分别接入发酵菌种,结合前期的试验研究,选用单一乳酸菌、3 种乳酸菌两两以 1∶1 的比例组合以及 3 种乳酸菌以 1∶1∶1 的比例组合,接种量为 3%。以酸菜的总酸含量和亚硝酸盐含量为指标,每天测定一次,测定时间为 8 d,研究不同发酵菌种对酸菜中总酸含量和亚硝酸盐含量的影响。

1.2.4 理化指标的测定

- (1) 亚硝酸盐含量:按 GB 5009.33—2010 执行。
- (2) 总酸含量:按 GB/T 12456—2008 执行。
- (3) 氨基酸含量:按 GB/T 5009.124—2003 执行。

1.2.5 酸菜的挥发性风味物质成分测定 取两种酸菜样品约 10 g,分别置于 20 mL 固相微萃取仪采样瓶中,插入装有 2 cm-50/30 μm DVB/CAR/PDMS StableFlex 纤维头的手动进样器,在 85 ℃ 条件下顶空萃取 30 min 后取出,快速移出萃取头并立即插入温度为 250 ℃ 的气相色谱仪进样口中,热解析 3 min 进样。

(1) 气相色谱分析条件:色谱柱为 AB-INowax (30.0 m×250 μm×0.25 μm)弹性石英毛细管柱,柱温 45 ℃ (保留 2 min),以 4 ℃/min 升温至 220 ℃,保持 2 min;汽化室温度 250 ℃;载气为高纯 He (99.999%);柱前压 0.052 5 MPa,载气流量 1.0 mL/min;不分流进样;溶剂延迟时间:1.5 min。

(2) 质谱条件:离子源为 EI 源;离子源温度 230 ℃;四极杆温度 150 ℃;电子能量 70 eV;发射电流 34.6 μA;倍增器电压 1 618 V;接口温度 280 ℃;质量范围 20~450 amu。

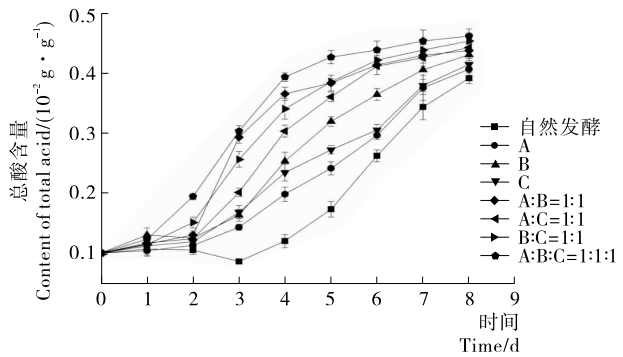
1.3 数据处理

通过对总离子流图中的各峰经质谱计算机数据系统检索并对 Nist 2005 和 Wiley 275 标准质谱图进行核对,确定自然发酵和接种发酵下发酵的酸菜中挥发性风味成分,用峰面积归一化法确定各成分的相对质量分数。

2 结果与分析

2.1 发酵菌种对酸菜总酸含量的影响

由图 1 可知,在发酵过程中,酸菜的总酸含量随着发酵时间的延长呈上升趋势,接种乳酸菌发酵酸菜的产酸速度均大于自然发酵,且总酸含量高于自然发酵处理。在发酵的第 1 天,酸菜中总酸含量变化不明显,可能是在发酵初期乳酸菌未能适应发酵环境并且发酵液中仍有其它微生物生长,导致乳酸菌含量不高,酸菜中总酸含量上升缓慢,从第 2 天开始,乳酸菌大量繁殖,酸菜中的总酸含量明显上升。首先,鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌的比例为 1∶1∶1 时,酸菜的总酸含量上升最快,其次,两菌种混合发酵酸菜的总酸含量上升速度快于单一菌种发酵的酸菜。不同菌种发酵的酸菜中总酸含量变化趋势基本一致,总酸含量逐渐上升并达到稳定,这是因为随着酸菜发酵时间的延长,乳酸菌大量繁殖,酸菜的总酸含量随之增加。由于接种乳酸菌发酵酸菜能使乳酸菌快速成为优势菌,乳酸菌含量高于自然发酵处理,导致接种乳酸菌发酵酸菜的产酸速度和总酸含量均大于自然发酵处理,而当酸菜的总酸含量上升到一定程度,乳酸菌的生长便受到了抑制,酸菜中总酸含量的上升速度变慢,并逐渐趋于稳定。在发酵第 8 天时,鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌的比例为 1∶1∶1 发酵的酸菜,总酸含量最高。这可能是鼠李糖乳杆菌发酵初期产酸较慢,但其具有很强的耐酸能力,在发酵中后期产酸量大;嗜酸乳杆菌产酸快,并且耐酸能力较强^[14],而发酵乳杆菌在发酵初期产酸速度快,但是耐酸能力弱,到发酵后期产酸速度有所下降。因此,在接种量均为 3% 时,鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌混合发酵酸菜中的总酸含量最高。



A. 鼠李糖乳杆菌 B. 发酵乳杆菌 C. 嗜酸乳杆菌

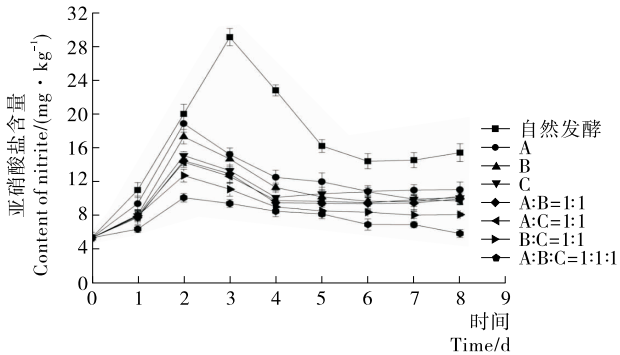
图 1 发酵菌种对酸菜总酸含量的影响

Figure 1 Effect of various ferment strains on content of total acids

2.2 发酵菌种对酸菜中亚硝酸盐含量的影响

由图 2 可知,随着发酵时间的延长,不同处理的酸菜中亚硝酸盐含量均呈先升高后降低的趋势。接种发酵的酸菜中亚硝酸盐含量上升缓慢,在发酵 2 d 时达到高峰,其中鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌的比例为 1 : 1 : 1 发酵的酸菜中亚硝酸盐含量最低,两种乳酸菌混合发酵的酸菜中亚硝酸盐的峰值低于单一乳酸菌发酵处理,而自然发酵的酸菜中亚硝酸盐含量上升速度快,在发酵 3 d 时达到最高,且峰值明显高于接种乳酸菌发酵的酸菜。在发酵 8 d 时,3 种乳酸菌混合发酵的酸菜中亚硝酸盐含量最低,自然发酵的酸菜中亚硝酸盐含量最高。在发酵过程中,自然发酵的酸菜中亚硝酸盐含量始终高于接种乳酸菌发酵的酸菜,在发酵 8 d 时,鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌的比例为 1 : 1 : 1 发酵酸菜的亚硝酸盐含量最低,仅为 6.05 mg/kg,且无明显的亚硝峰出现,具有良好的食用安全性。这可能是 3 种乳酸菌对亚硝酸盐均有降解能力,但是在不同的发酵阶段不同菌种对亚硝酸盐的降解率是不同的,因此,在接种量均为 3% 时,鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌混合作为发酵菌种时,能将酸菜的亚硝酸盐含量始终维持在较低水平。

综合以上考虑,以酸菜的总酸含量和亚硝酸盐含量为考察指标,选择鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌的比例为 1 : 1 : 1 作为酸菜发酵菌种,并用于后面的研究。



A. 鼠李糖乳杆菌 B. 发酵乳杆菌 C. 嗜酸乳杆菌

图 2 发酵菌种对酸菜中亚硝酸盐含量的影响
Figure 2 Effect of various ferment strains on content of nitrite

2.3 接种发酵与自然发酵酸菜中氨基酸含量的对比

接种发酵和自然发酵的酸菜中氨基酸测定图谱见图 3。由图 3 可知,两种酸菜的氨基酸谱图很相似,说明两种酸菜的氨基酸组成很相近。由表 1 可知,接种发酵与自然发酵的酸菜中均含有丰富的氨基酸,其中接种发酵的酸菜中检测出 17 种氨基酸,氨基酸总量为 8.78 mg/kg,自然发酵的酸菜中检测出 16 种氨基酸,氨基酸总量为 6.19 mg/kg。两种酸菜中的组氨酸和门冬氨酸含量较高,接种发酵的酸菜中组氨酸和门冬氨酸含量分别为 2.05 mg/kg 和 2.14 mg/kg,分别占总氨基酸含量的 23.35% 和 24.37%。其中,门冬氨酸、谷氨酸、脯氨酸和甘氨酸对于酸菜形成良好风味起着重要的作用,而接种发酵的酸菜中这几种氨基酸的含量均高于自然发

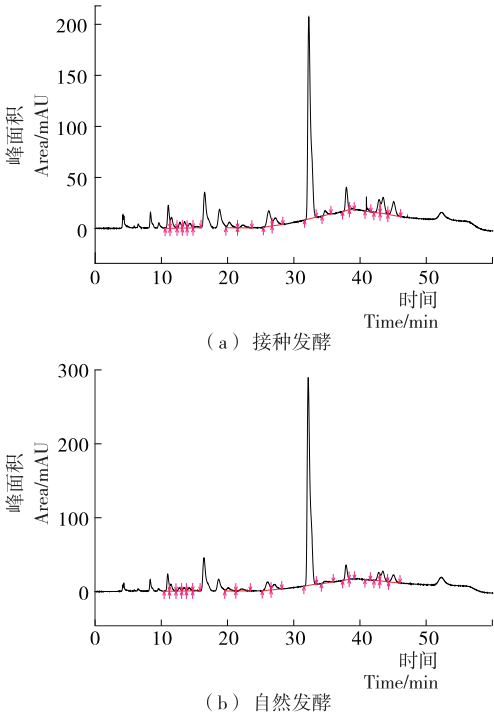


图 3 接种发酵和自然发酵的酸菜中氨基酸测定图谱
Figure 3 Fingerprint of amino acids in pickled mustard under optimized fermentation and natural fermentation

表 1 接种发酵与自然发酵的酸菜中氨基酸含量

Figure 1 Content of amino acids in pickled mustard under natural and optimized fermentation mg/g

氨基酸	接种发酵酸菜	自然发酵酸菜
组氨酸	2.05	1.62
门冬氨酸	2.14	1.48
胱氨酸	0.18	0.12
丝氨酸	0.11	0.07
精氨酸	0.33	0.24
赖氨酸	0.13	0.08
甘氨酸	0.84	0.53
苏氨酸	0.23	0.19
脯氨酸	0.22	0.14
丙氨酸	0.48	0.38
酪氨酸	0.17	0.13
缬氨酸	0.42	0.30
甲硫氨酸	0.04	0.01
谷氨酸	0.09	0.00
异亮氨酸	0.38	0.25
亮氨酸	0.61	0.42
苯丙氨酸	0.37	0.23
氨基酸总量	8.78	6.19

酵的酸菜。接种发酵的酸菜中检测出了自然发酵酸菜所没有的谷氨酸,谷氨酸和门冬氨酸为植物性鲜味食物的主要呈鲜物质,具有较强的鲜味,因此接种发酵酸菜味道更加鲜美,

营养更丰富。

2.4 接种发酵与自然发酵的酸菜中挥发性风味成分的对比

酸菜的挥发性风味物质总离子图见图 4。

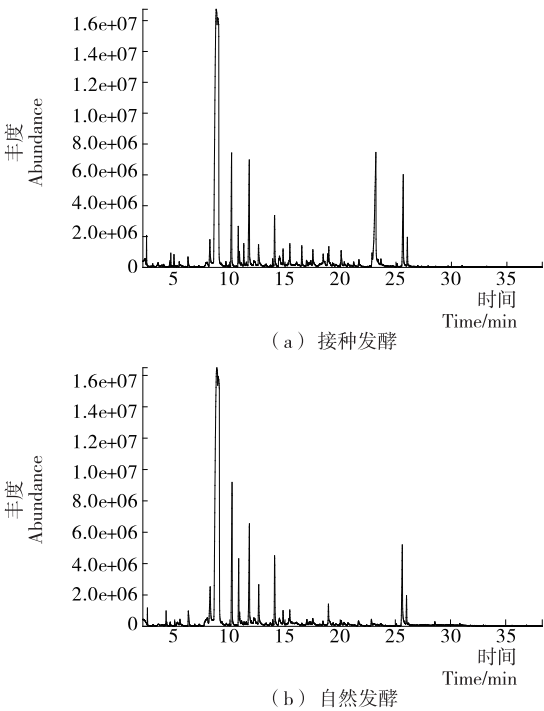


图 4 接种发酵和自然发酵酸菜的挥发性风味物质 GC—MS 总离子流色谱图

Figure 4 Total ion chromatogram of volatile flavor components in pickled mustardunder optimized fermentation and natural fermentation

由表 2 可知,接种发酵和自然发酵的酸菜中共检出挥发性风味成分 68 种,主要包括酯类、醇类、烷烃类、烯烃类、醛类、含硫化合物、酮类、酸类和腈类等。接种发酵酸菜的风味成分种类和相对含量都略小于自然发酵的酸菜。

由表 3 可知,接种发酵的酸菜中检出 58 种风味成分,风味成分相对含量为 96.89%,其中包括酯类 12 种、醇类 6 种、烷烃类 1 种、烯烃类 4 种、醛类 14 种、含硫化合物 7 种、酮类 4 种、酸类 4 种、腈类 2 种和其它种类 4 种。自然发酵的酸菜中检出 61 种风味成分,风味成分相对含量为 97.95%,其中包括醛类 15 种、酯类 13 种、醇类 6 种、烷烃类 5 种、含硫化合物 5 种、酮类 5 种、烯烃类 4 种、腈类 3 种、酸类 1 种和其它种类 4 种。

两种酸菜的挥发性风味成分中,酯类化合物的相对含量最高,其中异硫氰酸烯丙酯为两种酸菜的最主要风味成分,相对含量分别为 62.78%和 56.22%,其次,接种发酵酸菜中异硫氰酸仲丁酯(4.10%)、异硫氰酸异丁酯(1.19%)、3-丁烯基异硫氰酸酯(4.65%)、异硫氰酸戊酯(2.02%)、异硫氰酸苯乙酯(4.17%)和自然发酵的酸菜中异硫氰酸仲丁酯(5.86%)、异硫氰酸异丁酯(1.97%)、3-丁烯基异硫氰酸酯(4.51%)、异硫氰酸戊酯(2.84%)、异硫氰酸苯乙酯(4.33%)的相对含量也很高,同样也是组成酸菜中挥发性风味的主要

表 2 酸菜中的挥发性风味物质成分及其相对含量

Table 2 Content of volatile flavor components in pickled mustard

种类	保留时间/min	名称	相对含量%	
			接种发酵	自然发酵
酯类	3.02	乙酸乙酯	0.03	0.03
	7.21	异硫氰酸异丙酯	0.06	0.09
	7.97	(Z)-3-己烯酯	0.51	0.64
	8.79	异硫氰酸烯丙酯	56.22	62.78
	9.94	硝酸异戊酯	0.06	0.04
	10.18	异硫氰酸仲丁酯	4.10	5.86
	10.78	异硫氰酸异丁酯	1.19	1.97
	11.77	3-丁烯基异硫氰酸酯	4.65	4.51
	14.05	异硫氰酸戊酯	2.02	2.84
	17.2	4-甲代戊基异硫氰酸酯	0.11	0.12
	19.28	戊酸顺-3-己烯酯	0.07	—
	25.65	异硫氰酸苯乙酯	4.17	4.33
	35.58	十六酸甲酯	—	0.04
	36.89	十六酸乙酯	—	0.04
醇类	2.38	乙醇	0.26	0.89
	3.91	戊烯醇	0.06	0.05
	11.40	庚醇	0.04	0.08
	11.51	2-丙基-1-戊醇	0.12	0.14
	14.43	反式-2-辛烯-1-醇	0.21	0.13
	14.50	正辛醇	0.52	0.30
烷烃类	13.29	2,2,6-三甲基环庚烷	0.10	0.08
	27.89	3-甲基-正十五烷	-	0.02
	28.58	十六烷	-	0.14
	30.83	十七烷	—	0.07
烯烃类	32.99	十八烷	—	0.03
	8.22	1-氰基-2,3-硫化丙烯	1.56	2.56
	15.36	顺式水合桉烯	0.15	0.16
	17.50	正癸烯	0.63	0.40
醛类	20.68	(E,E,E)-2,4,6-壬三烯	0.17	0.20
	4.05	戊醛	0.06	0.03
	5.27	反式-2-戊烯醛	0.05	0.25
	6.24	正己醛	0.41	0.74
	9.25	庚醛	0.20	0.12
	10.88	反式庚烯醛	0.55	0.49
	11.05	苯甲醛	0.14	0.17
	12.18	(E,E)-2,4-庚二烯醛	0.13	0.22
	12.30	辛醛	0.12	0.18
	12.61	(E,Z)-2,4-庚二烯醛	0.87	1.55
	13.69	苯乙醛	0.09	0.15
	15.48	壬醛	0.69	0.48
	18.44	癸醛	—	0.17
	19.98	β-环高柠檬醛	0.05	0.07
	20.06	反式-2-癸醛	0.67	0.31
	22.84	反式-2-十一烯醛	0.45	0.32

续表 2				
种类	保留时间/min	名称	相对含量%	
			接种发酵	自然发酵
含硫化化合物	2.51	二硫化碳	0.43	0.27
	4.98	二甲基二硫	0.30	0.11
	9.66	烯丙基甲基二硫醚	0.19	0.06
	11.28	二甲基三硫	0.64	0.11
	14.71	二烯丙基二硫	0.10	—
	16.51	甲基烯丙基三硫醚	0.68	0.09
	18.84	1,4-二甲基四硫	0.37	—
	7.85	5-甲基-2-己酮	—	0.54
酮类	18.94	反式异胡薄荷酮	0.62	0.75
	23.64	顺式-3-甲基-5-亚戊基-2(5H)-呋喃酮	0.18	0.14
	25.09	香叶基丙酮	0.10	0.08
	26.03	β -紫罗兰酮	0.84	1.02
酸类	4.62	乙酸	0.13	0.13
	18.12	辛酸	0.12	—
	18.14	苯甲酸	0.59	—
	23.18	脱氢乙酸	9.71	—
腈类	3.55	3-丁烯腈	0.18	0.16
	19.57	苯代丙腈	0.06	0.12
	16.05	苯乙腈	—	0.06
	4.12	乙基呋喃	0.02	0.04
其它	4.28	甲氧苯基胂	—	0.03
	8.03	2-乙基噻吩	0.08	—
	11.95	2-正戊基呋喃	0.05	0.10
	13.22	4-壬炔	0.05	0.04

表 3 酸菜主要挥发性风味成分及相对含量分析				
Table 3 Analysis of relative quantity of volatile flavor components in pickled mustard				
类别	接种发酵酸菜		自然发酵酸菜	
	种数	相对含量/%	种数	相对含量/%
酯类	12	73.19	13	83.27
醇类	6	1.20	6	1.58
烷烃类	1	0.10	5	0.34
烯烃类	4	2.51	4	3.32
醛类	14	4.47	15	5.25
含硫化化合物	7	2.71	5	0.63
酮类	4	1.73	5	2.53
酸类	4	10.55	1	0.13
腈类	2	0.24	3	0.33
其它	4	0.20	4	0.21
总计	58	96.89	61	97.59

成分。有研究^[15]表明,异硫氰酸酯类物质是以芥菜为原料发酵酸菜的特征风味,在酸菜发酵的过程中,芥菜中芥子苷通过水解作用生成具有刺激性、辛辣味和芳香味的异硫氰酸

酯,经检测,自然发酵的酸菜中酯类化合物和异硫氰酸酯类物质的相对含量高于接种发酵的酸菜,可能是接种发酵酸菜时接种了乳酸菌,而乳酸菌能够降低芥菜中的异硫氰酸酯含量,降低了酸菜中的刺激性气味,使酸菜的气味具有较好的接受性。

接种发酵和自然发酵的酸菜中挥发性风味成分种类大多相同,接种发酵酸菜中仅检出 1 种烷烃,为 2,2,6-三甲基环庚烷,而自然发酵酸菜中检出 5 种烷烃,分别为 2,2,6-三甲基环庚烷、3-甲基-正十五烷、十六烷、十七烷和十八烷。接种发酵酸菜中检出 7 种含硫化化合物,分别为二硫化碳、二甲基二硫、烯丙基甲基二硫醚、二甲基三硫、甲基烯丙基三硫醚、二烯丙基二硫和 1,4-二甲基四硫,而自然发酵酸菜中检出 5 种含硫化化合物,较自然发酵酸菜少了二烯丙基二硫和 1,4-二甲基四硫。含硫化化合物对酸菜的风味有较大贡献。接种发酵酸菜中检出 4 种酮类成分,分别为 5-甲基-2-己酮、反式异胡薄荷酮、顺式-3-甲基-5-亚戊基-2(5H)-呋喃酮、香叶基丙酮和 β -紫罗兰酮,而自然发酵酸菜中检测出 5 种酮类成分,较接种发酵的酸菜多了 5-甲基-2-己酮。接种发酵下发酵的酸菜中检出 4 种酸类物质,分别为乙酸、辛酸、苯甲酸和脱氢乙酸。而自然发酵的酸菜中挥发性风味物质中仅检出乙酸 1 种酸类物质。腈类物质是以卷心菜为代表的蔬菜风味成分,接种发酵的酸菜中检出腈类 2 种,为 3-丁烯腈和苯代丙腈,自然发酵的酸菜中检出腈类有 3 种,较接种发酵酸菜多了苯乙腈。2-乙基噻吩仅在接种发酵的酸菜中检出,甲氧苯基胂仅在自然发酵的酸菜中检出。

3 结论

通过研究接种发酵对酸菜品质的影响,发现当鼠李糖乳杆菌、嗜酸乳杆菌和发酵乳杆菌的比例为 1 : 1 : 1 作为发酵菌种发酵酸菜时,酸菜的总酸含量最高,亚硝酸盐含量最低。接种发酵和自然发酵的酸菜中均含有丰富的氨基酸,接种发酵的酸菜中检测出了自然发酵酸菜所没有的谷氨酸,使酸菜的风味更佳,营养更丰富。接种发酵和自然发酵的酸菜中共检出挥发性风味成分 68 种,其中自然发酵酸菜中检出 61 种风味成分,风味成分相对含量为 97.95%,接种发酵酸菜中检出 58 种风味成分,风味成分相对含量为 96.89%。两种酸菜中酯类化合物的相对含量最高,其中异硫氰酸烯丙酯为酸菜的最主要风味成分,相对含量分别为 62.78%和 56.22%。因此,人工接种不仅能加快酸菜的产酸速度,提高总酸含量、降低亚硝酸盐含量,而且对酸菜的风味物质种类和含量也有一定的影响。

参考文献

[1] LEROY F, DE VUYST L. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry[J]. Trends Food Sci Technol, 2004, 15(2): 67-78.

[2] 何俊萍, 李海丽, 张先舟, 等. 几株乳酸菌对芹菜泡菜亚硝酸盐含量的影响及控制[J]. 食品工业, 2011(11): 71-73.

[3] 刘广福, 王硕, 朱兴旺, 等. 接种发酵和自然发酵酸菜的亚硝酸盐含量对比分析[J]. 中国酿造, 2013(7): 74-76.

(下转第 206 页)

[108] KISKINI A, KAPSOKEFALOU M, YANNIOTIS S, et al. Effect of different iron compounds on wheat and gluten-free breads[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(7): 1 136-1 145.

[109] KISKINI A, KAPSOKEFALOU M, YANNIOTIS S, et al. Effect of Iron Fortification on Physical and Sensory Quality of Gluten-Free Bread [J]. Food and Bioprocess Technology, 2012, 5(1): 385-390.

[110] URSZULA K K, AGNIESZKA T, NATALIA B, et al. Effect of organic calcium supplements on the technological characteristic and sensory properties of gluten-free bread[J]. European Food Research and Technology, 2011, 232(3): 497-508.

[111] JEONG S, KANG W S, SHIN M. Improvement of the quality of gluten-free rice pound cake using extruded rice flour[J]. Food Science and Biotechnology, 2013, 22(1): 173-180.

[112] CLERICI M T P S, AIROLDI C, EL-DASH A A. Production of acidic extruded rice flour and its influence on the qualities of gluten-free bread[J]. LWT - Food Science and Technology,

2009, 42(2): 618-623.

[113] MEZAIZE S, CHEVALLIER S, LEBAIL A, et al. Gluten-free frozen dough: Influence of freezing on dough rheological properties and bread quality[J]. Food Research International, 2010, 43(8): 2 186-2 192.

[114] MÄKINEN O E, ZANNINI E, ARENDT E K. Germination of Oat and Quinoa and Evaluation of the Malts as Gluten Free Baking Ingredients [J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2013, 68(1): 90-95.

[115] SHIN D J, KIM W, KIM Y. Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour [J]. Food Chemistry, 2013, 141(1): 517-523.

[116] 李次力, 王茜. 发芽糙米面包的研制[J]. 食品科学, 2009, 30(18): 436-439.

[117] CORNEJO F, ROSELL C M. Influence of germination time of brown rice in relation to flour and gluten free bread quality[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(10): 6 591-6 598.

(上接第 149 页)

参考文献

[1] 梁静谊, 安鑫南, 蒋建新, 等. 皂荚化学组成的研究[J]. 中国野生植物资源, 2003, 22(6): 44-46.

[2] 张凤娟, 李继良, 徐兴友, 等. 皂荚和五角枫挥发性物质组成及其对空气微生物的抑制作用[J]. 园艺学报, 2007, 34(4): 973-978.

[3] 李端, 周立刚, 姜微波, 等. 皂荚提取物对植物病原菌的抑制作用[J]. 植物病理学报, 2005, 35(S1): 86-90.

[4] 邵金良, 袁唯. 皂荚的功能作用及其研究进展[J]. 食品研究与开发, 2007, 26(2): 48-51.

[5] 李玉奇, 刘敏艳, 胡冠芳, 等. 皂角提取物的杀虫活性及其对粘虫的作用方式研究[J]. 西南农业学报, 2012, 25(1): 161-165.

[6] 张振宇, 张赤志, 许汉林. 皂荚提取物对人肝癌细胞相关癌基因表达的调控作用及端粒酶的影响[J]. 中西医结合肝病杂志, 2008, 18(2): 93-95.

[7] 胡国华. 功能性食品胶[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 74-77.

[8] 亓树艳, 王荔, 莫晓燕. 大枣多糖的提取工艺及抗氧化作用研究[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 117-120.

(上接第 183 页)

[4] 龚钢明, 管世敏. 乳酸菌降解亚硝酸盐的影响因素研究[J]. 食品工业, 2010(5): 6-8.

[5] RHEE S J, LEE J E, LEE C H. Importance of lactic acid bacteria in Asian fermented foods[J]. Microb Cell Fact, 2011, 10(Suppl 1): S5.

[6] 袁亚, 池金颖, 黄丹丹, 等. 人工接种乳酸菌对泡菜感官品质和亚硝酸盐含量的影响[J]. 食品工业科技, 2012(7): 119-122.

[7] 黄业传, 曾凡坤. 榨菜叶酸菜发酵剂的选择[J]. 食品与机械, 2004, 20(1): 5-7.

[8] FLEMING H P. Fermented Foods [M]. New York: Academic Press, 1982: 227-258.

[9] 周相玲, 胡安胜, 王彬, 等. 人工接种泡菜与自然发酵泡菜风味

[9] 岳春, 李靖靖, 方永远. 虫草多糖微波辅助提取工艺的优化[J]. 食品与机械, 2014(1): 192-195.

[10] 高洪霞, 刘军海, 李广录. 枸杞多糖提取工艺的研究[J]. 食品与机械, 2008(5): 60-72.

[11] 舒任庚, 蒋跃平, 蔡永红. 植物多糖的提取分离方法探讨[J]. 中国药房, 2011, 22(11): 1 502-1 504.

[12] 蔡信之, 黄君红. 微生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 394-395.

[13] 刘春兰, 杨逸, 何林, 等. 植物多糖抑菌作用研究方法进展[J]. 时珍国医国药, 2013, 24(7): 1 725-1 727.

[14] 闫文娟, 李泰辉, 唐芳勇, 等. 广东虫草多糖的提取及含量测定[J]. 华南农业大学学报, 2009, 30(4): 53-56.

[15] 刘芳, 赵声兰, 李玲, 等. 皂荚多糖提取工艺及其抗氧化活性的初步研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(8): 255-260.

[16] 李瑜, 周玉, 江冠民. 枸杞多糖与黄芪多糖抑菌活性研究[J]. 现代生物医学进展, 2012, 12(36): 5 061-5 063.

[17] 李志洲, 刘军海, 王俊宏, 等. 猪苓硒多糖连续合成工艺及抑菌性能研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 31-35.

[18] 曾红亮, 黄灿灿, 常青, 等. 金柑多糖微波辅助提取工艺优化及抑菌效果[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 154-160.

物质的对比分析[J]. 中国酿造, 2011(1): 159-160.

[10] 陈影, 王锦慧, 张文菱子, 等. 乳酸菌发酵黄瓜泡菜品质的研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 208-211.

[11] 刘春燕, 戴明福, 夏姣, 等. 不同乳酸菌接种发酵泡菜风味的研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(7): 154-158.

[12] 侯晓艳. 接种不同乳酸菌发酵对萝卜品质的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2015: 15-25.

[13] 李海丽. 泡菜的亚硝酸盐控制技术及其贮藏性研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2012: 11-12.

[14] 纪晓葵. 优良乳酸菌的筛选及其发酵蔬菜的应用研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014: 36-38.

[15] 陈弦, 张雁, 陈于陇, 等. 发酵蔬菜风味形成机制及其分析技术的研究进展[J]. 中国食品学报, 2014, 14(2): 217-223.