

正交试验优化腌制芥菜发酵工艺及调控亚硝酸盐含量的研究

乌日娜, 曾令群 (海南鸿大海实业有限公司, 海南海口 570100)

摘要 [目的]优化芥菜腌制发酵工艺,控制腌制芥菜亚硝酸盐含量。[方法]以芥菜为原料,以亚硝酸盐含量、感官评分为指标,采用正交试验设计,优化芥菜腌制发酵工艺的生产方法;以亚硝酸盐含量、亚硝峰峰值的抑制率为指标,采用单因素试验法,确定异抗坏血酸钠、EDTA-2Na、藟头和柠檬酸对亚硝酸盐含量的调控作用。[结果]在乳酸菌接种量5%、食盐添加量5%~7%(取6%)、温度30℃、发酵9d的工艺条件下,腌制芥菜中亚硝酸盐含量为0.74 mg/kg,远低于国家标准规定的20 mg/kg的标准,所得的腌制芥菜风味可口。异抗坏血酸钠和藟头能有效抑制亚硝峰的峰值及降低成品中亚硝酸盐含量,而柠檬酸和EDTA-2Na仅能有效抑制亚硝峰的峰值,不能有效降低成品中亚硝酸盐含量。[结论]研究可为腌制芥菜的开发利用提供技术支持。

关键词 发酵芥菜;亚硝酸盐;调控

中图分类号 TS255.53 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)30-0089-05

Research of Optimization the Fermentation Progress for Pickled Mustard by Orthogonal Experimental Design and Regulation Its Nitrite Content

WU Ri-na, ZENG Ling-qun (Hainan Hongdaihai Food Co., Ltd., Haikou, Hainan 570100)

Abstract [Objective]The fermentation process of pickled mustard was optimized and the content of nitrite in pickled mustard was controlled. [Method]Taking mustard as raw material, using nitrite content and sensory evaluation as index, the production method of mustard marinated fermentation process was optimized by orthogonal design; Using the content of nitrite and the inhibition rate of nitroso peak as index, the effects of sodium isoascorbate, EDTA-2Na, Chinese onion and citric acid on the nitrite content were determined by single factor experiments. [Result]The content of nitrite in pickled mustard was 0.74 mg/kg, at the conditions that inoculation amount of lactic acid bacteria 5%, the amount of salt added 5%~7% (6%), 30℃ and 9 days fermentation duration, which was much lower than the national standard 20 mg/kg. The flavor of resulting pickled mustard was delicious; sodium isoascorbate and Chinese onion can effectively inhibit the peak value of nitrite peak and reduce the nitrite content of finished products. While citric acid and EDTA-2Na can only effectively inhibit the peak of nitroso peak, but can not effectively reduce the nitrite content of finished products. [Conclusion]The research could provide technical support for the development and utilization of pickled mustard.

Key words Fermented mustard; Nitrite; Regulation

芥菜(*Brassica juncea* Coss.)为十字花科芸薹属草本植物,俗称盖菜、青菜。芥菜具有去热火、抵御风湿、利五脏、补天阳、促进血液循环之功效^[1]。腌菜是我国传统的发酵蔬菜制品,其爽脆、开胃的优良品质深受国内外消费者的喜爱。此外,腌制菜还具有增食欲、促消化、抗肿瘤、抗肥胖、抑衰老等保健功能^[2]。

腌制芥菜是由新鲜芥菜适当脱水后经乳酸发酵而制成。传统的高盐腌制自然发酵法存在时间长、盐含量高、亚硝酸盐累积量大、质地软等缺点^[3],严重制约芥菜发酵工业的发展。研究表明,接种乳酸菌发酵蔬菜具有发酵时间短、品质稳定的优点,特别是能降低亚硝酸盐的累积,产品安全性高^[4]。发酵过程中乳酸菌的接种量、盐含量、发酵时间和发酵温度的不同,对酸菜的品质影响很大。发酵过程中添加酸味剂、抗氧化剂、香辛料等^[5],能显著提高产品的色、香、味。酸味剂如柠檬酸具有降低发酵液的起始pH,起到抑制杂菌的作用^[6]。抗氧化剂茶多酚及抗坏血酸^[7]、EDTA-2Na等能还原亚硝酸盐,起到降低亚硝酸盐含量的作用。目前,有关乳酸菌低盐腌制发酵芥菜的工艺研究报道不多,在此基础上各种添加物对亚硝酸盐含量的影响研究也鲜见报道。笔者以亚硝酸盐为主要考察指标,利用正交试验优化不同的乳酸菌接种量、盐含量、发酵时间和发酵温度对腌制芥菜品质影响的最适发酵条件,在最优发酵条件下进一步探讨柠檬

酸、异抗坏血酸钠、EDTA-2Na、藟头对亚硝酸盐含量及亚硝峰调控的影响,旨在为高品质、安全的发酵芥菜加工提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料

1.1.1 原料与试剂。供试芥菜品种“春芥”由海南鸿大海实业有限公司提供;菜坛、食盐购于海口南国超市;植物乳杆菌GIM1.140,购于广东省微生物菌种保藏中心。

主要试剂:亚铁氰化钾、乙酸锌、冰醋酸、硼酸钠、盐酸、对氨基苯磺酸、盐酸萘乙二胺盐酸盐、亚硝酸钠、MRS培养基。

1.1.2 仪器与设备。AR124CN电子天平,奥豪斯仪器(上海)有限公司;SHZ-D(III)型循环水真空泵,上海鹰迪仪器设备有限公司;HH-4数显恒温水浴锅,常州澳华仪器有限公司;T6新世纪紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限公司;LRH-250A生化培养箱,韶关市泰宏医疗器械有限公司;FE20 pH计,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司。

1.2 方法

1.2.1 菌悬液的制备。取植物乳杆菌于MRS培养基中活化3代,取2环活化后的乳酸菌于MRS液体培养基中扩大培养,培养24h后的培养液经3000 r/min离心10 min,收集菌体,用等体积灭菌生理盐水离心洗涤3次,将菌体悬浮于灭菌生理盐水中制成菌悬液,菌悬液乳酸菌数为 $10^8 \sim 10^9$ CFU/mL。

基金项目 海南省重点研发项目(ZDYF2017022)。

作者简介 乌日娜(1994—),女,内蒙古锡林浩特人,硕士,从事果蔬精深加工研究。

收稿日期 2017-05-20

1.2.2 发酵芥菜的制作工艺。将新鲜芥菜清洗,晾晒至原重的70%,切分后装入1 L的菜坛,每坛装入相同重量的芥菜和盐水(1:2, W/V),接入乳酸菌菌悬液,坛口用水密封,在一定温度下发酵。

1.2.3 芥菜腌制发酵的单因素试验。分别研究食盐添加量(1%、3%、5%、7%、9%)、乳酸菌接种量(1%、3%、5%、7%、9%)、发酵时间(6、8、10、12、14 d)和发酵温度(20、25、30、35、40 ℃)对腌制芥菜品质的影响。

1.2.4 芥菜腌制发酵的正交试验。根据单因素试验结果,选择食盐添加量、乳酸菌接种量、发酵时间和发酵温度为影响因素,以亚硝酸盐含量和感官评分为指标,采用4因素3水平的正交试验方案(表1),对芥菜腌制发酵的工艺条件进行优化。

1.2.5 各种添加物对亚硝酸盐的影响。根据正交试验结果所得的最适工艺,分别研究柠檬酸(1.0、2.0 g/kg)、异抗坏血酸钠(1.0、2.0 g/kg)、EDTA-2Na(0.1、0.2 g/kg)和菹头(2%、4%)对腌制芥菜亚硝酸盐的影响,以最适腌制发酵工艺条件下不加添加物为对照。

1.2.6 指标测定。发酵第1天亚硝峰抑制率的计算按以下

公式:

$$\text{亚硝峰抑制率} = (\text{对照亚硝峰峰值} - \text{处理组亚硝峰峰值}) / \text{对照亚硝峰峰值} \times 100\%$$

亚硝酸盐含量测定:盐酸萘乙二胺法,参照 GB 5009.33—2010 方法;pH的测定:参照 GB10468—1989 的方法。

表1 腌制芥菜发酵工艺正交试验因素水平设计

水平 Level	因素 Factor			
	乳酸菌 接种量(A) Inoculum amount of lactic acid bacteria//%	食盐添 加量(B) The amount of salt added %	发酵时 间(C) Fermentation time d	发酵温度(D) Fermentation temperature ℃
1	3	3	6	20
2	5	5	9	25
3	7	7	12	30

1.2.7 感官评分。采用20分制,请15名食品专业学生按感官评分标准对腌制芥菜样品进行感官评分,取平均分作为最终评分(表2)。

表2 发酵芥菜感官评分标准

Table 2 Sensory evaluation standard of pickled mustards

项目 Item	分值 Score		
	1~2	3~4	5
色泽 Color and lustre	色泽发暗,呈灰黑色,发酵液浑浊	色泽稍暗,略带褐色,发酵液清晰度一般	
气味 smell	无酸芥菜发酵香气,有不良气味	酸菜发酵香气较淡,无异味	有浓郁的酸菜发酵香气,无异味
滋味 Taste	滋味过酸、过咸,或滋味太淡	滋味一般,稍酸或稍咸	滋味鲜美,酸咸适中
脆性 Brittleness	酸芥菜组织太硬或太软,脆性较差	酸菜组织较硬或较软,脆性一般	酸菜组织软硬适中,脆性好

1.2.8 数据分析。采用正交设计软件 V3.1 及 SPSS 17 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 芥菜腌制发酵单因素试验结果

2.1.1 食盐添加量对腌制芥菜品质的影响。由表3可见,在乳酸菌接种量为5%、发酵温度30 ℃、发酵10 d的条件下,食盐添加量为1%时,腌制芥菜的亚硝酸盐含量最高,为5.37 mg/kg,这可能是由于较低浓度的食盐抑制杂菌的能力较低,杂菌的生长降低了乳酸菌降解亚硝酸盐的能力。食盐添加量为3%~9%对亚硝酸盐含量的影响差异不显著($P > 0.05$),但与添加1%食盐样品相比,均显著降低了样品亚硝酸盐含量($P < 0.05$)。各浓度的食盐对腌制芥菜 pH 影响差异不显著($P > 0.05$),可能的原因是在此食盐浓度范围内,芥菜腌制发酵过程中微生物产酸能力相似。食盐添加量为3%~7%的腌制芥菜,感官评分显著高于食盐添加量为1%和9%的样品,说明这2个样品过淡或过咸。因此,选用食盐添加量为3%、5%和7% 3个水平做进一步的正交试验。

2.1.2 乳酸菌接种量对腌制芥菜品质的影响。由表4可见,在食盐添加量为5%、发酵温度30 ℃、发酵10 d的条件下,1%乳酸菌接种量样品的亚硝酸盐含量最高,为4.73 mg/kg,显著高于乳酸菌接种量为3%~9%的各样品

表3 食盐添加量对腌制芥菜品质的影响

Table 3 Impact of the amount of salt added on the quality of pickled mustard

食盐添加量 The amount of salt added//%	亚硝酸盐含量 Nitrite content mg/kg	pH	感官评分 Sensory score
1	5.37 a	4.56 a	12.6 b
3	0.80 b	4.65 a	14.7 a
5	0.76 b	4.58 a	15.8 a
7	0.79 b	4.54 a	15.1 a
9	0.80 b	4.75 a	13.2 b

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at the 0.05 level

($P < 0.05$),说明1%的乳酸菌接种量偏低,乳酸菌的数量还不足以有效降低亚硝酸盐含量,况且该样品的 pH 显著高于其他样品($P < 0.05$),感官评分显著低于其他样品($P < 0.05$),说明样品的酸度不足,口感差;乳酸菌接种量为3%~9%的各样品间的亚硝酸盐含量差异不显著($P > 0.05$),接种量为9%的样品其 pH 和感官评分显著低于3%~7%的各样品,说明9%的乳酸菌接种量偏高,口感偏酸,该接种量虽能有效降低亚硝酸盐含量,但对感官评价却没有帮助。因此,选用乳酸菌接种量为3%、5%和7% 3个水平做进一步的正交试验。

表 4 乳酸菌接种量对腌制芥菜品质的影响

Table 4 Impact of inoculation amount of lactic acid bacteria on the quality of pickled mustard

乳酸菌接种量 Inoculum amount of lactic acid bacteria//%	亚硝酸盐含量 Nitrite content mg/kg	pH	感官评分 Sensory score
1	4.73 a	5.03 a	12.9 b
3	0.80 b	4.86 b	14.7 a
5	0.76 b	4.58 b	15.8 a
7	0.75 b	4.53 b	14.6 a
9	0.72 b	3.42 c	12.3 b

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at the 0.05 level

2.1.3 发酵时间对腌制芥菜品质的影响。由表 5 可知,在食盐添加量为 5%、发酵温度 30 ℃、乳酸菌接种量 5% 的条件下,发酵 14 d 的样品,其亚硝酸盐含量显著高于发酵 6~12 d 的各样品($P < 0.05$),而 pH 和感官评分显著低于其他样品($P < 0.05$),说明 14 d 的发酵时间偏长,样品口感偏酸,品质较差。因此,选用发酵时间为 6~12 d 做进一步的正交试验。

表 5 发酵时间对腌制芥菜品质的影响

Table 5 Impact of fermentation time on the quality of pickled mustard

发酵时间 Fermentation time//d	亚硝酸盐含量 Nitrite content mg/kg	pH	感官评分 Sensory score
6	0.84 b	4.28 b	15.2 a
8	0.87 b	4.39 b	15.3 a
10	0.76 b	4.58 a	15.8 a
12	0.79 b	4.46 b	14.9 a
14	1.03 a	3.93 c	12.8 b

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at the 0.05 level

表 7 芥菜腌制发酵正交试验设计及结果

Table 7 Orthogonal experimental design and result of pickled mustard

试验号 Test No.	因素 Factor				亚硝酸盐含量 Nitrite content mg/kg	综合评分 Comprehensive score
	接种量(A) Inoculum amount of lactic acid bacteria	食盐添加量(B) The amount of salt added	发酵时间(C) Fermentation time	发酵温度(D) Fermentation temperature		
1	1	1	1	1	1.52	12.8
2	1	2	2	2	1.31	14.0
3	1	3	3	3	1.57	14.6
4	2	1	2	3	0.82	15.0
5	2	2	3	1	1.02	15.6
6	2	3	1	2	1.24	16.0
7	3	1	3	2	1.39	14.4
8	3	2	1	3	1.18	15.2
9	3	3	2	1	1.03	15.0
K_1	1.46(13.80)	1.24(14.07)	1.31(14.67)	1.20(14.47)		
K_2	1.03(15.53)	1.17(14.93)	1.05(14.87)	1.31(14.80)		
K_3	1.20(14.87)	1.28(15.20)	1.33(14.67)	1.19(14.93)		
极差 Range	0.44(1.73)	0.11(1.13)	0.28(0.20)	0.12(0.47)		
最优水平 Optimal level	$A_2(A_2)$	$B_2(B_3)$	$C_2(C_2)$	$D_3(D_3)$		

注: 括号内的值为感官评分分析结果

Note: The value in brackets is the result of sensory scoring analysis

2.1.4 发酵温度对腌制芥菜品质的影响。温度对乳酸菌的生长繁殖具有重要影响。由表 6 可知,在食盐添加量为 5%、乳酸菌接种量 5%、发酵时间 10 d 的条件下,30 ℃ 以上的高温发酵有利于亚硝酸盐的消除,说明在此温度下乳酸菌生长繁育快、产酸多,降解亚硝酸盐的能力加强。但 35 和 40 ℃ 发酵的样品偏酸、质地较软,感官评分显著低于其他温度发酵的样品。因此,试验采取 20~30 ℃ 的发酵温度做进一步的正交试验。

表 6 发酵温度对腌制芥菜品质的影响

Table 6 Impact of fermentation temperature on the quality of pickled mustard

发酵温度 Fermentation temperature//℃	亚硝酸盐含量 Nitrite content mg/kg	pH	感官评分 Sensory score
20	1.33 a	4.76 a	14.1 a
25	1.43 a	4.68 a	14.3 a
30	0.76 b	4.58 a	15.8 a
35	0.80 b	4.35 b	12.0 b
40	0.79 b	3.89 c	11.6 b

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at the 0.05 level

2.2 芥菜腌制发酵正交试验结果

2.2.1 直观分析。正交试验设计及结果如表 7 所示,由极差 R 分析可知,影响亚硝酸盐含量的因子主次顺序为 $A > C > D > B$,即乳酸菌接种量对腌制芥菜亚硝酸盐含量影响最大,其次是发酵时间,食盐加入量影响最小。根据 K 值得出最佳发酵条件组合为 $A_2B_2C_2D_3$,即乳酸菌接种量 5%、食盐添加量 5%、发酵时间 9 d 及发酵温度 30 ℃。同理,对感官综合评分而言,影响因子的主次顺序为 $A > B > D > C$,即乳酸菌接种量影响最大,其次是食盐添加量,发酵时间影响最小。最佳发酵组合为 $A_2B_3C_2D_3$,即乳酸菌接种量 5%、

食盐添加量 7%、发酵时间 9 d 及发酵温度 30 ℃。综合考虑亚硝酸盐含量及感官评分,选取的最佳发酵工艺条件为乳酸菌接种量为 5%、食盐添加量为 5%~7%、发酵温度 30 ℃、发酵时间 9 d。

2.2.2 方差分析。方差分析显示,影响亚硝酸盐的方差分析结果 $F_A = 2.392, F_B = 0.165, F_C = 1.204, F_D = 0.239, F_{\text{临界值}}$ 均为 4.460;影响感官评分的方差分析结果 $F_A = 2.577, F_B = 1.184, F_C = 0.045, F_D = 0.195, F_{\text{临界值}}$ 均为 4.460。由此可知,方差分析结果与极差分析一致,即影响亚硝酸盐的主次顺序依次为乳酸菌接种量、发酵时间、发酵温度、食盐加入量;影响综合评分的主次顺序依次为乳酸菌接种量、食盐加入量、发酵温度、发酵时间。由 $F_{\text{临界值}}$ 对比各因素 F 值可知,4 个因素在 0.05 水平上影响均不显著。

2.2.3 验证试验。按照最适腌制发酵工艺条件即乳酸菌接种量 5%、食盐添加量 5%~7% (取 6%)、发酵温度 30 ℃、发酵时间 9 d,此条件下亚硝酸盐含量为 0.74 mg/kg,综合评分 16.2,进一步验证了腌制工艺的可行性。

2.3 各种添加物对亚硝酸盐含量及亚硝峰峰值抑制率的影响

2.3.1 各种添加物对亚硝酸盐含量的影响。添加异抗坏血酸钠、藜头、柠檬酸及 EDTA-2Na 对发酵芥菜中亚硝酸盐的影响分别见图 1~4。由图 1~4 中可以看出,对照组在第 1 天出现明显的亚硝峰,而 4 种添加物的亚硝峰不明显,说明 4 种添加物对亚硝峰期的调控作用显著。至发酵结束后,添加异抗坏血酸钠和藜头的样品亚硝酸盐含量与对照相比差异显著 ($P < 0.05$),但不同异抗坏血酸钠浓度之间、不同藜头添加量之间差异不显著 ($P > 0.05$),说明加入 1.0 mg/kg 的异抗坏血酸钠及加入 2% 的藜头可以有效降低发酵芥菜亚硝酸盐含量;加入柠檬酸和 EDTA-2Na 的样品至发酵结束时与对照组差异不显著 ($P > 0.05$),且不同浓度柠檬酸样品之间、不同浓度 EDTA-2Na 样品之间亚硝酸盐含量差异也不显著 ($P > 0.05$)。

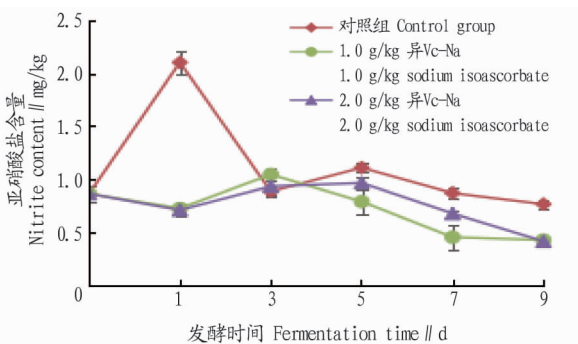


图 1 异抗坏血酸钠对亚硝酸盐含量的影响

Fig. 1 The impact of sodium isoascorbate on the nitrite content

2.3.2 各种添加物对亚硝峰峰值抑制率的影响。由图 5 可知,2 个水平的异抗坏血酸钠对亚硝峰的抑制率都有显著影响 ($P < 0.05$),抑制率高达 65% 以上,但 2 个水平之间的差异不显著 ($P > 0.05$),说明加入 1.0 g/kg 的异抗坏血酸钠可有效降低亚硝峰的峰值。添加 0.1 和 0.2 g/kg 的

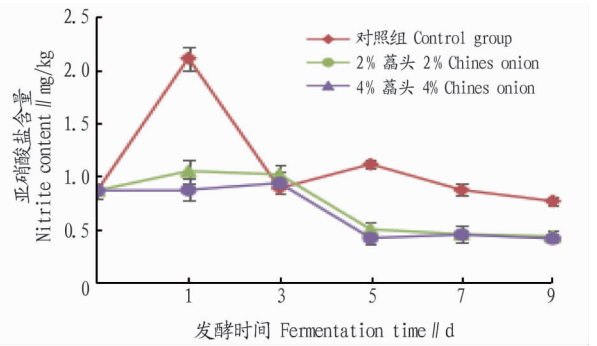


图 2 藜头对亚硝酸盐含量的影响

Fig. 2 The impact of Chinese onion on the nitrite content

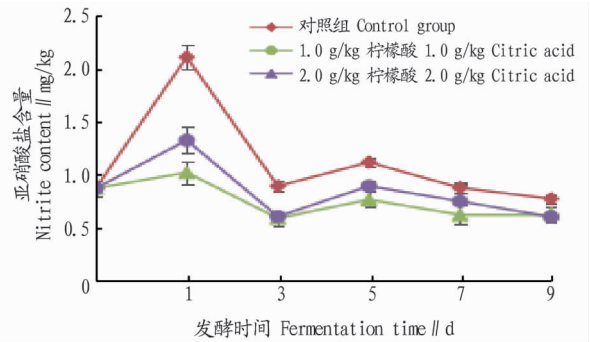


图 3 柠檬酸对亚硝酸盐含量的影响

Fig. 3 The impact of citric acid on the nitrite content

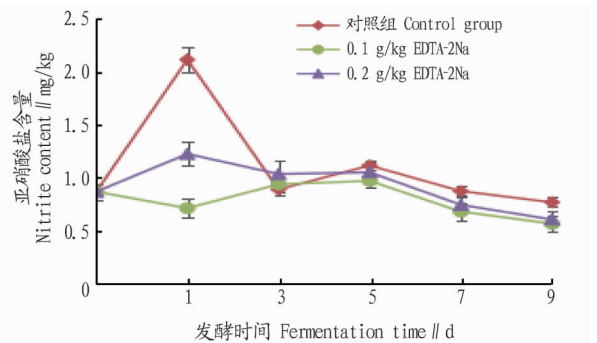


图 4 EDTA-2Na 对亚硝酸盐含量的影响

Fig. 4 The impact of EDTA-2Na on the nitrite content

EDTA-2Na 对亚硝峰抑制率差异显著 ($P < 0.05$),添加 0.1 g/kg EDTA-2Na 的抑制率 (66.2%) 显著高于添加 0.2 g/kg EDTA-2Na 的抑制率 (42.4%),可能的原因是过量的 EDTA-2Na 络合了影响乳酸菌生长的一些金属离子,在发酵的前期影响了乳酸菌的生长。藜头的添加对亚硝峰的抑制率也有显著影响 ($P < 0.05$),添加 4% 藜头的亚硝峰的抑制率略高于添加 2% 藜头的抑制率,从品质上看,添加 4% 藜头的样品,品质明显好于添加 2% 藜头的样品。藜头是一深受国内外消费者欢迎的制作酱腌菜原料,有较强的清除亚硝酸盐的能力,这与藜头在体外能抑制 N-二甲基亚硝胺 (ND-MA) 和 N-二乙基亚硝胺 (NDEA) 的化学合成有关^[8]。柠檬酸为酸味剂,起到调节发酵液 pH 的作用。添加 1.0 g/kg 的柠檬酸对亚硝峰的抑制率 (51.9%) 显著高于添加 2.0 g/kg 的样品,可能的原因是过量的柠檬酸抑制了乳酸菌的生长繁殖。

不同添加物对亚硝峰的抑制率效果不一。姜汁对亚硝峰的抑制率高达 81.5%^[9], 蒜为 47.9%, 葱为 41.6%^[5]。该研究中的添加物对亚硝峰的抑制率为 38.1%~66.9%, 这可能与不同添加物对亚硝酸盐抑制过程中所起的作用不一致有关。

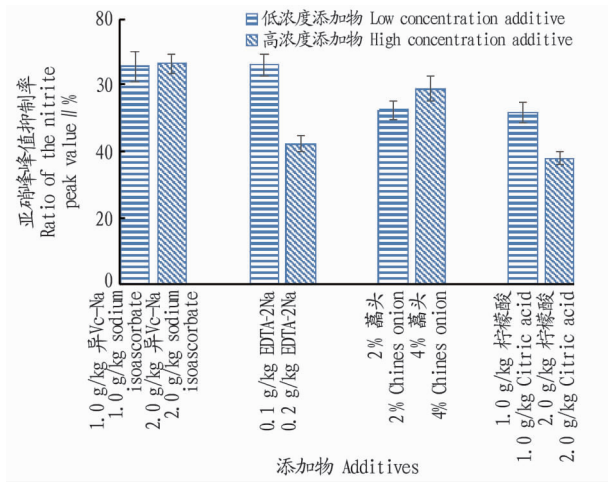


图 5 不同添加物对亚硝峰峰值的抑制率

Fig. 5 Inhibition ratio of the nitrite peak value for different additives

3 结论

该试验采用腌制发酵法,以亚硝酸盐含量及感官评分为指标,考察乳酸菌接种量、食盐添加量、发酵温度和发酵时间 4 个因素对腌制芥菜品质的影响,通过正交试验,优化芥菜腌

(上接第 79 页)

表 6 显示, W₄ 的结实率最高,为 94.85%, W₃ 结实率较高,为 93.46%; W₃ 产量最高,达 11 463.23 kg/hm², W₄ 与 W₂ 产量相差不大。说明油菜秸秆还田后提高了水稻的结

表 5 大田定位试验中不同处理主要生育期的水稻茎蘖动态变化(分蘖数/单株)

Table 5 Dynamic change of rice stem and tiller (tiller number per plant) of different treatments during different growth stages in field positioning test

处理 Treatments	06-28	07-13	07-27	08-12
W ₁	5.30	11.26	10.54	8.30
W ₂	8.20	12.90	11.30	9.00
W ₃	7.50	15.50	14.10	10.40
W ₄	8.40	12.40	10.00	9.20

表 6 大田定位试验中不同处理的水稻产量比较

Table 6 Comparison of rice yield with different treatments in field positioning test

处理 Treatments	结实率 Seed setting rate / %	结实率比 W ₁ 增减 Increase or decrease than W ₁ / %	产量 Yield kg/hm ²	产量比 W ₁ 增减 Increase or decrease than W ₁ / %
W ₁	92.78	—	9 538.50	—
W ₂	89.25	-3.80	10 630.05	11.44
W ₃	93.46	0.73	11 463.23	20.18
W ₄	94.85	2.23	10 566.76	10.78

制发酵工艺。以亚硝酸盐含量及亚硝峰的抑制率为考察指标,采用单因素试验法,考察 4 种添加物对亚硝酸盐含量的调控作用。结果表明,在乳酸菌接种量 5%、食盐添加量 5%~7% (取 6%)、发酵温度 30 ℃、发酵 9 d 的工艺条件下,腌制芥菜的亚硝酸盐含量为 0.74 mg/kg,远低于 20 mg/kg 的国家标准,所得的腌制芥菜风味可口。4 种添加物中,异抗坏血酸钠和蒜头不仅可以有效降低亚硝峰的峰值,且能进一步减少成品中亚硝酸盐含量,而柠檬酸和 EDTA-2Na 仅能有效抑制亚硝峰的峰值,不能有效降低成品中亚硝酸盐含量。

参考文献

- [1] 罗燕华,陈亚雪,黄意甘,等. 芥菜新品种‘漳芥 1 号’的选育[J]. 福建农业学报,2014,29(7):662-665.
- [2] 马霞,韩迪,张吉,等. 乳酸菌在发酵果蔬中的应用[J]. 中国乳品工业,2013,41(1):40-42.
- [3] 孟繁博,张万萍,姜金龙,等. 响应面法优化腌制芥菜发酵工艺的研究[J]. 广东农业科学,2015,42(3):79-84.
- [4] 杨性民,刘青梅,徐喜圆,等. 人工接种对泡菜品质及亚硝酸盐含量的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2003,29(3):291-294.
- [5] 黄丽慧,张雁,魏振承,等. 响应面法优化香辛料调控发酵芥菜亚硝酸盐含量的工艺[J]. 中国食品学报,2013,13(11):61-70.
- [6] 邹辉,刘晓英,陈义伦,等. 泡菜(白菜)腌制过程中有机酸对亚硝酸盐含量的影响[J]. 食品与发酵工业,2013,39(11):29-32.
- [7] 黄芑,吴晓水,李远志,等. 抗氧化剂对腌芥菜中亚硝酸盐消除效果的研究[J]. 食品科技,2009,34(5):77-80.
- [8] 阙健全,王光慈,陈宗道,等. 蒜头和苦瓜汁抑制亚硝胺合成的体外试验[J]. 营养学报,1995,17(4):409-413.
- [9] 汪勤,高祖民. 姜汁与维生素 C 阻断腌渍蔬菜产生亚硝酸盐的研究[J]. 南京农业大学学报,1991,14(4):99-103.

实率和产量。

3 结论与讨论

该研究结果表明,通过微区和大田定位进行油菜秸秆还田试验,虽然在土壤有机质的变化结果上有差异,但共同的结果是秸秆还田对土壤养分变化都产生了较大影响,油菜秸秆还田对水稻移栽后秧苗分蘖及生长也无不利影响,并且提高了水稻的结实率和产量,有一定的增产效果。

对于稻油轮作制度下的秸秆还田物质变化,主要是碳氮的变化。土壤有机质含量是衡量土壤肥力的重要指标,也是平衡施肥的重要参数,其形成量取决于进入土壤的有机物料数量及其腐解残留率的大小^[6],因此需进一步探讨秸秆的腐解率及木质素等不溶性碳的变化。

参考文献

- [1] 曾木祥,王蓉芳,彭世琪,等. 我国主要农区秸秆还田试验总结[J]. 土壤通报,2002,33(5):336-339.
- [2] 辛刚,颜丽,汪景宽,等. 不同开垦年限黑土有机质变化的研究[J]. 土壤通报,2002,33(5):332-335.
- [3] 李逢雨,孙锡发,冯文强,等. 麦秆、油菜秆还田腐解速率及养分释放规律研究[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(2):374-380.
- [4] 戴志刚,鲁剑巍,李小坤,等. 不同作物还田秸秆的养分释放特征试验[J]. 农业工程学报,2010,26(6):272-276.
- [5] 陈冬林,易镇邪,周文新,等. 不同土壤耕作方式下秸秆还田量对晚稻土壤养分与微生物的影响[J]. 环境科学学报,2010,30(8):1722-1728.
- [6] 于淑芳,杨力,张玉兰,等. 长期施肥对土壤腐殖质组成的影响[J]. 土壤通报,2002,33(6):165-167.