

逆流脱盐工艺对榨菜品质及盐渍液的影响

Effects of countercurrent desalination process to the pickled mustard tubers and saline solution

赵丹¹ 张祥鹏¹ 张磊² 赵天天¹

ZHAO dan¹ ZHANG Xiang-peng¹ ZHANG Lei² ZHAO Tian-tian¹

秦春青¹ 李朝盛³ 刘雄^{1,3}

QIN Chun-qing¹ LI Chao-sheng² LIU Xiong^{1,2}

(1. 西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2. 重庆师范大学生命科学学院, 重庆 401331;

3. 重庆市特色泡菜科技专家大院, 重庆 408000)

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. College of Life Science, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China;

3. Chongqing Specialty Tuber Mustard Technology Experts Compound, Chongqing 408000, China)

摘要:以腌制好的盐坯榨菜为原料,传统的脱盐处理方法作对照,研究三级逆流梯度脱盐工艺对榨菜脱盐处理后品质的影响。结果表明:榨菜采用三级逆流梯度脱盐方法[总菜水比为 1:2(g/mL),三级浓度梯度菜水比 1:2(g/mL),3 min;二级浓度梯度菜水比 1:1(g/mL),3 min;一级浓度梯度即清水处理组菜水比 1:1(g/mL),3 min]处理后榨菜品质最好,处理后的榨菜含盐量为 6.0%,总酸 3.4 g/kg,氨基酸总量 664 mg/100 g,风味物质为 53 种;处理后的终极脱盐液中盐分 3.2%,总酸 1.76 g/kg,氨基酸总量 80.3 mg/100 g,可用于榨菜酱油的加工。该脱盐处理方法的脱盐效果好、对榨菜品质影响小、可减少脱盐过程中的用水量同时缓解污水处理压力。

关键词:榨菜;梯度脱盐;品质

Abstract: Compared to the traditional desalination process, the effect of three-stage countercurrent gradient desalination on the quality of the pickled mustard tubers was studied. The results showed that the quality of the pickled mustard tubers treated by three-stage countercurrent desalination was better than others. It was found that the total ratios of pickled mustard tubers and water was 1:2(g/mL), 1:1(g/mL), and 1:1(g/mL) in the reaction level 3, 2 and 1, respectively, desalting for 3 min, and the level 1 was confirmed to be the best reaction among the three ones. In this case, the content of salt, total acid and total amino acid in the pickled mustard tubers

were 6.0%, 3.4 g/kg, and 664 mg/100 g, respectively, and 53 kinds of flavor substances were detected. The content of salt, total acid and total amino acid in the final saline solution were 3.2%, 1.76 g/kg, and 80.3 mg/100 g, respectively. Therefore, the final saline solution could be used for the process of mustard tubers sauce. In conclusion, this desalination process turned out to be more effective than the traditional one, and the quality of the pickled mustard tubers in this reaction was better than those in others. Moreover, it could help to reduce the water consumption during the process and then could alleviate the pressure of sewage treatment.

Keywords: tuber mustard; desalination; quality

腌制后的榨菜风味好、口味佳且营养丰富,深受广大消费者的喜欢^[1]。但是腌制后榨菜含盐量高,不能满足当前人们低盐摄入量的健康生活方式^[2-3]。因此,榨菜在流入市场以前需要经过不同程度的脱盐处理。榨菜传统的脱盐工艺分为静水脱盐和流水脱盐。李贤^[4]认为在脱盐过程中加入 0.10% 的 CaCl₂ 对榨菜有较好的保脆效果。刘青梅等^[5]认为,臭氧水在静水脱盐过程中,可以杀菌,降低亚硝酸盐含量、保持榨菜的硬度和脆度、降低榨菜中的农药含量。张玉^[6]认为静水脱盐中影响因素的主次为:榨菜规格、浸泡时间、料水比、浸泡温度。在流水脱盐中,除静水脱盐的影响因素外,流水的流速、溶液浓度、搅拌速度等对脱盐效果也有影响^[7]。

以上研究多注重影响榨菜脱盐效果的因素和如何保脆,却忽视了脱盐过程中榨菜的营养物质损耗和脱盐废水给社会 and 厂家带来的压力。目前已有的盐渍水治理方法包括物理法、生化处理法和注入新鲜水法;电渗析、膜过滤等物理法

作者简介:赵丹,女,西南大学在读硕士研究生。

通讯作者:刘雄(1970—),男,西南大学教授,博士。

E-mail: liuxiong848@hotmail.com

收稿日期:2016-07-06

处理成本太高,生产厂家无法承受;由于废水含盐量高,微生物的生长繁殖受到严重影响使得生化方法可行性较低,难以达到治理目的;部分企业采用新鲜水注入法,但是采用该方法处理榨菜会消耗大量的水资源给榨菜企业污水处理方面带来巨大的压力,阻碍泡菜行业的可持续发展^[8-9]。本试验拟在前人脱盐工艺研究^[4-7]的基础上,从脱盐量、榨菜品质、营养、风味等方面改进脱盐工艺,旨在研究一种新型的脱盐方式,以期降低榨菜的含盐量、保持榨菜的营养品质,又可将脱盐后的废水转化为榨菜的副产品榨菜酱油。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

腌渍成熟的榨菜:盐含量 12.99%,总酸含量 7.58 g/kg,氨基酸总量 1 353.38 mg/100 g,风味物质共 68 种,涪陵辣妹子食品集团有限公司;

盐酸:优级纯,重庆川东化工有限公司;

硝酸银、铬酸钾、氢氧化钠、酚酞、邻苯二甲酸氢钾、二氯甲烷、无水硫酸钠:分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

1.2 主要的仪器和设备

全自动氨基酸分析仪:L-8900型,日本日立公司;

气相色谱/质谱联用仪:GC-MS-QP-Z010PLUS型,日本岛津公司。

1.3 试验方法

1.3.1 榨菜脱盐工艺流程

原料榨菜整理(去根)→切分(控制榨菜的规格 10 mm×5 mm×5 mm)→二级浓度液脱盐→一级浓度液脱盐→清水脱盐→测定指标(含盐量、总酸、氨基酸、风味物质)

1.3.2 不同料水比梯度脱盐处理 采用处理榨菜两次的水作为二级梯度脱盐液,处理榨菜一次的水作为一级梯度脱盐液,最终处理的溶液为清水。清水处理榨菜后变为一级梯度液,原始的一级梯度液处理榨菜后变为二级梯度液,原始的二级梯度液经过再一次的脱盐处理成为终极脱盐液,此时盐和营养物质浓缩,更有利于榨菜酱油的加工。如此往复、循环利用(见图 1)。

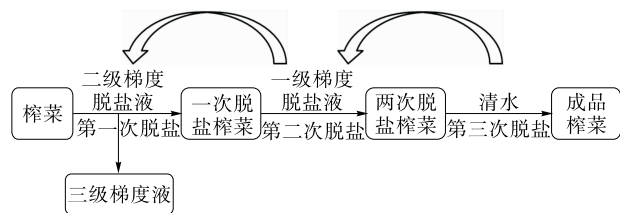


图 1 榨菜逆流梯度脱盐工艺流程图

Figure 1 Countercurrent gradient desalting process flow chart of tuber mustard

设置 3 组试验:一、二、三梯度的处理料水比(g/mL)分别为 1:1,1:1,1:2(112 组);1:2,1:1,1:1(211 组);1:1,1:2,1:1(121 组)。检测样品的盐分、总酸、风味物质、氨基酸含量。以传统的工业脱盐方法作为对照组,工艺条件为菜水比 1:3(g/mL),时间 10 min,温度为 30 ℃。

1.4 理化指标测定

1.4.1 盐分的测定 按 GB/T 12457—2008《食品中氯化钠

的测定》的直接滴定法执行。

1.4.2 总酸的测定 按 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》的酸碱滴定法执行。

1.4.3 风味物质的测定 根据文献^[10],修改如下:称取样品 50 g,置于 500 mL 的蒸馏烧瓶中,加入 100 mL 去离子水,置于 SDE 装置的一端;于 250 mL 的蒸馏烧瓶中加二氯甲烷 50 mL,置于 SDE 装置的另一端。样品液加热处理保持微沸状态,二氯甲烷端于 40 ℃ 水浴中加热连续蒸馏萃取 1 h。萃取液置于 -10 ℃ 冰箱中脱水干燥一昼夜,过滤,得到挥发性组分样品,然后用旋转蒸发器浓缩至 2 mL,得到挥发性组分浓缩液供 GC/MS 分析。

气相色谱条件升温程序:60 ℃ 保持 3 min,以 15 ℃/min 升至 80 ℃,保持 0 min,以 6 ℃/min 升至 200 ℃,保持 3 min,以 10 ℃/min 升至 230 ℃,保持 3 min。进样量 5 μL;载气:He;气化室温度 200 ℃;分流比 20:1。色谱柱:DB-5 MS 石英毛细管柱(30 m×0.25 mm,0.25 μm)。

质谱条件离子化方式:EI 离子源,GC/MS 接口温度:200 ℃;离子源温度:200 ℃;电子能量:70 eV;发射电流:60 μA;电子倍增器电压:900 V;质量扫描范围:20~500 u。

1.4.4 氨基酸含量的测定 依据文献^[11]修改如下:取 10 g 左右的榨菜,在研钵中磨碎。准确称取试样 2 g。加入少量 0.02 mol/L HCl 溶液溶解样品,转移至容量瓶(50 mL)中,然后用 0.02 mol/L HCl 溶液定容至刻度,摇匀。用移液器移取配制好的溶液 1 mL 置于 10 mL 容量瓶中,用 0.02 mol/L HCl 溶液定容至刻度,摇匀。将稀释后的样品溶液用 0.22 μm 滤膜过滤,上机检测。

1.4.5 数据处理方法 采用 Excel 2007 和 SPSS 22.0 对试验数据进行作图及统计分析,差异显著性(P<0.05)用不同字母(a/b)表示。对于气味物质分析中的未知化合物采用计算机检索 NIST08 质谱图库检索定性;化合物相对含量采用峰面积归一法进行定量。

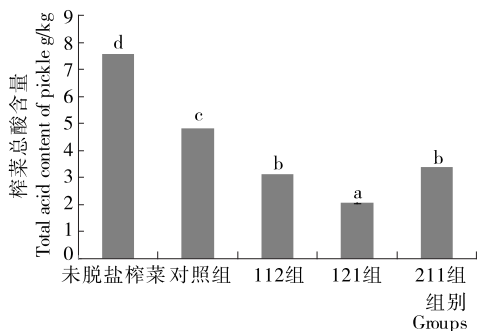
2 结果与分析

2.1 梯度脱盐处理对榨菜总酸的影响

食品中有机酸含量的多少,直接影响食品的风味、色泽、稳定性和品质的高低。榨菜中的总酸(以乳酸计)太高,榨菜偏酸、口感不好,甚至会产生酸败现象;总酸太低,食品容易变质。DBS50/016—2014《食品安全地方标准 传统风干榨菜》规定榨菜总酸含量≤1.5 g/100 g,因此在该标准的范围内,总酸含量越高越好。由图 2 可知,榨菜经过不同处理组处理后,所有处理组中总酸含量都符合生产要求,并且总酸含量有不同程度的降低;梯度脱盐组总酸的含量都小于对照组,差异显著(P<0.05),即对照组对于总酸的保持效果最好。从榨菜总酸含量单方面分析,梯度脱盐对榨菜的护酸能力不如传统脱盐方式。原因是虽然梯度脱盐相对于对照组总用水量少,但是脱盐过程中接触水的总体积却比传统脱盐的大,因此酸的损失会更多。

2.2 梯度脱盐处理对榨菜盐含量的影响

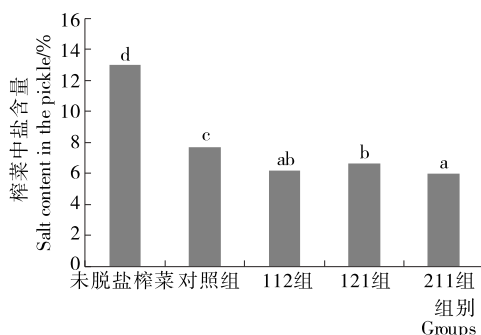
由图 3 可知,榨菜脱盐后盐分含量依次为:对照组>121



字母不同表示两者有显著差异 ($P < 0.05$)

图 2 不同处理组榨菜总酸的含量

Figure 2 Total acid of different tuber mustard treatment group



字母不同表示两者有显著差异 ($P < 0.05$)

图 3 不同处理组榨菜盐分含量

Figure 3 Salt content of different tuber mustard treatment group

组 > 112 组 > 211 组, 梯度脱盐处理组的榨菜含盐量明显低于对照处理组的, 且梯度脱盐组与对照组盐分含量差异显著 ($P < 0.05$)。211 组的含盐量 (6.00%) 显著低于对照组 (7.69%), 说明 211 处理组的脱盐效果好于对照组。

2.3 榨菜挥发性风味成分

榨菜因其独特的味道而备受消费者喜欢, 减少风味物质在榨菜脱盐过程中的损失尤其重要。经过 GC/MS 分析, 不同处理组其风味物质的含量不同。

分析其风味物质成分表可以看出几种处理组相同的风味物质有 36 种, 其中硫类物质共 4 种, 公有的硫类物质有 3 种, 基本含量为 1.99%~7.88%, 含量相对较高, 且其嗅感阈值很低, 因此有机硫化物大多有强烈的气味, 对榨菜的香味有重要影响^[12]; 酰胺类物质含量为 12.6%~25.5%, 虽然含量很高但是由于自身基本无味所以对榨菜的香气形成的作用不大。各处理组的峰图见图 4, 各物质的含量见表 1。

所有脱盐处理组中风味物质种类 211 组 > 112 组 > 121 组 > 对照组。酯类对于榨菜的香味形成非常重要, 榨菜发酵的后熟阶段, 酯化反应是风味物质产生的主要反应之一, 产生较多的酯类物质, 赋予榨菜特殊的香味^[13]。对照组中酯类的相对含量低于梯度脱盐组, 且酯类物质的种类含量: 211 组 > 121 组 > 112 组 > 对照组。榨菜是一种发酵食品, 酸类物质是榨菜发酵后形成榨菜风味的重要物质, 从数据可以看

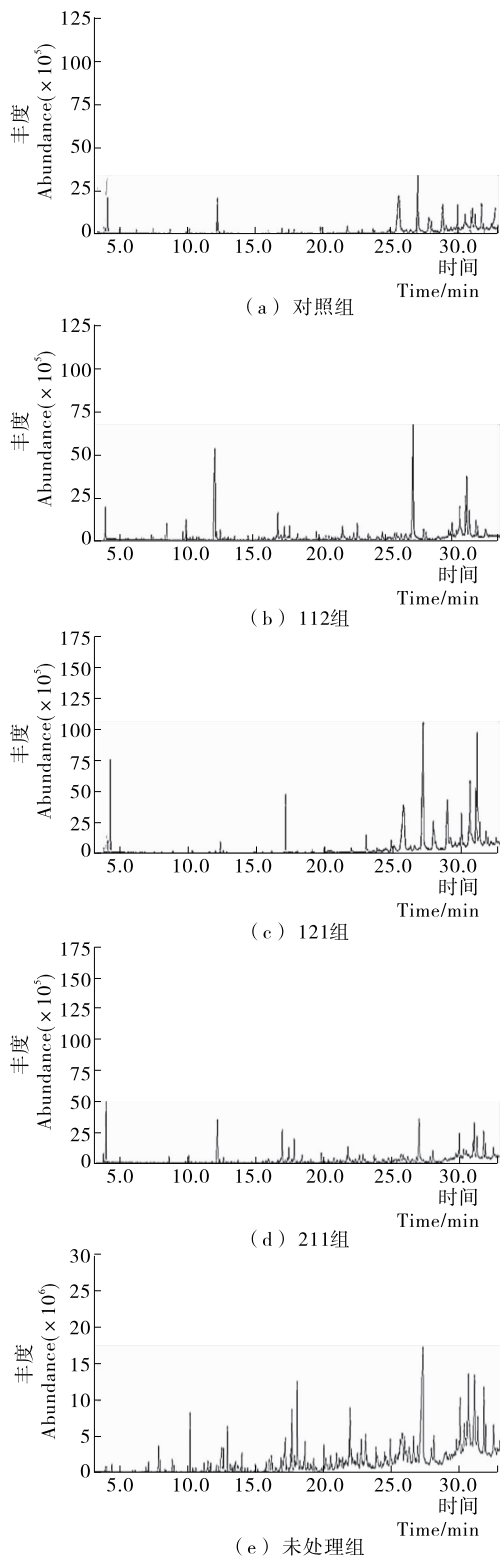


图 4 测定组的总离子流图

Figure 4 The detection group of total ion flow diagram

出, 酸类的相对含量很高, 且阈值较低, 因此对榨菜的风味贡献作用较大, 对其滋味和香味的形成都有较大的影响。酸类物质的含量依次为: 112 组 > 121 组 > 211 组 > 对照组。醛类物质含量很低^[14], 赋予食品香气能力强, 211 处理组的醛类有 8 种, 比对照组多出 3 种, 各组物质的种类数见表 2。

表1 榨菜挥发性风味成分表

Table 1 The volatile flavor components of tuber mustard

编号	物质名称	保留时间/min	相对含量/%				
			未处理组	对照组	211	121	112
1	糠醛	3.290	0.11	—	0.06	—	—
2	异硫氰酸烯丙酯	3.910	1.91	2.21	4.62	4.08	2.23
3	异戊醇	4.448	0.01	—	—	—	—
4	叔丁基异硫氰酸酯	4.945	0.01	—	—	—	—
5	二甲基三硫	5.760	0.02	0.03	0.05	0.04	0.02
6	3-丁烯基异硫氰酸酯	5.940	0.01	—	0.03	—	—
7	正辛醛	6.420	0.01	0.10	0.04	0.03	0.02
8	反式-2,4-庚二烯醛	6.600	0.06	—	0.03	—	—
9	苯乙醛	7.330	0.09	—	0.05	—	—
10	壬醛	8.690	0.01	0.96	0.14	0.15	0.10
11	2,4-二甲基苯胺	10.140	0.02	1.26	0.19	0.18	0.09
12	癸醛	11.080	0.04	0.22	0.03	0.03	0.02
13	二甲基四硫醚	11.390	0.06	0.05	0.08	0.07	0.03
14	苯代丙腈	11.830	0.10	0.07	0.18	0.16	0.05
15	1,6-己内酰胺	12.190	0.06	14.20	0.74	1.15	0.89
16	反式-2-壬烯醛	12.400	0.07	0.11	0.19	0.20	0.13
17	癸酸	14.670	0.10	0.07	0.11	0.12	0.08
18	2-十二烯醛醇	14.760	0.03	—	—	0.16	—
19	2-十一烯醛	14.770	0.01	0.35	0.12	—	0.09
20	丁位十一内酯	15.290	0.03	0.02	0.06	0.06	0.04
21	苯甲酸丙酯	15.970	0.03	0.47	0.18	0.10	0.19
22	1,4-二乙酰苯	16.250	0.04	0.09	0.04	—	0.03
23	香叶基丙酮	16.600	1.69	0.11	—	—	—
24	十一酸	16.840	0.34	—	0.07	—	0.05
25	异硫氰酸苯乙酯	17.000	0.04	2.29	3.14	3.76	2.03
26	月桂醇	17.220	0.02	1.04	0.15	0.22	0.17
27	环己甲酰胺	17.340	0.12	0.04	0.10	0.09	0.05
28	2,4-二叔丁基苯酚	17.870	0.02	1.26	0.17	0.22	0.12
29	月桂酸	18.970	0.02	0.18	0.16	0.18	0.14
30	顺式-3-辛烯醇	20.567	0.06	—	—	0.02	—
31	癸醚	20.983	0.02	—	—	0.02	—
32	豆蔻醇	21.409	0.26	—	—	0.06	—
33	邻苯二甲酸双十三烷基酯	22.092	0.02	—	—	0.02	—
34	肉豆蔻酸	22.940	0.85	1.45	1.13	1.13	1.24
35	2-丁基-1-辛醇	24.230	0.1	0.13	0.09	—	0.07
36	顺-6-十八碳烯酸	24.370	0.23	—	0.19	0.16	0.25
37	己基癸醇	24.480	0.13	0.13	0.10	—	0.11
38	正十五酸	24.790	0.66	0.98	0.85	0.87	1.07
39	亚油酸异丙酯	24.930	1.29	—	—	—	0.64
40	油酸酰胺	25.690	15.33	7.32	12.56	8.85	8.94
41	棕榈酸甲酯	26.210	0.32	0.66	0.26	0.25	0.32
42	油酸	26.490	0.56	0.43	0.60	0.83	1.40
43	10-十一烯酸	26.800	0.13	—	0.11	—	—
44	邻苯二甲酸二异丁酯	26.880	0.07	0.09	0.12	0.10	0.33
45	棕榈酸	27.150	17.49	16.66	18.27	21.34	27.21
46	棕榈酸乙酯	27.880	5.22	0.86	4.31	3.30	3.16

续表 1

编号	物质名称	保留时间/min	相对含量/%				
			未处理组	对照组	211	121	112
47	乙酸十八酯	28.200	0.01	—	0.02	—	—
48	2,2-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)	28.920	5.50	0.43	7.95	4.99	2.23
49	反-2-十一烯醇	29.350	0.52	—	0.46	—	—
50	硬脂酸乙烯酯	29.567	0.08	—	—	0.08	—
51	油酸乙二醇酯	29.640	0.29	—	—	0.29	—
52	二十一醇	29.750	0.32	0.85	0.65	0.73	0.32
53	亚油酸甲酯	29.850	0.67	0.56	0.72	0.81	0.47
54	亚麻酸甲酯	29.950	1.37	1.06	1.97	1.74	1.35
55	油酸甲酯	30.130	0.10	—	0.59	0.17	0.10
56	苾	30.310	1.13	—	0.48	—	—
57	亚麻酸	30.590	12.80	2.89	6.14	8.39	21.47
58	顺-9-十四碳烯醇	30.730	3.73	1.25	1.40	0.93	—
59	亚油酸	31.010	3.35	3.39	6.27	2.98	2.40
60	硬脂酸	31.050	2.05	—	—	—	2.05
61	亚麻酸乙酯	31.110	5.38	4.77	7.43	6.59	5.42
62	油酸乙酯	31.240	0.91	—	0.76	1.33	0.83
63	十六碳酰胺	31.310	0.53	2.68	2.35	3.30	2.63
64	硬脂酸乙酯	31.630	0.72	0.14	0.75	0.49	0.36
65	2-丁基-1-辛醇	32.120	0.16	—	—	0.32	—
66	乙二醇单硬脂酸酯	32.510	0.03	1.21	0.82	1.01	0.71
67	2,3,4-三甲基-3-戊醇	32.770	0.03	—	0.17	0.06	0.07

表 2 榨菜挥发性风味物质种类表

Table 2 The kinds of volatile flavor components of tuber mustard

风味物质	种类数					相对含量/%				
	未处理组	对照组	112 组	121 组	211 组	未处理组	对照组	112 组	121 组	211 组
酯类	17	11	12	11	13	17.99	16.54	9.84	13.92	16.34
醇类	12	5	5	6	7	3.02	5.37	3.40	0.74	2.50
醚类	2	1	1	1	2	0.08	0.08	0.05	0.03	0.09
酚类	2	2	1	1	1	8.12	5.52	1.69	2.35	5.21
醛类	9	5	5	5	8	0.54	0.39	1.39	0.27	0.41
酸类	12	7	11	9	11	33.90	38.58	26.05	57.36	36.00
胺类	5	5	5	5	5	15.94	16.06	25.50	12.60	13.57
含硫化合物	4	4	3	3	3	7.84	1.99	4.53	4.28	7.88
杂环化合物	3	2	2	1	2	0.16	2.81	0.14	0.08	0.22
苾	1	0	0	0	1	0.48	1.13	0.00	0.00	0.00
酮	1	1	0	0	0	0.00	1.69	0.11	0.00	0.00
合计	67	42	45	42	53	88.07	87.35	72.7	91.63	82.22

2.4 脱盐榨菜和浸泡液中氨基酸含量

氨基酸是榨菜的重要营养成分,氨基酸含量的高低代表着榨菜营养成分的多少。由表 3 可知,榨菜脱盐过程中有大量氨基酸损失。对比梯度脱盐 and 传统脱盐方法可以看出梯度脱盐处理组的榨菜总氨基酸含量基本高于传统脱盐法,即梯度脱盐处理组对于保持榨菜脱盐处理后总氨基酸的含量具有较好的效果。食品中氨基酸的种类是感官呈味的一项重要指标,大多数氨基酸及其盐有甜味或苦味,少数几种有

鲜味或酸味^[15],学术上经常将谷氨酸、天冬氨酸、苯丙氨酸、丙氨酸、甘氨酸和酪氨酸称为呈味氨基酸,它们的存在会使榨菜及发酵后的榨菜酱油产生独特的风味,且呈味氨基酸含量越高酱油的品质越好。在梯度脱盐组内氨基酸总含量 121 组 > 211 组 > 112 组,即在梯度处理组中二级浓度梯度处理时[菜水比为 1:2(g/mL)]对于保持脱盐后榨菜的总氨基酸具有较好的效果。对比梯度脱盐处理组内三级浓度梯度脱盐液中氨基酸的含量,可以看出 112 组 > 121 组 > 211 组 >

表3 脱盐榨菜和浸泡液中氨基酸含量

Table 3 Amino acid of Desalination tuber mustard andsoaking liquid mg/100 g

氨基酸	原料榨菜	梯度处理组				三级浓度脱盐液			
		对照组	112组	121组	211组	对照组	112组	121组	211组
Asp	24.79	15.83	12.19	14.53	16.15	0.69	1.76	1.66	1.46
Thr	37.37	5.49	21.81	5.44	5.49	0.27	0.60	0.57	0.54
Ser	37.32	25.51	23.68	24.81	26.78	1.53	3.00	2.71	2.65
Glu	216.40	153.56	118.81	148.25	137.84	6.95	17.91	16.11	14.90
Gly	43.79	25.69	19.91	23.82	26.60	1.37	3.53	3.49	2.85
Ala	206.13	120.03	88.68	114.43	115.00	6.96	16.68	16.55	13.08
Cys	117.79	42.07	34.43	41.84	42.95	2.01	5.12	5.09	4.33
Val	75.80	47.75	36.56	46.36	38.89	2.36	6.12	6.06	4.95
Met	33.57	9.78	7.71	10.22	10.86	0.43	1.34	1.31	1.01
Ile	48.22	29.30	23.41	29.64	21.21	1.14	3.94	3.67	3.05
leu	86.48	50.00	38.81	48.28	43.18	2.48	6.26	6.26	5.22
Tyr	40.86	33.43	30.20	34.95	31.67	1.39	3.44	3.31	2.99
Phe	112.96	64.20	77.17	85.54	66.16	3.28	9.04	9.38	6.61
Lys	22.93	18.81	18.88	22.64	2.84	0.00	0.00	2.16	0.26
His	30.40	16.12	19.73	24.32	18.36	0.84	2.98	2.94	1.72
Arg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pro	150.68	0.00	0.00	0.00	0.00	4.39	9.87	9.47	9.50
总氨基酸	1 285.49	597.55	571.96	675.07	664.00	36.09	91.60	90.73	76.10

对照组,且梯度脱盐液中氨基酸的含量是传统脱盐浸泡液的2倍多。

与脱盐处理后的榨菜相比,榨菜水中含有一定量的脯氨酸。此现象说明在脱盐的过程中脯氨酸会全部流失,梯度脱盐工艺对脯氨酸可以达到完全浓缩,并且脯氨酸属于疏水性氨基酸,主要呈甜味,对榨菜酱油独特风味的形成具有重要的意义。

2.5 脱盐后榨菜水(三级梯度脱盐液)的营养成分

梯度脱盐组对比于对照组,三级梯度脱盐液中盐、总酸及总氨基酸都得到了浓缩,且氨基酸的总量大于对照组的2倍;由于多次脱盐,盐分和总酸的含量大于其3倍。营养物质自然浓缩,有利于榨菜酱油的加工^[6],三级梯度脱盐液的营养成分含量见表4。

3 结论

采用梯度脱盐方式处理榨菜后,根据榨菜的品质选出最优的处理条件:211处理组即总菜水比(g/mL)为1:2(二级

浓度梯度菜水比1:2,3 min;一级浓度梯度菜水比1:1,3 min;最后一级清水处理组菜水比1:1,3 min)处理组榨菜脱盐后品质最好。脱盐处理后榨菜的含盐量为6.0%,总酸3.4 g/kg,氨基酸总量664 mg/100 g,风味物质为53种。而传统脱盐处理组脱盐处理后榨菜的含盐量为7.69%,总酸4.81 g/kg,氨基酸总量597.55 mg/100 g,风味物质为42种。梯度脱盐处理组的榨菜品质优于传统脱盐组,梯度脱盐工艺是榨菜脱盐工艺上的一个进步。

梯度脱盐处理后终极脱盐液营养成分高,对盐分、总酸和氨基酸都起到浓缩效果。梯度脱盐处理榨菜后既能保持榨菜的风味又可以增加榨菜脱盐液中氨基酸和盐分浓度,其中三级梯度脱盐液的氨基酸总量高于对照处理组2.5倍左右,盐分的浓度高于对照处理组3倍左右。天然的浓缩过程减少了榨菜酱油制造前的工艺、降低了加工成本,并且将榨菜脱盐用水量从菜水比1:3(g/mL)降低到1:2(g/mL),每年可节省水6.775×10⁸ t,缓解了企业处理废水的压力。但是该方法目前只停留在实验室层面,如何运用于车间化生产仍然是需面对的重要难题,为了使该方法用于生产中,还需要多次试验进行研究。

表4 脱盐后榨菜水(三级梯度脱盐液)的营养成分含量

Table 4 After desalting tuber mustard nutrition ingredient content of water

处理组	盐分%	总酸/ (g·kg ⁻¹)	总氨基酸/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)
对照组	1.32	0.69	36.09
112组	4.34	2.20	91.60
121组	4.36	2.15	90.73
211组	3.20	1.76	76.10

参考文献

[1] 曾凡坤,王中风,吴永娴,等.传统涪陵榨菜工业化生产工艺研究[J].中国食品学报,2004,4(1):24-29.
[2] 王庆喜.减少食盐的摄入量与减少心脏病发生的奉献风险有关[J].心血管病曼防治知识,2007,7(7):28.

(下转第182页)

- supplementation to a practical diet formulation on juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*: growth, survival, hematology, innate immune activity, and lipid biochemistry[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2014, 45(2): 163-172.
- [8] SALVADOR A M, ALONSO-DAMIÁN A, CHOUBERT G, et al. Effect of soybean phospholipids on canthaxanthin lipoproteins transport, digestibility, and deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(22): 9 202-9 207.
- [9] SALEH R, BETANCOR M B, ROO J, et al. Effect of krill phospholipids versus soybean lecithin in microdiets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae on molecular markers of antioxidative metabolism and bone development[J]. Aquaculture Nutrition, 2014, 21(4): 474-488.
- [10] HOSOMI R, FUKUNAGA K, FUKAO M, et al. Combination effect of phospholipids and *n*-3 polyunsaturated fatty acids on rat cholesterol metabolism[J]. Food Science and Biotechnology, 2012, 21(5): 1 335-1 342.
- [11] 徐云峰, 杨哪, 金征宇, 等. 复配大豆磷脂和蔗糖酯对面包酵母冷冻保护作用[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(2): 213-217.
- [12] 马铁明, 戚广艳, 何雅蕾, 等. 大豆粉末磷脂对面团流变学性质和面包品质影响研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2007, 28(1): 36-38.
- [13] 王建伟, 温成志, 刘全伟. 几种食品添加剂对面包抗老化及面包品质改良的研究[J]. 粮食加工, 2010, 35(1): 54-56.
- [14] 刘鹏莉. 利用大豆油脂皂脚制取高纯度大豆卵磷脂的研究[D]. 青岛: 青岛农业大学, 2014: 7-8.
- [15] 殷涌光, 陈玉江, 刘瑜, 等. 磷脂功能性质及其生产应用的研究进展[J]. 食品与机械, 2009, 25(3): 120-124.
- [16] 刘文倩, 廖泉, 赵玲艳, 等. 卵磷脂提取与纯化技术研究进展[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 267-271.
- [17] 曹栋, 裴爱泳, 王兴国. 分散剂对醇溶性磷脂浸出的动力学研究[J]. 中国油脂, 2004, 29(11): 34-37.
- [18] 孟嫚, 赵文秀, 杨哪, 等. 谷氨酰胺转氨酶对面团特性和面包品质的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2011(11): 31-34.
- [19] 李真. 大麦粉对面团特性与面包焙烤品质的影响及其改良剂研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2014.
- [20] ROUILLE J, DELLA V G, LEFEBVRE J, et al. Shear and extensional properties of bread doughs affected by their minor components[J]. Journal of Cereal Science, 2005, 42(1): 45-57.
- [21] 张月巧, 陈龙, 卢可可, 等. 添加不同粉碎香菇粉对面团发酵特性及面包品质的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32(2): 211-220.
- [22] BAIK M Y, CHINACHOTI P. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling[J]. Cereal Chemistry, 2000, 77(4): 484-488.
- [23] 张兴振. 小麦与面包品质适应性及面包品质改良的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2010: 48-50.
- [24] 李春燕. 添加剂对秦黑 1 号小麦面包品质及营养价值的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010: 7-13.
- [25] 胥奇. 面包、蛋糕抗老化剂的研制[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [26] 钟振声, 王荣, 魏波. 磷脂化学组成与其表面活性关系的研究[J]. 化学试剂, 2010, 32(5): 437-439.
- [27] HELMERICH G, KOEHLER P, HELMERICH G, et al. Functional properties of individual classes of phospholipids in breadmaking[J]. Journal of Cereal Science, 2005, 42(42): 233-241.
- [28] 王明. 面包品质与质构特性的研究[D]. 成都: 西华大学, 2013: 3-6.
- [29] 詹冬玲, 任玉雪, 闵伟红, 等. 面包老化机理及其分析技术的研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(23): 353-355.
- [30] 郭玲玲, 张巍, 黄宝玺. 面包复配改良剂配方研究[J]. 农业科技与装备, 2010(5): 41-44.
- [31] 孙银凤, 徐岩, 黄卫宁, 等. 不同发酵基质的酸面团对酵母面团体系面包烘焙及老化特性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(13): 37-42.
- [32] 张君, 王凤, 贾春利, 等. 蜂蜜干粉对面包面团热机械学、烘焙及老化特性的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(6): 185-250.

(上接第 177 页)

- [3] 刘雪源. 中式烹饪过程食品安全研究进展[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 262-266.
- [4] 李贤, 范露, 熊善柏, 等. 腌制大头菜脱盐工艺优化与保脆研究[J]. 中国调味品, 2012, 37(12): 71-74.
- [5] 刘青梅, 杨性民, 杨留明, 等. 臭氧水在盐渍蔬菜脱盐工艺中应用的研究[J]. 食品工业科技, 2004(6): 57-59.
- [6] 张玉. 榨菜脱盐工艺条件的研究[J]. 食品与发酵科技, 2008, 44(5): 39-41.
- [7] 吕联通, 王弘, 刘明, 等. 盐渍蔬菜间歇式脱盐过程机理模式[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 1995(6): 40-43.
- [8] 陈婷, 邹雪梅, 陈华春, 等. 涪陵榨菜工业废水治理对策初探[J]. 南方农业, 2007, 7(7): 63-65.
- [9] 李洁芝, 王艳丽, 张其圣, 等. 蔬菜预处理和盐渍新工艺对泡菜生产用盐量的影响研究[J]. 食品与发酵科技, 2014, 50(2): 13-15.
- [10] 贺云川, 李敏. 同时蒸馏萃取—气质联机分析坛装风脱水榨菜挥发性成分[J]. 中国调味品, 2010, 35(10): 116-119.
- [11] 盖丽娟, 刘永刚. 氨基酸分析仪测定玉米浆中 17 种游离氨基酸的不确定度评定[J]. 食品工业科技, 2014, 35(7): 303-307.
- [12] 李明浩, 胡璇, 夏延斌. 剁椒坯盐酱油与普通酱油香气特征比较分析[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 58-62.
- [13] 丁晔, 刘敦华, 雷建刚, 等. 不同处理羊羔肉挥发性风味物质的比较及主成分分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 16-20.
- [14] LIU Ming-chun, LI Zheng-guo, DENG Wei, et al. Changes in volatile compounds of pickled mustard tuber (*Brassica juncea*, var. *tsatsai*) during the pickling process[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2009, 44(11): 2 278-2 286.
- [15] 武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J]. 中国调味品, 2001(1): 21-24.