

马铃薯醋酿造工艺优化及其香气成分分析

Optimization of Fermentation Process for Potato Wine and Analysis of Flavor Substances

余兆硕 徐瀚麟 彭彰文 余 佶 麻成金

YU Zhao-shuo XU Han-lin PENG Zhang-wen YU Ji MA Cheng-jin

(吉首大学食品科学研究所, 湖南 吉首 416000)

(Institute of Food Science, Jishou University, Jishou, Hunan 416000, China)

摘要:以鲜料马铃薯为原料,经同步糖化发酵、醋酸发酵等工艺研究马铃薯醋酿造条件。在单因素试验基础上,采用 Central Composite Design 中心组合设计对醋酸发酵工艺进行优化,并分析其香气成分。结果表明,马铃薯醋酸发酵工艺的优化参数为醋酸菌接种量 12 mL/100 mL,发酵温度 34 °C,发酵时间 6 d。该条件下,总酸实测值为 3.21 g/100 mL。所得马铃薯醋色泽呈琥珀色,酸味协调,且通过 HS-SPME/GC-MS 检测出丁香酚、苯乙醇、乙酸苯乙酯等 14 种香气成分。

关键词:马铃薯;醋酸发酵;快速发酵;固相微萃取;香气成分

Abstract: The production process conditions of vinegar from fresh potatoes were studied through simultaneous saccharification and fermentation and acetic fermentation. The influence of factors on total acid content was also studied according to Central Composite Design based on the single factor tests. The results showed that the optimal parameters of the fermentation were with inoculum size 12 mL/100 mL, processing at 34 °C for 6 d. Under this condition, the total acid content reached 3.21 g/100 mL, and the vinegar showed amber color and moderate sourness. Moreover, 14 kinds of flavor substances such as eugenol, benzene alcohol and phenethyl acetate were also detected by using HS-SPME/GC-MS in this study.

Keywords: fresh potato; acetic fermentation; rapid fermentation; solid phase microextraction; flavor substances

马铃薯(*Solanum tuberosum*)属茄科多年生草本植物,是中国推广的“第四大主粮”^[1],种植面积广,资源丰富。其块茎中包含人体不能合成的各种必需氨基酸在内的 18 种氨基

酸,富含 V_C、胡萝卜素、V_{B1}、膳食纤维及钙、磷、铁、钾等无机盐,还有大量淀粉,营养组分较为全面。当前中国以马铃薯为原料生产的产品多样且对于马铃薯的研究日益全面^[2-4],但马铃薯综合加工仍处于起步阶段^[5]。

醋除了具有调味功能外,还具有多种营养保健功能,具有祛病健身、延年益寿之功效,在中国传统饮食文化中具有重要的地位^[6]。近几年来,研究者对苹果醋^[7]、猕猴桃果醋^[8]、椴柑果醋^[9]等一系列果醋及果醋饮料进行了充分的研究,但对谷薯类醋的研究尚不完善,王雪娇等^[10]以生料加工方式研究了马铃薯醋的发酵,传统发酵的方式能较好地保留马铃薯中的营养成分但生产速度慢,不利于商业化进一步发展;周霞等^[11]采用正交试验优化了马铃薯醋液态发酵工艺,但是发酵时间仍需要 14 d。

为进一步缩短发酵时间,本试验拟以鲜料马铃薯为试验对象,采用响应面中心组合设计法优化马铃薯深层液态发酵工艺,并采用顶空固相微萃取结合气相色谱质谱联用技术检测其香气成分,旨在研制快速发酵且品质佳的山铃薯醋产品,丰富马铃薯产品品种。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

新鲜马铃薯:陇薯 5 号,从湖南省吉首市农贸市场购置;
安琪活性干酵母:湖北安琪酵母股份有限公司;
醋酸菌种(沪酿 1.01):上海佳民酿造食品有限公司;
耐高温 α -淀粉酶(3 万 U/g)、糖化酶(10 万 U/g):江苏锐阳生物科技有限公司;

食用酒精(95%)、柠檬酸等:食用级,市售;
碳酸氢钠、无水氯化钙、葡萄糖、酵母粉:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

醋酸菌活化培养基:葡萄糖 1%,酵母粉 1%,4% 无水乙醇,其余为无菌水。

基金项目:吉首大学大学生研究性学习与创新性实验计划项目(编号:教通[2015]21-55)

作者简介:余兆硕,男,吉首大学在读本科生。

通信作者:麻成金(1963—),男,吉首大学教授,硕士。

E-mail: machengjin368@126.com

收稿日期:2017-03-15

1.1.2 主要仪器设备

电子天平:FA2004型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;

精密pH计:pHSJ-4F型,上海精密科学仪器厂;

手持糖度计:WYT型,成都光学厂;

数显恒温水浴锅:HH-2型,金坛市富华仪器有限公司;

离心机:LXJ-IIB型,上海爱奉机电设备有限公司;

立式自动电热压力蒸气灭菌器:LDZX-40 超型,上海申安医疗器械厂;

变频摇床:FUMA-QYC200型,上海福玛实验设备有限公司;

分光光度计:722型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;

气相色谱-质谱联用仪:7890A-5975C型,美国安捷伦公司。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程

鲜料马铃薯→清洗去皮→打浆→同步糖化发酵→过滤→马铃薯酒酿→酒精度调整→加活化醋酸菌→醋酸液态发酵→陈酿^[12]→加热灭菌→澄清过滤→马铃薯醋成品

1.2.2 操作要点

(1) 干酵母活化:按试验用量称取活性干酵母,在超净工作台内将安琪酵母加到无菌水(按1 g/mL溶解)中,在38~43℃的水浴中保持30 min后,活化完成,将活化好的酵母液冷却至30℃以下备用。

(2) 醋酸菌活化:将葡萄糖,酵母粉加入无菌水中加热溶解灭菌,然后冷却至70℃后加入无水乙醇制成液体活化培养基,后将菌粉(0.5 g/100 mL)接入活化培养基中,于32℃恒温振荡培养24 h,备用。

(3) 同步糖化发酵:将清洗去皮后的马铃薯捣碎后,糖化与酒精发酵工艺参照文献[13]进行,其中发酵体系中pH调节用柠檬酸与碳酸氢钠且在糊化过程加入浆液量0.1%的无水氯化钙以稳定 α -淀粉酶活性。最终发酵得到酒精度实测值为10.5%的马铃薯酒酿。

(4) 醋酸发酵:调整酒样的酒精度并设定pH为4.5左右,接入活化醋酸菌,在不同温度下进行醋酸发酵直到醋样中总酸含量不再显著上升。

1.2.3 马铃薯醋酸发酵单因素试验

选取醋酸菌接种量、发酵时间、初始酒精含量、发酵温度、摇床转速为考察因素,以总酸含量为评价指标进行单因素试验。

(1) 醋酸菌接种量与发酵时间的影响:分别调整醋酸菌接种量为4,6,8,10,12,14 mL/100 mL,固定其他因素条件为初始酒精含量6%,发酵温度32℃,摇床转速150 r/min。通过总酸含量变化探讨醋酸菌接种量在不同发酵时间(每隔1 d测定)下对醋酸发酵的影响。以下试验中发酵时间均按最适宜条件。

(2) 初始酒精含量的影响:分别调整初始酒精含量为4%,5%,6%,7%,8%,固定其他因素条件为醋酸菌接种量10 mL/100 mL,发酵温度32℃,摇床转速150 r/min。通过

总酸含量变化探讨初始酒精含量对醋酸发酵的影响。

(3) 发酵温度的影响:分别调整发酵温度为26,28,30,32,34,36℃,固定其他因素条件为醋酸菌接种量10 mL/100 mL,初始酒精含量6%,摇床转速150 r/min。通过总酸含量变化探讨发酵温度对醋酸发酵的影响。

(4) 摇床转速的影响:分别调整摇床转速为100,120,140,160,180 r/min,固定其他因素条件为醋酸菌接种量10 mL/100 mL,初始酒精含量6%,发酵温度32℃。通过总酸含量变化探讨摇床转速对醋酸发酵的影响。

1.2.4 优化试验 利用响应面中心组合试验(CCD),以总酸含量为评价指标,选择较优因子优化马铃薯醋酸发酵参数。

1.2.5 指标的测定

(1) 总酸(以乙酸计):按GB/T 12456—2008的酸碱滴定法执行。

(2) 糖度:采用手持式糖量计测定。

(3) 总酯(以乙酸乙酯计):采用连续电位滴定法。

(4) 氨基态氮:按GB/T 5009.39—2003的甲醛值法执行。

(5) 色度:采用分光光度计测定,以蒸馏水为对照,用吸光度 OD_{510} 值表示。

(6) 香气成分分析:采用顶空固相微萃取结合气相色谱质谱联用技术(HS-SPME/GC-MS)对马铃薯醋进行香气成分分析^[14]。

1.2.6 数据分析 响应面分析用Design Expert 8.0.6统计软件处理;验证性结果用SPSS 20.0统计软件处理,结果表示为平均值±标准偏差(±S),且方差分析比较用 t 检验, $P<0.05$ 时为显著性差异。

2 结果与分析

2.1 醋酸发酵单因素试验

2.1.1 醋酸菌接种量对醋酸发酵的影响 由表1可知,在4~14 mL/100 mL的接种量范围内,醋酸发酵旺盛,随着发酵时间延长,总酸含量逐渐增大,但第4天后增长速度明显减缓,第5天后增长不明显;接种量为12 mL/100 mL,发酵5 d时,总酸含量最大。当接种量过大时,种间竞争加剧,总酸含量反而下降。因此,接种量在10~12 mL/100 mL,发酵5 d左右为宜。

表1 醋酸接种量对产酸的影响

Table 1 Effect of inoculation sizes of acetic acid bacteria on acetic acid yield g/100 mL

接种量/ (10^{-2} mL · mL ⁻¹)	发酵时间/d					
	1	2	3	4	5	6
4	0.74	1.32	1.79	2.03	2.41	2.68
6	0.81	1.57	2.11	2.35	2.60	2.81
8	1.15	1.78	1.89	2.59	2.83	2.95
10	1.33	1.85	2.01	2.75	3.01	3.17
12	1.39	1.90	2.23	2.87	3.15	3.06
14	1.08	1.68	1.97	2.46	2.60	2.77

2.1.2 初始酒精含量对醋酸发酵的影响 由图 1 可知,初始酒精含量为 4%~8%时,总酸含量逐渐升高,初始酒精含量超过 8%后,总酸含量反而下降,尤其是在酒精含量超过 12%后,过高的酒精含量抑制醋酸菌活力,产酸量明显减少。因此,醋酸发酵的初始酒精含量在 8%左右为宜,且不再后续过程中继续优化。

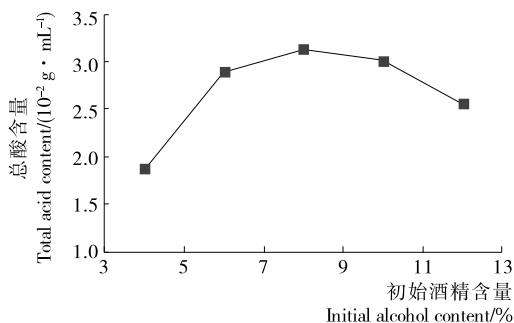


图 1 初始酒精含量对醋酸发酵的影响

Figure 1 Effect of initial alcohol content on acetic acid yield

2.1.3 发酵温度对醋酸发酵的影响 由图 2 可知,发酵温度为 26~34 °C 时,随着温度上升,总酸含量快速升高。温度较低时,发酵速率低,产酸量不高,发酵温度超过 34 °C 后,过高的温度抑制了醋酸菌中相关酶的活性,总酸含量开始下降。因此,醋酸发酵的发酵温度在 34 °C 左右为宜。

2.1.4 摇床转速对醋酸发酵的影响 由图 3 可知,摇床转速在 100~160 r/min 时,随着转速上升,总酸含量快速升高,转速在 160 r/min 时,醋酸发酵产酸量最大。转速在 140~180 r/min 时总酸变化不明显。因此,醋酸发酵的摇床转速应控制在 160 r/min 左右,后续试验不再进一步优化。

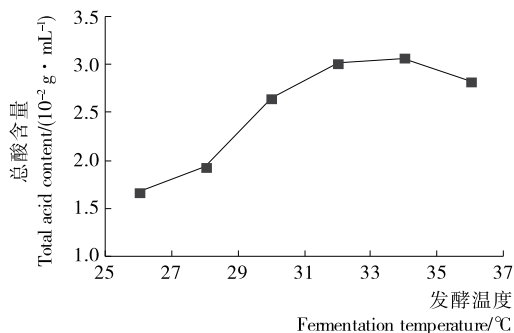


图 2 发酵温度对醋酸发酵的影响

Figure 2 Effect of fermentation temperature on acetic acid yield

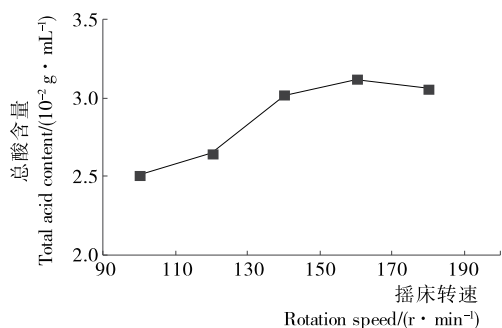


图 3 摇床转速对醋酸发酵的影响

Figure 3 Effect of rotation speed on acetic acid yield

2.2 CCD 优化醋酸发酵试验

2.2.1 CCD 试验结果 CCD 试验因素水平编码见表 2,建立的试验方案及设计结果见表 3。

表 2 中心组合试验设计水平编码表

Table 2 Levels of variables and coded

水平	A 醋酸菌接种量/ (10 ⁻² mL · mL ⁻¹)	B 发酵 温度/°C	C 发酵 时间/d
-1	8	32	4
0	10	34	5
1	12	36	6

表 3 中心组合响应面试验设计及结果

Table 3 Design and results of central composite design

序号	A	B	C	总酸含量 Y/ (10 ⁻² g · mL ⁻¹)
1	-1	-1	-1	2.80
2	1	-1	-1	3.02
3	-1	1	-1	2.54
4	1	1	-1	2.70
5	-1	-1	1	2.89
6	1	-1	1	3.16
7	-1	1	1	2.86
8	1	1	1	3.05
9	-1.682	0	0	2.84
10	1.682	0	0	3.13
11	0	-1.682	0	2.77
12	0	1.682	0	2.65
13	0	0	-1.682	2.85
14	0	0	1.682	3.14
15	0	0	0	3.08
16	0	0	0	3.06
17	0	0	0	3.15
18	0	0	0	3.12
19	0	0	0	3.03
20	0	0	0	3.16

对表 3 中试验数据进行多元回归拟合分析,得二次多元回归模型方程为:

$$Y = 3.10 + 0.096A - 0.072B + 0.10C - 0.020AB + 0.012AC + 0.052BC - 0.043A^2 - 0.13B^2 - 0.040C^2 \quad (1)$$

2.2.2 优化工艺模型方差分析及其显著性检验 对该模型进行方差分析,结果见表 4。

由表 4 可知,该模型极显著($P < 0.0001$)且失拟项不显著($P > 0.05$),说明本试验所得二次回归方程高度显著,该模型对试验数据能进行较好的拟合,能很好地对响应值进行预测。试验因素对总酸含量的影响顺序为:C(发酵时间) $>$ A(醋酸菌接种量) $>$ B(发酵温度),舍弃不显著的试验因子,拟合公式可简化为:

表4 方差分析[†]
Table 4 Variance analysis

系数来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值(Prob>F)	显著性
模型	0.63	9	0.070	33.07	< 0.000 1	**
A	0.13	1	0.13	58.95	< 0.000 1	**
B	0.071	1	0.071	33.50	0.000 2	**
C	0.14	1	0.14	64.48	< 0.000 1	**
AB	3.20E-003	1	3.20E-003	1.51	0.247 8	
AC	1.25E-003	1	1.25E-003	0.59	0.460 8	
BC	0.022	1	0.022	10.38	0.009 1	**
A ²	0.027	1	0.027	12.81	0.005 0	**
B ²	0.25	1	0.25	117.90	< 0.000 1	**
C ²	0.023	1	0.023	10.81	0.008 2	**
残差	0.021	10	2.12E-003			
失拟	7.84E-003	5	1.57E-003	0.59	0.714 5	
纯误差	0.013	5	2.68E-003			
总和	0.65	19				

[†] 模型的确定系数 $R^2 = 0.967 5$, 模型的调整确定系数 $R_{adj}^2 = 0.938 2$; ** 表示极显著 ($P < 0.01$), * 表示显著 ($0.01 < P < 0.05$)。

$$Y = 3.10 + 0.096A - 0.072B + 0.10C + 0.052BC - 0.043A^2 - 0.13B^2 - 0.040C^2. \quad (2)$$

2.2.3 响应曲面分析 对醋酸发酵影响较显著的 3 个交互因子进行三维响应面分析, 结果见图 4~6。

响应曲面的陡度及等高线与坐标轴交点个数能在一定程度上反映试验因子对响应值影响的大小。由图 4 可知, 醋酸菌接种量与发酵温度存在一定交互作用, 在发酵温度一定时, 总酸含量随醋酸菌接种量的增加而增加; 在发酵温度不断升高时, 总酸含量增加较多; 当温度过多且接种量过大时, 总酸含量反而降低。由图 5 可知, 发酵温度与时间之间的交互作用极显著, 在发酵时间一定时, 总酸含量随发酵温度的升高而缓慢增加后减少; 在发酵温度一定时, 总酸增长趋势随着发酵时间增加而慢慢减小, 故醋酸发酵过程应该严格控制好发酵温度与时间。由图 6 可知, 醋酸发酵过程中, 发酵时间与醋酸接种量之间的交互作用不显著, 但是变化趋势明显, 两者增加, 总酸含量增长趋势先大后小。

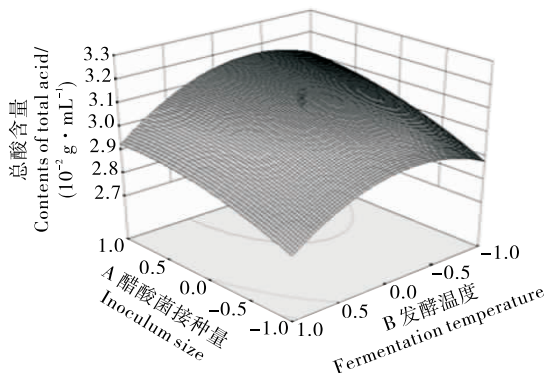


图4 A、B因素交互作用的响应面及等高线图
Figure 4 Response surface and contour plot for the interaction of A and B

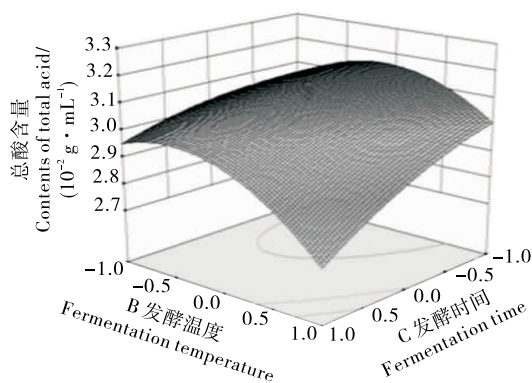


图5 B、C因素交互作用的响应面及等高线图
Figure 5 Response surface and contour plot for the interaction of B and C

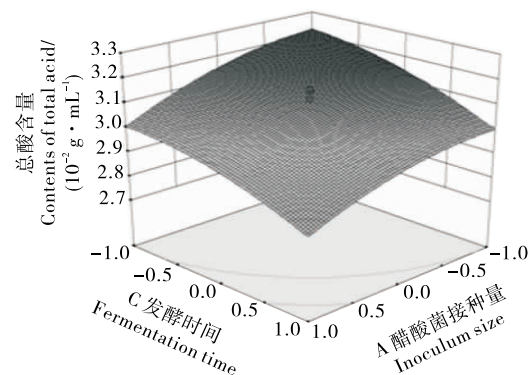


图6 A、C因素交互作用的响应面及等高线图
Figure 6 Response surface and contour plot for the interaction of A and C

2.2.4 醋酸发酵优化条件与验证 通过软件分析, 以马铃薯酒酿为原料的醋酸发酵工艺优化条件为醋酸菌接种量

12 mL/100 mL, 发酵温度 33.7 °C, 发酵时间 6 d, 在此条件下, 醋酸发酵的理论总酸含量为 3.23 g/100 mL。充分考虑现实操作情况, 将工艺参数修正为: 醋酸菌接种量 12 mL/100 mL, 发酵温度 34 °C, 发酵时间 6 d。为检验响应面法的可靠性, 采用上述醋酸发酵优化参数, 开展 3 组平行验证实验, 醋酸发酵的实测值为 (3.210 ± 0.043) g/100 mL, 理论值与实测值差异不显著。故采用 RSM 优化的醋酸发酵工艺参数准确可靠, 具有实用价值。

2.3 香气成分

结合顶空固相微萃取与 GC-MS 对马铃薯醋中的香味物质进行测定, 并对 NIST 谱库检索出匹配度大于 80% 的物质进行归类分析, 总离子图见图 7, 成分分析结果见表 5。由

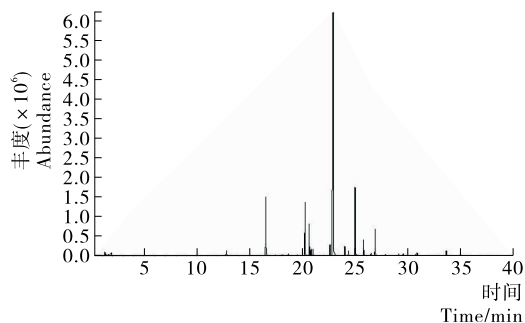


图 7 马铃薯醋 GC-MS 分析下总离子图

Figure 7 Total ion chromatogram of flavor components by GC/MS

表 5 马铃薯醋香气成分分析表

Table 5 The flavor substances in potato vinegar

种类	名称	保留时间/min	相对含量/%	香气描述
醇	苯乙醇	16.55	9.61	具有玫瑰香气
醛	桂皮醛	20.66	5.45	肉桂芳香气
	苯甲醛	12.79	1.07	浅杏仁香味
酚	丁香酚	22.93	51.63	石竹麝香气
	异丁子香酚	25.02	9.82	类似丁子香气
	4-乙基-2-甲氧基苯酚	20.85	1.19	呈甜而暖的香辛料、草药似香气
	乙基麦芽酚	18.70	0.55	持久的焦糖、呈甜的果香味
酯	乙酸苯乙酯	20.27	8.21	密甜底香的玫瑰香气
	乙酸丁香酚酯	26.93	4.20	柔和的丁香似香气
	(E)-2-甲氧基-4-(1-丙烯基苯酚)	24.05	1.40	柔和的焦糖辛香味
其他	茴香脑	21.03	1.03	淡淡茴香味
	二聚环戊二烯	24.38	0.94	类似樟脑香气
	4-己基-2,5-二氧呋喃-3 乙酸	25.83	2.33	浅酸味
	未确定	22.64	1.66	酯香

表 5 可知, 马铃薯醋中共检测出 14 种挥发性风味物质, 包括 1 种醇类, 2 种醛类, 4 种酚类, 2 种酯类化合物, 5 种其他物质, 占峰面积 99.09%, 其主体香气物质是丁香酚、苯乙醇、乙酸苯乙酯。检测出来的香气成分不多, 但共同促进了马铃薯醋的整体醋香。

2.4 马铃薯醋质量指标

2.4.1 感官指标 色泽: 有光泽, 琥珀色; 香气: 醋香协调; 口感: 较柔和, 无不良气味; 体态: 澄清, 无沉淀。

2.4.2 理化指标 总酸: 3.21 g/100 mL; 色度: 2.61; 氨基态氮: 0.372 g/100 mL; 总酯: 5.43 g/L。

2.4.3 微生物指标 细菌总数 ≤ 50 个/mL; 大肠杆菌不得检出; 致病菌不得检出。

3 结论

(1) 本研究以马铃薯为原料, 经糊化液化、同步糖化发酵、醋酸发酵得到马铃薯醋成品, 通过响应面优化得到醋酸发酵的较优参数为: 醋酸菌接种量 12 mL/100 mL, 发酵温度 34 °C, 发酵时间 6 d。此条件下, 所得成品醋色泽鲜亮呈琥

珀色, 总酸实测值为 3.21 g/100 mL, 与理论值之间差异不显著, 说明整体工艺参数合理, 发酵速度快且营养品质较好, 马铃薯醋产品具备一定推广价值。

(2) HS-SPME/GC-MS 分析结果表明, 马铃薯醋中含有丁香酚、苯乙醇、乙酸苯乙酯等 14 种香气成分, 整体醋味协调。与文献[11]相比, 成品醋香气不够丰富, 总酸含量稍低, 可能与发酵周期短香气富集不充分且未选育最适应的醋酸菌种有关。同时, 采用 HS-SPME/GC-MS 分析马铃薯醋香气, 可能部分有机酸成分未能被有效检测出。今后将着重于选育产酸高且风味较好的菌种, 并利用液相色谱对成品香气成分进行分析。

参考文献

- [1] 王希卓, 朱旭, 孙洁, 等. 我国马铃薯主粮化战略分析[J]. 农产品加工, 2015(2): 52-55.
- [2] 吴建民, 刘绍军, 邵松林. 马铃薯酸奶加工工艺优化[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 222-225.

(下转第 219 页)

- [19] 程硕, 张毕西, 张明珠, 等. 考虑组织学习率-倦怠的 SMPEs 小组作业模式生产加工周期优化研究[J]. 工业工程, 2014(5): 79-84.
- [20] 王超英, 王芳, 吴柏岐, 等. 广西家庭作坊式人工宝石加工者肺部病变的调查[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2013, 31(4): 281-283.
- [21] 滕俊懿, 盛韬. 生猪养殖业“机器换人”的实践与思考[J]. 现代农机, 2013(6): 15-17.
- [22] 重庆市永川区食用菌研究所. 香菇切柄装置: 中国, CN201410695313.3[P]. 2015-03-11.
- [23] 湖北裕国菇业有限公司. 一种香菇去柄装置: 中国, CN201120068250.0[P]. 2011-09-28
- [24] 叶礼奎. 一种香菇剪脚机: 中国, CN201310339916.5[P]. 2013-12-04.
- [25] 湖北工业大学. 一种全自动香菇剪脚机: 中国, CN201410254293.6[P]. 2014-08-27.
- [26] 贾昊. 一种香菇柄盖分离机: 中国, CN201420715209.1[P]. 2015-04-29.
- [27] 随州市双翼隆机械科技有限公司. 一种香菇切柄机: 中国, CN201120336270.1[P]. 2012-05-30.
- [28] 程文杰, 郭凡涛, 王小军, 等. 全自动香菇剪柄机研究[J]. 安徽农业科学, 2014(17): 5 695-5 696.
- [29] 程文杰. 全自动香菇剪柄机及调向运输装置: 中国, CN201320583177.X[P]. 2014-06-08.
- [30] 江宏伟. 全自动香菇剪柄分拣机[J]. 轻工机械, 2016, 34(3): 77-79.
- [31] 杭州元海生物科技有限公司. 微粉生产中高效香菇柄盖分离方法: 中国, CN201310235790.7[P]. 2013-08-28.
- [32] 赵妍, 林锋, 宋春艳, 等. 香菇主要育种技术研究进展[J]. 生物学杂志, 2015(2): 92-95.
- [33] 赵超, 高兆银, 何莉莉, 等. 农作物秸秆栽培香菇研究[J]. 广东农业科学, 2007(9): 38-41.
- [34] 王培雨, 宋卫东, 王明友, 等. 食用菌培养料装袋机主要类型及特性分析[J]. 食用菌, 2015, 37(1): 62-63.
- [35] 李方, 卢立新. 果蔬微孔膜气调包装模型与试验验证[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 375-379.
- [36] 罗登林, 徐宝成, 刘建学, 等. 超声波联合热风干燥香菇片试验研究[J]. 农业机械学报, 2013, 44(11): 185-189, 179.
- [37] 刘亮东, 谭鹤群, 李璐, 等. 香菇柄成松机研制与成松性能试验[J]. 农业工程学报, 2016, 32(16): 265-272.
- [38] 徐寿海. 香菇机械化高效生产装备的研发[J]. 食药用菌, 2015(3): 147-152, 195.
- [39] 郭乾元. 湖北省中小城市居民食用菌消费心理与消费行为研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013: 17-21.
- [40] 王明友, 宋卫东, 肖宏儒, 等. 我国食用菌工厂化生产监控技术现状与发展趋势[J]. 农机化研究, 2012, 34(8): 223-226.
- [41] 宋卫东, 王明友, 肖宏儒, 等. 我国食用菌工厂化生产技术[J]. 中国农机化, 2011(6): 80-82, 86.
- [42] 本刊编辑部. 食用菌成我国第五大农业作物年产值 2000 亿[J]. 中国农业信息, 2014(11): 56-56.

(上接第 175 页)

- [3] 孙维思, 张仁堂, 乔旭光. 马铃薯馒头加工工艺研究[J]. 中国食物与营养, 2016, 23(7): 31-36.
- [4] 郭祥想, 常悦, 李雪琴, 等. 加工工艺对马铃薯全粉面条品质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 46(5): 191-195.
- [5] 杨抑, 吴卫国, 陈杰. 马铃薯综合利用研究进展[J]. 中国食物与营养, 2008, 16(10): 27-29.
- [6] 李明华, 陆莹, 孟秀梅. 醋的营养保健功能及其产品形式[J]. 农产品加工: 学刊, 2014(10): 67-69.
- [7] 张雾红, 张永茂, 韩舜愈. 混菌发酵及曲面响应法优化苹果醋发酵工艺[J]. 酿酒科技, 2011(6): 39-41.
- [8] 代娟, 李玉峰, 唐洁, 等. 营养型猕猴桃果醋及果醋饮料的开发[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(5): 100-101.
- [9] 吴竹青, 黄群, 傅伟昌, 等. 椴柑果醋生产工艺研究[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 696-699.
- [10] 王雪娇, 赵丽芹, 陈育红, 等. 马铃薯生料酿醋中醋酸发酵的影响因素研究[J]. 内蒙古农业科技, 2012(2): 54-56, 76.
- [11] 周霞. 马铃薯液态发酵酿醋工艺优化及挥发性风味成分的分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2016: 3-4.
- [12] 刘明宇, 陈李敏, 王思丹, 等. 紫薯苦荞复合醋饮料的研制及其风味物质分析[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 178-182.
- [13] 周广麒, 余伟民. 马铃薯酒精发酵工艺的研究[J]. 中国酿造, 2008(8): 36-39.
- [14] 王慧君, 葛霞, 田世龙, 等. 马铃薯及其蒸馏酒香气成分的鉴定[J]. 食品工业科技, 2015, 36(15): 270-274.

信息窗

欧盟将拒收运往欧洲的巴西冻肉

据中国台湾媒体消息, 涉及巴西黑心肉贪腐机制丑闻、受调查的冷冻食品厂运往欧洲联盟国家途中的肉类产品, 将被拒绝并运回巴西。

巴西联邦警察 3 月 17 日揭发农牧供应部稽查专员涉嫌参与违规稽查 21 家冷冻食品工厂和释出许可证的贪污机制后, 欧洲联盟宣布取消巴西肉类进口。

欧洲联盟卫生和食品安全执委安德柳凯提斯(Vytenis Andriukaitis)将在 27 至 29 日抵达巴西, 会晤农业部长马吉(Blairo Maggi)、卫生部长巴罗士(Ricardo Barros)和国家

卫生检验局长巴波萨(JarbasBarbosa)。

除了欧盟国家, 香港、中国大陆、智利、埃及、阿尔及利亚、牙买加、千里达及托巴哥共和国、巴拿马、卡达、墨西哥、巴哈马、秘鲁、日本、南非、瑞士、越南等国, 也对巴西进口肉类设限。

美国、沙乌地阿拉伯和南韩等国卫生当局, 则加强对巴西肉类的卫生检验。

(来源: www.foodmate.net)