

# 增香酵母对高盐稀态薏仁碎米酱油风味成分的影响

牟灿灿, 卢红梅, 陈莉, 常冬妹, 张丽

(贵州省发酵工程与生物制药重点实验室, 贵州大学酿酒与食品工程学院, 贵州贵阳 550025)

**摘要:** 在前期薏仁米替代麸皮用于酱油酿造可行的基础上, 通过将球拟酵母(T 酵母)和鲁氏酵母(S 酵母)添加到薏仁碎米酱醪中以探讨增香酵母添加方式对薏仁碎米酱油风味成分的影响, 分别对不同处理的还原糖、总酸、氨基酸态氮、氨基酸及挥发性成分种类和含量进行测定并比较分析。在发酵第 15 d 和 45 d 分别添加 T 酵母和 S 酵母为  $2 \times 10^6$  个/g(酱醪)时, 酱醪中还原糖、总酸、氨基酸态氮及总氨基酸含量与空白组相比分别增加了 2.8%、14.63%、2.41% 及 60.88%, 且酱醪中酯类和醇类的种类及含量明显提高。结果表明在高盐稀态薏仁碎米酱醪中添加 T 酵母和 S 酵母有利于薏仁碎米酱油品质的风味成分的提高, 使薏仁碎米酱油的酱香和酯香更浓郁, 风味更醇厚。

**关键词:** 酱油; 增香酵母; 薏仁碎米; 风味成分

文章编号: 1673-9078(2018)12-145-152

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.12.022

## Effects of Aroma-Producing Yeast on the Flavor Compositions of High-salt Diluted-state Broken Coix Seed Sauce

MOU Can-can, LU Hong-mei, CHEN Li, CHANG Dong-mei, ZHANG Li

(Guizhou Key Lab of Fermentation Engineering and Biological Pharmacy, School of Liquor-making and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** On the basis of the feasibility of using broken coix seed in the place of wheat bran for soy sauce brewing in the early stage, the effects of the addition method for aroma-producing yeast on the flavor composition of broken coix seed soy sauce were investigated by adding *Saccharomyces cerevisiae* (T-yeast) and *Saccharomyces rouxi* (S-yeast) to the sauce mash. The contents of reducing sugar, total acid, amino acid nitrogen and amino acids as well as the type and amount of volatile components resulted from different treatments were compared. When T-yeast and S-yeast were added at  $2 \times 10^6$ /g sauce on the 15th and 45th day of fermentation, the contents of reducing sugar, total acid, amino acid nitrogen and total amino acids in the sauce increased by 2.8%, 14.63%, 2.41% and 60.88%, respectively, and the types and contents of esters and alcohols in soy sauce mash were also improved significantly as compared with the blank group. The results showed that adding T yeast and S yeast to the high-salt diluted-state broken coix seed sauce mash benefited the improvement of flavor composition of the broken coix seed soy sauce, and made the sauce and ester scents of the broken coix seed soy sauce more concentrated and the flavor more mellow.

**Key words:** soy sauce; aroma-producing yeast; broken coix seed; flavor components

薏仁米 (*Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf), 别名川谷、慧苡仁、苡仁米, 俗称“药王米”、“回回米”等<sup>[1,2]</sup>, 其为禾本科植物薏苡的干燥成熟种仁<sup>[3]</sup>, 是一种药食同源的优质禾谷物<sup>[4,5]</sup>, 被誉为“世界禾本科植物之王”。薏仁米不仅富含优质蛋白质、脂肪、淀粉、粗纤维、矿物质和维生素等营养成分, 还

收稿日期: 2018-07-27

基金项目: 贵州省科技计划项目(重大专项)(黔科合重大专项字[2014]6023); 贵州省科技厅、贵州大学联合资金计划项目(黔科合 LH 字[2014]7674)

作者简介: 牟灿灿(1994-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 农产品贮运  
通讯作者: 卢红梅(1967-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 酿酒工程、发酵工程、酶工程、食品生物技术等

含有酯类、甾醇类、苯并唑酮类、酚类、多糖类和生物碱类等药效成分<sup>[6]</sup>。经现代药理学研究表明, 薏仁米具有抗氧化、抗炎症、抗癌、降血糖和镇痛止血等生理功效<sup>[7-11]</sup>。目前, 大多数企业对薏仁米的加工仍处于粗放型加工模式, 整米加工过程中会产生大量薏仁碎米, 且碎米率高达 30% 以上, 薏仁碎米与整米的营养价值相当, 而价格仅为整米的  $1/6$ <sup>[12-14]</sup>。随着对薏仁米开发利用的进一步研究, 将薏仁米丰富的营养成分和药用价值引入日常调味品已成趋势, 旨在为人们提供一款药食兼用的酱油。

酱油风味成分复杂, 种类丰富, 主要有醇类、酯类、酚类、羧酸类、羰基化合物和呋喃类等多种成分, 其间相互平衡制约、衬托助长, 构成酱油特有的酱香

和酯香<sup>[15]</sup>。酱油香味与酵母有直接关系,酵母可利用酱醪中的还原糖进行酒精发酵,发酵已糖生成醇,从而赋予酱油醇的香气。在传统酿造工艺中,酵母主要从环境中进入酱油的后酵体系中参与酱油风味物质的形成<sup>[16]</sup>,但其数量和种类随季节与环境而变,不利于酱油的规范生产。因此,向酱醪中添加增香酵母已成为提高酱油风味的主要手段<sup>[17]</sup>。增香酵母是一类能合成具有芳香气味的酯类物质<sup>[18]</sup>,可改善用米曲霉酿造酱油的风味单一及不饱和性,全面提高酱油的风味及档次<sup>[19-21]</sup>。目前,用于提高和加快酱油风味成分形成的增香酵母主要有 T 酵母和 S 酵母<sup>[22]</sup>。在酱油酿造过程中添加增香酵母不仅能改善酱油的香味,提高其品质,还能在一定程度上缩短酱油酿造所需时间,有利于控制酱油的酿造进程。

在高盐稀态酱油发酵过程中,增香酵母的添加时期及顺序对酱油风味具有重要影响。本试验在薏仁碎米酱醪发酵过程中在不同时间和顺序添加 T 酵母和 S 酵母,并对比分析酱油生香发酵前后主要的理化指标、氨基酸组分及含量、风味物质成分的变化差异等,旨在为薏仁碎米酱醪增香酵母的添加工艺提供指导,为改善高盐稀态薏仁碎米酱油风味成分的研究提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

#### 1.1.1 试验材料

薏仁酱醪,来源于高盐稀态发酵薏仁碎米酱油发酵过程样品,(豆粕:薏仁碎米=3:2、米曲霉接种量 0.20%、制曲温度 34.5 °C、制曲时间 49.5 h、每 16 h 翻曲一次、盐水浓度为 18 °Bé,其添加量为原料的 2 倍,于 250 mL 三角瓶中进行发酵);鲁氏酵母 AS 2.182,来源于中科院微生物研究所;球拟酵母 AS 2.222,来源于中科院微生物研究所。

#### 1.1.2 主要试剂

重铬酸钾,天津市大茂化学试剂厂;硫酸,天津化学试剂三厂;硫酸钾,天津市大茂化学试剂厂;硫酸铜,天津市北联精细化工开发有限公司;氢氧化钠,重庆茂业化学试剂有限公司;葡萄糖,天津市协和昊鹏色谱科技有限公司;乳酸,重庆川江化学试剂厂;甲醛,成都金山化学试剂有限公司;硼酸,天津市瑞金特化学品有限公司等,以上试剂均为分析纯(AR)。

### 1.2 主要仪器

CJJ-781 磁力搅拌器,城西晓阳电子仪器厂;101-1

电热恒温干燥箱,北京科伟永兴仪器有限公司;pHS-3C 数显酸度仪,上海虹益仪器仪表有限公司;FA2004N 电子分析天平,上海菁海仪器有限公司;722S 可见分光光度计,上海菁华科技仪器有限公司;HP6890/5975C GC/MS 联用仪,安捷伦科技有限公司;HH-b 型数显恒温水浴锅,常州奥华仪器有限公司;220V.AC 1000W 万用电炉,天津市泰斯特仪器有限公司等。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 酵母的添加及发酵过程管理

将刚制得的高盐稀态酱醪进行淋油并充分搅拌,以日式高盐稀态酱油的发酵工艺进行发酵,先将其混匀并分装至 9 个容器中,置于 15 °C 的生化培养箱中进行酱油前期发酵,每天搅拌 1 次至第 15 d,按表 1 添加  $2 \times 10^6$  个/g(酱醪)酵母,随后每天升高发酵温度 1 °C,直至 30 °C 并保持,持续发酵到第 45 d;再按表 1 添加酵母  $2 \times 10^6$  个/g(酱醪),以 9 号样品为空白对照;发酵约 90 d 时,控制酱醪发酵温度于 35 °C 到发酵结束,整个发酵周期为 180 d<sup>[23]</sup>。

酱醪取样:在无菌条件下将酱醪搅拌均匀,各称取 10.00 g,用 100 mL 容量瓶定容,静置过滤,待测。

表 1 酵母的添加方式

Table 1 The way of yeast addition

样品号	发酵时间/d	
	15	45
1	T	N
2	N	T
3	S	N
4	N	S
5	TS	N
6	N	TS
7	T	S
8	S	T
9	N	N

注: T 表示“球拟酵母”; N 表示“无”; S 表示“鲁氏酵母”; TS 表示“球拟酵母和鲁氏酵母”。

#### 1.3.2 酱醪中各理化指标的测定

包括总酸、氨基酸态氮和还原糖含量的测定,测定方法具体参照标准《GB18186-2000 酿造酱油》<sup>[24]</sup>。

#### 1.3.3 氨基酸的测定

采用日立 L-8800 氨基酸自动分析仪对酱醪中氨基酸进行测定,测定过程委托贵州大学南区分析测试中心,样品预处理采用 GB/T 5009.124-2003 进行处理。仪器进样时泵 1 压力为 2~15 Mpa,流速为 0.4 mL/min,

仪器进样时泵 2 压力为 0.5~2 MPa, 流速为 0.35 mL/min。

### 1.3.4 挥发性成分分析

顶空固相微萃取-气质联用 (HS-SPME-GC-MS)。

#### 1.3.4.1 固相微萃取

取研碎样品 1 g, 置于 10 mL 固相微萃取仪采样瓶中, 插入装有纤维头的手动进样器, 于 100 °C 条件下顶空萃取 40 min, 快速移出萃取头并立即插入气相色谱仪进样口(温度 250 °C)中, 热解析 5 min 进样。

#### 1.3.4.2 气相条件

毛细管色谱柱: ZB-5MSI 5%苯基二甲聚硅氧烷毛细管柱 (30 m×0.25 mm×0.25 μm); 柱温 40 °C (保留 2 min), 以 5 °C/min 程序升温至 255 °C, 运行时间 45 min, 汽化室温度 250 °C, 载气为高纯 He (99.999%), 柱前压 7.62 psi, 载气流量 1.0 mL/min, 不分流进样, 溶剂延迟时间为 1 min。

#### 1.3.4.3 质谱条件

GC-MS 接口温度 280 °C, EI 离子源, 离子源温度 230 °C, 四极杆温度 150 °C, 电子能量 70 eV, 发射电流 34.6 μA; 倍增器电压 1624 V, 质量范围 29~500 u, 对总离子流图中的各峰经质谱计算机数据系统检索及核对 Nist 2005 和 Wiley 275 标准质谱图, 初步鉴定出 42 种挥发性化学成分, 用峰面积归一化法测定了各化学成分的相对质量分数。

### 1.4 数据处理与分析

用 Origin 8.6、Excel 2016 等软件对试验数据进行处理, 每组进行 3 次平行试验。

## 2 结果与分析

### 2.1 还原糖含量

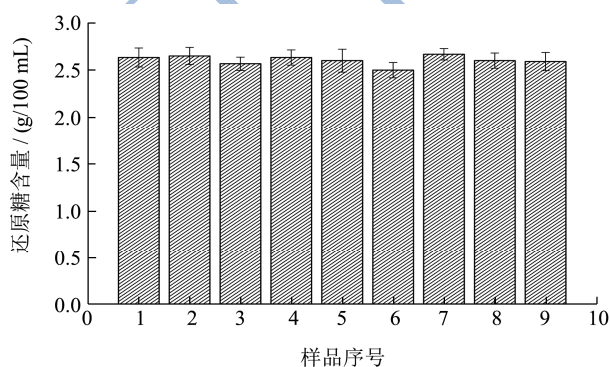


图 1 酱醪中还原糖含量

Fig.1 The content of reducing sugar in soy sauce

还原糖含量对酱油风味的形成至关重要, 由淀粉

质原料分解产生, 不仅有助于生色, 还能被酵母利用生成醇、酸、酯等香气成分<sup>[25]</sup>, 是评价酱油品质的关键指标。由图 1 可知, 样品 1~9 所含还原糖含量相差甚小, 仅样品 7 中还原糖含量最高, 其含量与空白组相比仅增长了 2.8%, 结果表明, 添加增香酵母对酱油中所含还原糖含量并无显著影响。与资料报道的添加增香酵母仅加速了还原糖的消耗速率, 而对发酵后酱醪中还原糖的含量影响并不明显<sup>[26]</sup>一致。

### 2.2 总酸含量

总酸含量是反映酱油品质的主要指标之一, 各有机酸与相应醇类经酯化反应可生成具有芳香气味的各种酯, 从而赋予酱油特殊的风味<sup>[27]</sup>, 但过高的总酸能使酱油酸味突出, 降低酱油的品质。《GB2717-2003 酱油卫生标准》<sup>[28]</sup>中严格规定总酸含量不得超过 2.5 g/100 mL, 本试验所检出的总酸含量均在标准限值之下, 如图 2。

图 2 中, 酱油中总酸按含量从多到少进行排序分别为在发酵前后分别添加两种增香酵母>单一添加增香酵母>不添加增香酵母>在同一发酵时期同时添加两种增香酵母, 且样品 7 中总酸含量最高, 比空白组增长了 14.63%, 在标准限值下对酱油风味的形成贡献最大。

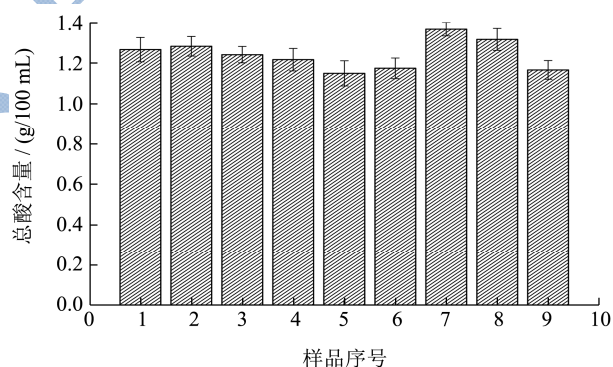


图 2 酱油中总酸含量

Fig.2 The content of total acid in soy sauce

### 2.3 氨基酸态氮含量

氨基酸态氮是指以氨基酸形式存在的氮元素含量, 主要由游离氨基酸和小分子低聚肽中的氮元素组成<sup>[29]</sup>, 氨基酸态氮是酱油呈鲜味成分的特征指标, 其含量高低可表示酱油的鲜味程度, 氨基酸态氮含量越高, 蛋白质分解越充分, 酱油风味越好, 是评价酿造酱油品质的重要指标之一。如图 3 所示, 所有样品中氨基酸态氮含量高达 0.8 g/100 mL, 均达到国家一级酱油标准。

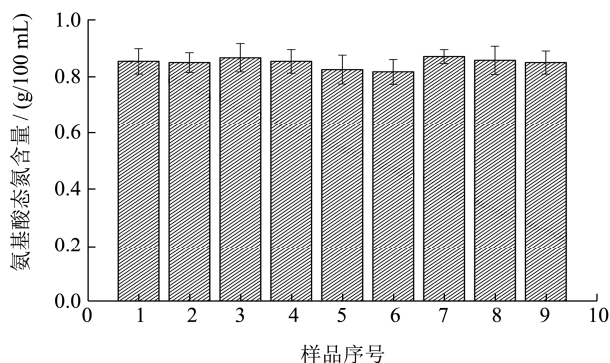


图3 酱油中氨基酸态氮含量

Fig.3 The content of amino niteogen in soy sauce

图3中, 样品1~4、7~8与空白组中氨基酸态氮含量相近, 表明在同等发酵方式发酵条件下, 添加增香酵母不会对薏仁碎米酱油中氨基酸态氮的含量造成很大影响, 而同时添加两种增香酵母的样品5、6中氨

基酸态氮含量则明显低于空白组, 分析可能是总酸含量降低所致; 由图3所示, 样品7、8与样品1~4相比, 其氨基酸态氮含量相对较高, 表明分别在不同发酵时期添加两种增香酵母时氨基酸态氮含量较高, 样品7中氨基酸态氮含量高达0.872 g/100 mL, 略高于样品8, 其含量与未添加增香酵母的样品9相比增长了2.41%, 因此, 为提高酱油风味, 样品7是较好的添加方式。

## 2.4 酵母的不同添加方式对氨基酸种类以及含量的影响

采用氨基酸自动分析仪对添加增香酵母的薏仁碎米酱醪中氨基酸的组成并进行定量分析, 结果如表2所示。

表2 酱醪中氨基酸组成

Table 2 Free amino acid composition of soy sauce moromi

氨基酸	味感	含量/(g/100 g)								
		1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号
天冬氨酸	鲜	1.31	1.34	1.35	1.32	1.38	1.39	1.63	1.62	0.86
谷氨酸		2.32	2.40	2.37	2.36	2.29	2.30	2.78	2.75	2.18
苏氨酸	甜	0.51	0.52	0.47	0.43	0.47	0.49	0.59	0.57	0.32
丝氨酸		0.58	0.53	0.57	0.55	0.54	0.58	0.69	0.65	0.27
脯氨酸		0.41	0.39	0.38	0.42	0.37	0.43	0.43	0.47	0.39
甘氨酸		0.51	0.50	0.51	0.46	0.47	0.52	0.63	0.62	0.34
丙氨酸		0.61	0.60	0.66	0.59	0.63	0.65	0.68	0.68	0.72
蛋氨酸		0.24	0.23	0.26	0.25	0.30	0.24	0.27	0.25	0.20
半胱氨酸	酸	0.13	0.14	0.11	0.15	0.16	0.15	0.17	0.17	0.06
异亮氨酸	苦	0.58	0.62	0.64	0.59	0.61	0.58	0.62	0.61	0.39
亮氨酸		0.43	0.36	0.37	0.42	0.50	0.49	0.37	0.36	0.24
苯丙氨酸		0.57	0.56	0.58	0.51	0.54	0.60	0.73	0.67	0.50
赖氨酸		0.56	0.50	0.57	0.57	0.54	0.54	0.73	0.54	0.42
组氨酸		0.23	0.21	0.21	0.18	0.22	0.20	0.35	0.27	0.19
色氨酸		0.20	0.19	0.22	0.21	0.21	0.20	0.21	0.23	0.04
精氨酸		0.63	0.52	0.61	0.55	0.58	0.55	0.89	0.70	0.19
酪氨酸		0.46	0.42	0.43	0.42	0.46	0.47	0.51	0.53	0.33
缬氨酸		0.77	0.73	0.70	0.72	0.72	0.74	0.80	0.81	0.49
总含量		-	11.05	10.76	11.01	10.70	10.99	11.12	13.08	12.50
种类	-	18种								

氨基酸是酱油中最重要的营养物质及质量评价指标, 其含量越高, 酱油品质越高<sup>[30]</sup>。本试验主要检出谷氨酸、天冬氨酸、缬氨酸、脯氨酸、丝氨酸、异亮氨酸和苯丙氨酸等18种氨基酸, 赋予了酱油酸、甜、苦、鲜等风味, 其中呈苦味氨基酸种类占总氨基酸

50%, 且其含量占总含量34.32%~40.09%, 适量的苦味能赋予酱油更多醇厚风味; 谷氨酸是酱油鲜味的主要成分, 表2中, 谷氨酸占总氨基酸含量比例最高, 且样品7中其含量最高, 因而对酱油鲜味贡献最大; 由表2可知, 酵母的添加均能有效提高酱油中氨基酸

含量,其中样品7中总氨基酸含量高达13.08 g/100 g,其含量与空白组相比增加了60.88%,且与样品8相比增加了4.64%。因此,在发酵第15 d和45 d分别添加T酵母和S酵母能明显提高酱油中氨基酸的种类和含量,从而提高酱油品质。

## 2.5 酵母的不同添加方式对薏仁碎米酱油挥发性成分的影响

利用GC-MS对所得酱油的挥发性成分进行分析,其结果如表3所示。

表3 挥发性成分的百分含量

Table 3 The percentage of volatile components

类别	挥发性风味成分	相对质量分数/%		
		7号样品	8号样品	9号空白组
醛类(6种)	2-甲基丁醛	1.648	1.542	ND
	3-甲基丁醛	1.575	1.558	ND
	异丁醛	0.781	0.760	0.522
	苯甲醛	0.196	0.187	0.150
	苯乙醛	2.958	0.986	0.739
	壬醛	ND	ND	0.453
	相对质量分数/%	7.158	5.033	1.864
	<b>种类</b>	<b>5种</b>	<b>5种</b>	<b>4种</b>
酮类(5种)	2-丁酮	0.639	0.446	0.237
	4-甲基-2-己酮	0.078	0.049	ND
	2-壬酮	0.726	0.544	ND
	苯乙酮	2.545	2.717	1.548
	4-十一烷酮	0.356	0.382	ND
	相对质量分数/%	4.344	4.138	1.785
	<b>种类</b>	<b>5种</b>	<b>5种</b>	<b>2种</b>
醇类(7种)	苯乙醇	13.954	13.397	1.643
	2,3-丁二醇	1.283	1.284	0.683
	3-甲基丁醇	3.954	3.163	0.984
	1-辛烯-3-醇	1.598	1.384	0.839
	戊醇	5.423	5.524	1.879
	辛醇	1.278	1.256	1.058
	白藜芦醇	1.243	1.187	0.034
	相对质量分数/%	28.733	27.195	7.120
	<b>种类</b>	<b>7种</b>	<b>7种</b>	<b>7种</b>
酸类(5种)	苯甲酸	0.275	0.279	0.048
	乙酸	3.105	2.854	2.738
	异辛酸	0.725	0.740	0.718
	戊酸	4.133	4.148	3.997
	辛酸	1.278	1.254	0.601
	相对质量分数/%	9.516	9.275	8.102
<b>种类</b>	<b>5种</b>	<b>5种</b>	<b>5种</b>	
酯类(12种)	乙酸乙酯	3.359	3.346	0.032
	辛酸乙酯	0.995	1.214	0.512

转下页

接上页				
	异硫氰酸甲基酯	0.998	0.937	0.741
	苯甲酸甲酯	1.634	1.309	1.127
	苯甲酸乙酯	0.419	0.452	0.407
	月桂酸乙酯	0.405	0.314	0.232
	油酸甲酯	0.110	0.185	ND
	油酸乙酯	2.863	2.269	ND
	十五酸乙酯	0.149	0.178	0.224
	十三烷酸乙酯	0.163	0.125	ND
	棕榈酸乙酯	4.197	3.181	1.311
	硬脂酸乙酯	0.312	0.436	ND
	相对质量分数/%	15.604	13.946	4.586
	<b>种类</b>	<b>12种</b>	<b>12种</b>	<b>8种</b>
酚类 (1种)	4-乙基愈创木酚	0.717	0.724	ND
	相对质量分数/%	0.717	0.724	ND
	<b>种类</b>	<b>1种</b>	<b>1种</b>	<b>0种</b>
吡嗪类 (3种)	2, 6-二甲基吡嗪	2.854	2.812	2.123
	2, 5-二甲基吡嗪	6.346	4.587	5.809
	2-乙基-3, 5-二甲基吡嗪	3.787	3.549	3.873
	相对质量分数/%	12.987	10.948	11.805
	<b>种类</b>	<b>3种</b>	<b>3种</b>	<b>3种</b>
烯烃杂环类 (3种)	十四烷	0.443	0.387	0.692
	十七烷	0.079	0.048	0.054
	7-十四烯-5, 9-二炔烯	0.038	0.056	0.055
	相对质量分数/%	0.560	0.491	0.801
	<b>种类</b>	<b>3种</b>	<b>3种</b>	<b>3种</b>
合计	总相对质量分数/%	79.619	71.75	36.063
	<b>种类</b>	<b>42种</b>	<b>42种</b>	<b>33种</b>

注: ND表示未检出。

如表3, 已添加增香酵母的样品7、8均含有42种风味成分, 其总相对质量分数分别为79.619%和71.75%, 而空白组中仅含33种风味成分, 且其总相对质量分数仅为36.063%, 表明添加增香酵母不仅能赋予酱油某些特有的风味成分, 还能提高酱油中某些风味成分的相对质量分数。

酯类化合物是构成酱油风味的主体物质, 在酱油中起着香甜、浓郁而柔和的基底作用。如表3所示, 本试验共检出12种酯类, 其中乙酸乙酯所占比例最高, 其相对质量分数高达3.359%, 具有强烈的水果香气, 能使酱油香味更为醇厚, 对酱油的咸味也有一定缓冲作用, 还能平衡酱油的风味<sup>[31]</sup>; 不同酯类混合能赋予酱油丰厚浓郁的风味, 如月桂酸乙酯具有花生香味, 棕榈酸乙酯能产生微弱的果香和奶油香气等, 与空白组相比其相对质量分数均大幅度提升, 对酱油繁

杂的风味具有很大贡献。

醇类化合物在酱油风味成分中含量最多<sup>[32]</sup>, 对酱油的香气贡献较大。由表3所示, 本试验所检出的醇类化合物有7种, 且样品7中相对质量分数最高, 高达28.73%, 以苯乙醇为代表, 样品7中其相对质量分数高达13.954%, 明显高于空白组, 苯乙醇具有独特的紫罗兰香、丁香、茴香味、蜂蜜味及青甜玫瑰等多种香气, 是酱油中关键的风味化合物, 添加增香酵母使其相对质量分数大幅度提升, 对酱油风味的形成具有很大影响; 3-甲基丁醇具有苹果白兰地的香气和辛辣味, 1-辛烯-3-醇具有愉快的壤香香气, 有类似于甘草、薰衣草及玫瑰的香气<sup>[33]</sup>。表3中, 3-甲基丁醇、1-辛烯-3-醇及戊醇的相对质量分数与空白组相比也显著增加, 赋予了酱油独特的风味。

醛类具有辛辣刺激气味, 微量的醛对酱油的香气

具有调和功效,其主要来源于微生物的转化和氨基酸降解<sup>[34]</sup>,能与酵母代谢产生的醇类或硫化物反应,形成新的香气,使酱油的风味更繁杂。表3中,7、8号样品中检出6种醛类化合物,其中苯乙醛、3-甲基丁醛和2-甲基丁醛的相对质量分数明显提高,对酱油香气贡献很大,且样品7中相对质量分数最高;酮类化合物具有果香和甜香的焦糖气味,如表3,样品7中苯乙酮相对质量分数最高,且具有令人愉悦的香气,对酱油特有的风味具有一定的贡献。

酱油中酸类以乙酸为代表,其具有独特的香味,能与酱油中醇类发生酯化反应而产生酯类物质,增加酱油的酯香味,因此,乙酸对酱油风味具有关键作用,表3中,样品7中乙酸相对质量分数为3.105%。

酚类以4-乙基愈创木酚为代表,其具有典型的酱香和烟熏气味,其香气特征明显,香气活性强,是提高酱油香气的关键<sup>[35]</sup>,虽然检出的相对质量分数很少,但对酱油风味的改善具有重大影响。由表3所示,空白组中并未检出4-乙基愈创木酚,添加增香酵母的样品7、8中其相对质量分数均高达0.7%以上,对提高酱油的酱香气起着举足轻重的作用。

吡嗪类具有坚果和焙烤等香气,是酱油酱香味的来源。本试验所检出吡嗪类化合物的相对含量较高,以样品7最为显著,以该种方式添加产香对酱油的酱香味贡献最大。

综上,添加增香酵母的7、8号样品中的风味物质种类和相对质量分数明显高于空白组,尤其是醇类和酯类,而样品7风味物质的相对质量分数略高于样品8,使酱油香气更繁杂,酱味更突出。因此,以7号样品添加酵母的方式最为适宜,可改善和提高薏仁碎米酱油的风味和品质。

### 3 结论

为探讨增香酵母的不同添加方式对薏仁碎米酱油各指标及风味的影响,通过对薏仁碎米酱醪中还原糖、总酸、氨基酸态氮及氨基酸的含量进行测定,并采用顶空固相微萃取-气质联用技术分析了酱油风味成分种类及含量。结果表明:在酱醪发酵第15 d和45 d分别添加T酵母和S酵母 $2 \times 10^6$ 个/g(酱醪)时,酱醪中还原糖、总酸、氨基酸态氮及总氨基酸含量与空白组相比分别增加了2.8%、14.63%、2.41%及37.84%,且酱油中酯类和醇类的相对质量分数也显著提高,与未添加增香酵母的9号空白组相比分别由原来的4.586%和7.120%提高至15.604%和28.733%。表明在高盐稀态薏仁碎米酱油发酵过程中添加增香酵母至关重要,直接影响酱油中典型风味物质的产生及其相互间的协

调作用,使酱油酯香和醇香浓郁,香气柔和,极大改善了酱油的风味。

### 参考文献

- [1] 杨凤仪,卢红梅,陈莉,等.薏仁米储藏过程中陈化机理的研究[J].保鲜与加工,2016,16(4):48-55  
YANG Feng-yi, LU Hong-mei, CHEN Li, et al. Study on the aging mechanism of barley seed rice during storage [J]. Storage and Process, 2016, 16(4): 48-55
- [2] 李兰,郑浩.薏米红曲酒的酿造[J].酿酒,2014,41(6):93-96  
LI Lan, ZHENG Hao. The brewing of the barley red koji wine [J]. Make Wine, 2014, 41(6): 93-96
- [3] 薄春燕.薏苡仁营养成分分析及脱脂薏苡仁的综合利用[D].南昌:南昌大学,2011  
BO Chun-yan. Analysis of nutritional components of coix seed and comprehensive utilization of skim coix seed [D]. Nanchang: Nanchang University, 2011
- [4] 常冬妹,卢红梅,陈莉,等.兴仁薏仁米营养成分分析与评价[J].食品工业,2017,38(6):303-307  
CHANG Dong-mei, LU Hong-mei, CHEN Li, et al. Analysis and evaluation of the nutritional components of the barley seed rice in Xingren [J]. Food Industry, 2017, 38(6): 303-307
- [5] 王兴雷,赵安琪.药食同源产品之卖点[J].中国药店,2013,18:48-53  
WANG Xing-lei, ZHAO An-qi. Selling point of medicine and food homologous products [J]. China Drug Store, 2013, 18: 48-53
- [6] 中华人民共和国卫生部药典委员会.中国药典[Z].北京:化学工业出版社  
Pharmacopoeia Committee of the People's Republic of China Ministry of health. Chinese pharmacopoeia [Z]. Beijing: Chemical Industry Press
- [7] Zhao M, Zhu D, et al. *In vitro* and *in vivo* studies on adlay-derived seed extracts: Phenolic profiles, antioxidant activities, serum uric acid suppression, and xanthine oxidase inhibitory effects [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2014, 62(31): 7771-7778
- [8] Choi G, Han A, Lee J H, et al. A comparative study on hulled adlay and unhulled adlay through evaluation of their lps-induced anti-inflammatory effects, and isolation of pure compounds [J]. Chemistry & Biodiversity, 2015, 12(3): 380-387
- [9] Lu X, Liu W, Wu J, et al. A polysaccharide fraction of adlay seed (*Coix lachryma-jobi* L.) induces apoptosis in human non-small cell lung cancer A549 cells [J]. Biochemical &

- Biophysical Research Communications, 2013, 430(2): 846-851
- [10] Watanabe M, Kato M, Ayugase J. Anti-diabetic Effects of adlay protein in type 2 diabetic db/db mice [J]. Food Science & Technology International Tokyo, 2012, 18(3): 383-390
- [11] Lin L J, Hsiao E S L, Hsenshong T, et al. Molecular cloning, mass spectrometric identification, and nutritional evaluation of 10 coixins in adlay (*Coix lachryma-jobi* L.) [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2009, 57(22): 10916-10921
- [12] 张玉梅,卢红梅,苏佳,等.薏仁碎米食醋固态发酵研究[J].食品科技,2017,42(7):273-281  
ZHANG Yu-mei, LU Hong-mei, SU Jia, et al. Study on solid-state fermentation of barley rice vinegar [J]. Food Science and Technology, 2017, 42(7): 273-281
- [13] 林莉,秦礼康,杨先龙,等.不同热处理对薏米糠贮藏品质的影响[J].食品与机械,2013,29(5):185-189  
LIN Li, QIN Li-kang, YANG Xian-long, et al. Effect of different heat treatment on the storage quality of coa bran [J]. Food and Machinery, 2013, 29(5): 185-189
- [14] Tien-Tso Wu, Albert Linton Charles, Tzou-ChiHuang. Determination of the contents of the main biochemical compounds of Adlay (*Coxi lachrymal-jobi*) [J]. Food Chemistry, 2007, 104(4): 1509-1515
- [15] 陈彬,鲁绯,王夫杰,等.耐盐酵母菌对发酵酱油风味作用及其应用的研究进展[J].中国酿造,2010,6:1-3  
CHEN Bin, LU Fei, WANG Fu-jie, et al. Research progress of salt tolerant yeast on the flavor of fermented soy sauce and its application [J]. China Brewing, 2010, 6: 1-3
- [16] Devanthi P, Linforth R, Onyaka H, et al. Effects of co-inoculation and sequential inoculation of *Tetragenococcus halophilus* and *Zygosaccharomyces rouxii* on soy sauce fermentation [J]. Food Chemistry, 2017, 240
- [17] 侯丽华,宋茜,曹小红.酱油风味研究进展[J].中国酿造,2009, 7:1-3  
HOU Li-hua, SONG Qian, CAO Xiao-hong. Research Progress on flavor of soy sauce [J]. China Brewing, 2009, 7: 1-3
- [18] 张安东,贝盏临,张欣,等.增香酵母在食品工业中的应用[J].绿色科技,2015,11:260-264  
ZHANG An-dong, BEI Zhan-lin, ZHANG xin, et al. The application of aroma producing Yeast in the food industry [J]. Green Technology, 2015, 11: 260-264
- [19] 康明官.中外著名发酵食品生产工艺手册[M].北京:化学工业出版社,2001:3-8  
KANG Ming-guan. A handbook for the production of famous fermented food in China and abroad [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001: 3-8
- [20] 谢韩.浅谈酱油风味[J].江苏调味副食品,2001,4:1-3  
XIE Han. A brief discussion on the flavor of soy sauce [J]. Jiangsu seasoning of non-staple food, 2001, 4: 1-3
- [21] 林祖申.酱油及酱制品的酿造[M].上海:化学工业出版社, 1990  
LIN Zu-shen. Brewing of soy sauce and soy sauce [M]. shanghai: Chemical Industry Press, 1990
- [22] Cvander S, Tramper J, Wijffels R. H. Enhancing and accelerating flavour formation by salt-tolerant yeasts in Japanese soy-sauce processes [J]. Trends in Food Science & Technology, 2001, 12(9): 322-327
- [23] 曹小红,张艳,鲁梅芳,等.耐盐酵母添加对高盐稀态酱醪风味成分的影响[J].食品与发酵工业,2007,3:57-59  
CAO Xiao-hong, ZHANG Yan, LU Mei-fang, et al. Effects of salt tolerant yeast addition on flavor components of high salt and thin sauce mash [J]. Food and Fermentation Industry 2007, 3: 57-59
- [24] GB/T18186-2000,酿造酱油中华人民共和国国家标准[S]  
GB/T18186-2000, People's Republic of China national standard for brewing soy sauce [S]
- [25] 胡嘉鹏.使用血糖仪测定酱油中的葡萄糖[J].中国酿造, 2007,5:74-75  
HU Jia-peng. Determination of glucose in soy sauce by using a glycemic instrument [J]. Chinese Brewing, 2007, 5: 74-75
- [26] 高献礼.高盐稀态酱油在发酵和巴氏杀菌过程中风味物质形成和变化的研究[D].广州:华南理工大学,2010  
GAO Xian-li. Study on the formation and change of flavor compounds in high salt and thin soy sauce during fermentation and pasteurization [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010
- [27] 郭峰,王斌,陆洋.酱油中总酸和氨基酸态氮成分的快速检测及研究[J].食品科学,2006,12:699-703  
GUO Feng, WANG Bin, LU Yang. Rapid determination and study of total acid and amino acid nitrogen in soy sauce [J]. Food Science, 2006, 12: 699-703
- [28] GB2717-2003,酱油卫生标准[S]  
GB 2717-2003, Soy sauce hygienic standard [S]
- [29] 梁寒峭,陈建国,刘伟,等.酿造酱油中特征氨基酸含量检测及对氨基酸态氮贡献的分析[J].食品与发酵工业,2018,3: 1-9  
NIANG Han-qiao, CHEN Jian-guo, LIU Wei, et al. Determination of characteristic amino acids in fermented soy sauce and analysis of its contribution to amino acid nitrogen



- [J]. Food and Fermentation Industry, 2018, 3: 1-9
- [30] 黄毅. 酱油中氨基酸和香气的分析及质量评价[D]. 河北: 河北农业大学, 2012  
HUANG Yi. Analysis and quality evaluation of amino acids and aroma in soy sauce [D]. Hebei: Agricultural University of Hebei, 2012
- [31] 熊芳媛, 蔡明招, 吴惠勤. 酱油香气成分的研究-头油和生抽香气成分的比较[J]. 中国酿造, 2008, 9: 51-55  
XIONG Fang-yuan, CAI Ming-zhao, WU Hui-qin. Study on aroma components of soy sauce-comparison of aroma components in head oil and soy sauce [J]. Chinese Brewing, 2008, 9: 51-55
- [32] Tatsuro V. Development of a soy sauce brewing method using a mixed koji-making system of two koji molds [J]. Nippon Shoyu Kenkyusho Zasshi, 1997
- [33] 王林祥, 刘杨岷, 王建新. 酱油风味成分的分离与鉴定[J]. 中国调味品, 2005, 1: 45-48  
WANG Lin-xiang, LIU Yang-min, WANG Jian-xin. Isolation and identification of flavor components of soy sauce [J]. China Condiment, 2005, 1: 45-48
- [34] 冯云子. 高盐稀态酱油关键香气物质的变化规律及形成机理的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015  
FENG Yun-zi. Study on the change and formation mechanism of the key aroma components in soy sauce with high salt content [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2015
- [35] 张艳芳, 陶文沂. 两种发酵酱油风味物质的分析研究[J]. 精细化工, 2008, 5: 486-490  
ZHANG Yan-fang, TAO Wen-yi. Analysis and study on two kinds of fermented soy sauce flavoring substances [J]. Fine Chemical Industry, 2008, 5: 486-490