

# 原料对比对米酸汤品质的影响及米浆制备工艺优化

## Effect of raw material ratio on quality of rice sour soup and optimization of preparation technology of rice slurry

王 容<sup>1,2,3</sup>赵良忠<sup>1,2,3</sup>谢春平<sup>1,2,3</sup>欧红艳<sup>1,2,3</sup>WANG Rong<sup>1,2,3</sup> ZHAO Liang-zhong<sup>1,2,3</sup> XIE Chun-ping<sup>1,2,3</sup> OU Hong-yan<sup>1,2,3</sup>

(1. 邵阳学院食品与化学工程学院, 湖南 邵阳 422000;

2. 豆制品加工与安全控制湖南省重点实验室, 湖南 邵阳 422000;

3. 湖南省果蔬清洁加工工程技术研究中心, 湖南 邵阳 422000)

(1. College of Food Science and Chemical Engineering, Shaoyang University, Shaoyang, Hunan 422000, China;

2. Soybean Processing Techniques of the Application and Basic Research Base in Hunan Province, Shaoyang,

Hunan 422000, China; 3. Hunan Provincial Engineering Research Center for Fruits and Vegetables Cleaning Processing, Shaoyang, Hunan 422000, China)

**摘要:**以糯米、粳米和面粉为原料,对米酸汤品质、理化指标进行检测并与感官评分进行相关性分析;在此基础上,以米浆为研究对象,还原糖含量和可溶性固形物含量(TSS)为评价指标,对米浆液化、糖化工艺进行优化。结果表明,感官评分最高的原料配比是糯米:粳米:面粉为2:1:1;感官评分与黏度、总酸、还原糖、粒径、蛋白质、TSS、 $b^*$ 呈极显著正相关( $r$ 分别为0.892, 0.862, 0.861, 0.861, 0.841, 0.822),与 $L^*$ 呈极显著负相关( $r$ 为-0.885);不同原料配比米酸汤品质指标之间有着非常复杂的联系。米浆液化的最佳工艺条件为液化时间30 min,液化温度85℃,液化酶添加量40 U/g, pH 6。米浆糖化的最佳工艺条件为糖化时间1.5 h,糖化温度60℃,糖化酶添加量1 000 U/g, pH 5。

**关键词:**米酸汤;品质;米浆;液化;糖化

**Abstract:** The quality and physicochemical indexes of rice sour soup, made of glutinous rice, japonica rice and flour, were detected and the relative correlation with sensory scores were analyzed. Thereafter, the rice slurry was used to optimize the liquefaction

and saccharification processes, as the reducing sugar and soluble solid content (TSS) were taken as evaluation indexes. The results showed that the highest sensory score was obtained as the raw material ratio was glutinous rice : japonica : flour 2 : 1 : 1. The sensory score was positively correlated with viscosity, total acid, reducing sugar, particle size, protein, TSS,  $b^*$  ( $r = 0.892, 0.862, 0.861, 0.861, 0.841, 0.822$ , respectively), while negatively with  $L^*$  ( $r = -0.885$ ). Moreover, a very complex relationship between the quality index of rice sour soup with different ratio of raw materials was found. The optimum conditions of rice slurry liquefaction were as follows: with the addition of liquefaction enzyme of 40 U/g, liquefied at 85℃ for 30 min, at pH 6. The optimum conditions for the saccharification of rice slurry were saccharified at 60℃ for 1.5 h, with the addition of 1 000 U/g saccharification enzyme at pH 5.

**Keywords:** rice sour soup; quality; rice slurry; liquefaction; saccharification

米酸汤是一款在民间广为流传的特殊调味品,是由米浆通过乳酸菌发酵而制成<sup>[1-2]</sup>。由米酸汤制成的饮料具有解暑的功效<sup>[3-4]</sup>;将米酸汤作为调味品加入食品中,能大大改善食品口感并使其具有独特的风味,深受人民群众喜爱<sup>[5-7]</sup>。

米浆是由大米经过一段时间的浸泡后加水磨浆变成米面,在高温条件下糊化,最后经液化酶的液化和糖化酶的糖化得出的大米加工产物<sup>[8-9]</sup>。尽管现在对淀粉液化和糖化的研究<sup>[10-12]</sup>很多,但由于原料不同,各因素对淀粉酶解效果的影响还需要进一步探究。邹秀容等<sup>[13]</sup>对发

**基金项目:**湖南省研究生科研创新项目(编号:CX2018SY040);湖南省创新型省份建设重点研发项目(编号:2019SK2122);湖南省创新型省份建设平台项目(编号:2019TP1028);湖南省创新型省份建设创新平台与人才项目(编号:2019NK4229);贵州省传统发酵食品工程技术研究中心项目(编号:20185251)

**作者简介:**王容,女,邵阳学院在读硕士研究生。

**通信作者:**赵良忠(1963—),男,邵阳学院教授,硕士。

E-mail: sys169@163.com

**收稿日期:**2020-03-24

酵米乳饮料米浆制备工艺条件进行了优化,为发酵米乳饮料的加工提供了优质原料;后立琼等<sup>[14]</sup>采用大米、糯米、玉米为原料,以老酸汤为菌种的接种方法对米酸汤的制作工艺进行了优化,制得了具有苗族风味的米酸汤产品。但目前对米酸汤不同原料配比品质的研究鲜有报道,不同原料配比对米酸汤品质的影响和米浆的制备工艺仍需要进一步研究优化。

试验拟以糯米、粳米、面粉为原料,研究不同原料配比对米酸汤品质的影响,通过不同原料配比米酸汤理化指标与感官评价相关性的研究,确定最佳原料配比,并优化米浆液化和糖化的工艺的参数的,以期对米酸汤的加工生产研究提供技术方案。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

鼠李糖乳杆菌、玉米乳杆菌、植物乳杆菌:湖南省果蔬清洁加工重点实验室;

糯米、粳米、高筋面粉:市售;

液化酶(酶活 4 000 U/g)、糖化酶(酶活 12 万 U/g):南京百斯杰生物工程有限公司;

紫外可见分光光度计:UV-1 780 型,日本岛津公司;

色彩色差计:CR-400 型,常州三丰仪器科技有限公司;

旋转黏度计:NDJ-5S 型,天津永利达试验机有限公司;

激光粒度仪:WJL-628 型,无锡杰博仪器科技有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 米酸汤制作工艺流程

原料→浸泡→研磨→糊化(105 ℃,5 min)→液化糖化→灭菌(105 ℃,8 min)→接种(鼠李糖乳杆菌、玉米乳杆菌、植物乳杆菌比例为 1:1:1,混合接种量为 5 mL/100 mL)→发酵(培养温度 36 ℃,发酵 5 d)→米酸汤

1.2.2 原料配比对米酸汤品质的影响 将糯米、粳米、面粉 3 种原料配比设置为 1:1:1,1:2:1,1:3:1,2:1:1,2:2:1,2:3:1,3:1:1,3:2:1,3:3:1,将原料总质量固定为 100 g,将其与水的质量比设定为 1:9 进行试验,并用以上比例发酵成米酸汤,通过比较米酸汤品质,得出最佳原料配比。

1.2.3 糯米、粳米浸泡条件的确定 取糯米、粳米,按米与水的质量比为 1:9 分别置于 25 ℃和 35 ℃的温度下进行浸泡,每隔 3 h 测定米粒的硬度特性,并对试验数据进行分析,得到粳米与糯米最适的浸泡条件。

#### 1.2.4 米浆液化工艺优化

(1) 单因素试验:在液化 pH 6.0、液化酶添加量

40 U/g、液化时间 30 min 的条件下,考察液化温度(70,75,80,85,90 ℃)对还原糖和可溶性固形物含量(TSS)的影响;在液化温度 85 ℃、液化酶添加量 40 U/g、液化时间 30 min 的条件下,考察液化 pH(5.0,5.5,6.0,6.5,7.0)对还原糖和 TSS 的影响;在液化温度 85 ℃、液化 pH 6.0、液化时间 30 min 的条件下,考察液化酶添加量(20,30,40,50,60 U/g)对还原糖和 TSS 的影响;在液化温度 85 ℃、液化 pH 6.0、液化酶添加量 40 U/g 的条件下,考察液化时间(10,20,30,40,50 min)对还原糖和 TSS 的影响<sup>[15]</sup>。

(2) 正交试验:以液化温度、液化 pH 值、液化酶添加量、液化时间为因素,以还原糖为评价指标,采用四因素三水平的正交试验,优化米浆液化工艺。

#### 1.2.5 米浆糖化工艺优化

(1) 单因素试验:在糖化 pH 5、糖化酶添加量 1 000 U/g、糖化时间 1.5 h 的条件下,考察糖化温度(50,55,60,65,70 ℃)对还原糖含量和可溶性固形物含量(TSS)的影响;在糖化温度 60 ℃、糖化酶添加量 1 000 U/g、糖化时间 1.5 h 的条件下,考察糖化 pH(3.5,4.0,4.5,5.0,5.5)对还原糖和 TSS 的影响;在糖化温度 60 ℃、糖化 pH 5、糖化时间 1.5 h 的条件下,考察糖化酶添加量(700,800,900,1 000,1 100 U/g)对还原糖和 TSS 的影响;在糖化温度 60 ℃、糖化 pH 5、糖化酶添加量 1 000 U/g 的条件下,考察糖化时间(0.5,1.0,1.5,2.0,2.5 h)对还原糖和 TSS 的影响<sup>[16]</sup>。

(2) 正交试验:以糖化温度、糖化 pH 值、糖化酶添加量、糖化时间为因素,以还原糖为评价指标,采用四因素三水平的正交试验,优化米浆液化工艺。

#### 1.2.6 理化指标测定

(1) 还原糖含量:3,5-二硝基水杨酸比色法<sup>[17]</sup>。

(2) 可溶性固形物含量:用手持式折光仪测定<sup>[18]</sup>。

(3) 色差值:参照文献<sup>[19]</sup>。

(4) 黏度:取 20 mL 样品,采用 NDJ-5S 旋转黏度计进行测试<sup>[20]</sup>。

(5) 粒径:取 1 mL 样品,采用 WJL-628 型激光粒径仪进行测定<sup>[21]</sup>。

(6) 总酸含量:按 GB/T 12456—2008 执行。

(7) 蛋白质含量:按 GB 5009.5—2016 的凯氏定氮法执行。

(8) 硬度:取 10 g 样品,利用 LS 系 1186 型质构仪采用 TPA 模型进行检测<sup>[22]</sup>。

(9) 感官评定:对米酸汤的 4 个因素采用百分制进行评定,具体见表 1。

### 1.3 数据处理

运用 Excel 制图 and SPSS 22 软件进行数据处理分析(显著性和相关性分析)。

表 1 米酸汤感官评定指标

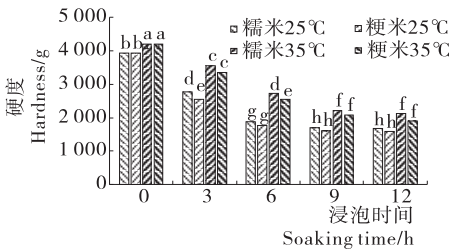
Table 1 The sensory evaluation index of rice sour soup

| 项目            | 评分标准                            | 评分 |
|---------------|---------------------------------|----|
| 色泽<br>(20%)   | 米白色, 清亮, 有光泽                    | 20 |
|               | 米白色或淡黄色, 略有光泽                   | 15 |
|               | 白色或灰色, 一点光泽                     | 10 |
|               | 灰色, 无光泽                         | 5  |
| 内部形态<br>(30%) | 长时间无明显沉淀, 无分层, 均匀, 无明显肉眼可见的杂质   | 30 |
|               | 长时间后略有沉淀出现, 无分层                 | 25 |
|               | 短时间后就有沉淀, 有分层现象                 | 20 |
|               | 短时间后就有明显沉淀, 有明显分层现象, 有杂质        | 15 |
| 滋味<br>(30%)   | 口感细腻、饱满、均匀, 兼有米香味、乳酸风味, 且余味持久   | 30 |
|               | 无异味, 不太酸兼有米香味、特殊的酯香味及乳酸风味, 余味不长 | 25 |
|               | 稍有异味, 不酸, 某一种味道太重, 掩盖了其他味道      | 20 |
|               | 有难闻异味                           | 15 |
| 香气<br>(20%)   | 兼有米香、乳酸香味, 且二者融合                | 20 |
|               | 兼有米香、乳酸香味, 但某一种香味略重             | 15 |
|               | 米香不协调                           | 10 |
|               | 无米香味, 有难闻的气味                    | 5  |

2 结果与分析

2.1 浸泡条件对糯米、粳米硬度的影响

由图 1 可知, 2 种温度条件下糯米、粳米的硬度均随浸泡时间的增加而逐渐减小, 且浸泡 9 h 后硬度的变化不再显著( $P>0.05$ ); 相同条件下, 不同温度样品之间的硬度差异不显著( $P>0.05$ )。说明糯米和粳米的硬度主要受浸泡时间的影响。基于工厂生产米酸汤过程中的实际



字母不同表示不同水平之间有显著性差异( $P<0.05$ )

图 1 浸泡条件对糯米、粳米硬度的影响

Figure 1 Results of the influence of soaking conditions on the hardness of glutinous rice and Japonica rice ( $n=3$ )

需求, 节约成本, 后续试验的浸泡条件均为 25 °C 浸泡时间 9 h。

2.2 原料配比对米酸汤品质的影响

2.2.1 理化指标 如表 2 所示, 糯米: 粳米: 面粉为 1: 1: 1 的还原糖、TSS、蛋白质、黏度、粒径、总酸含量最高, 糯米: 粳米: 面粉为 3: 3: 1 的  $L^*$  最高、 $b^*$  最低, 结合米酸汤色泽、内部形态、滋味、香气进行综合比较, 糯米: 粳米: 面粉为 2: 1: 1 的米酸汤感官评分最高, 故以此比例进行后续试验。

2.2.2 品质相关性分析 由表 3 可知: 感官评分与蛋白质、TSS、 $b^*$ 、黏度、总酸、还原糖、粒径呈极显著正相关系( $r$  为 0.892, 0.862, 0.861, 0.861, 0.841, 0.822), 即黏度、总酸、还原糖、粒径、蛋白质、TSS、 $b^*$  越高米酸汤感官评分越高; 黏度与还原糖、粒径呈极显著正相关( $r$  为 0.983, 0.991), 可能是糯米中含支链淀粉的比例比直链淀粉多, 在水解的过程中支链淀粉未完全水解, 其水解的还原糖含量低, 由于水解不彻底, 黏度则大, 粒径则大。粳米则相反, 直链淀粉的含量比支链淀粉多, 在糖化的过程中, 直链淀粉首先被液化酶切断成短链, 再在糖化酶的作用下水解成单糖, 其水解比较彻底, 黏度则小, 粒径

表 2 不同原料配比米酸汤理化指标检测结果<sup>†</sup>

Table 2 Test results of physical and chemical indexes of rice sour soup with different raw materials ( $n=3$ )

| 组号 | 还原糖/<br>(g · L <sup>-1</sup> ) | TSS/<br>°Brix          | 蛋白质/<br>(10 <sup>2</sup> g · g <sup>-1</sup> ) | 黏度/<br>(mPa · s)       | $L^*$                   | $a^*$                   | $b^*$                  | 粒径/ $\mu\text{m}$       | 总酸/<br>(g · L <sup>-1</sup> ) | 感官评分                    |
|----|--------------------------------|------------------------|------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1  | 31.33±0.17 <sup>a</sup>        | 9.53±0.12 <sup>a</sup> | 1.25±0.10 <sup>a</sup>                         | 2.67±0.11 <sup>a</sup> | 69.17±0.72 <sup>i</sup> | -1.88±0.04 <sup>g</sup> | 8.90±0.15 <sup>a</sup> | 13.32±0.15 <sup>a</sup> | 11.57±0.12 <sup>a</sup>       | 88.56±0.32 <sup>b</sup> |
| 2  | 29.74±0.27 <sup>b</sup>        | 8.80±0.20 <sup>b</sup> | 1.12±0.07 <sup>b</sup>                         | 2.47±0.12 <sup>b</sup> | 71.53±1.01 <sup>h</sup> | -1.99±0.01 <sup>h</sup> | 6.91±0.12 <sup>b</sup> | 13.02±0.16 <sup>b</sup> | 10.58±0.21 <sup>b</sup>       | 87.24±0.43 <sup>c</sup> |
| 3  | 28.48±0.46 <sup>d</sup>        | 8.67±0.15 <sup>c</sup> | 0.92±0.08 <sup>d</sup>                         | 2.12±0.06 <sup>d</sup> | 73.16±0.89 <sup>f</sup> | -0.11±0.06 <sup>g</sup> | 5.39±0.17 <sup>d</sup> | 12.69±0.24 <sup>c</sup> | 9.76±0.32 <sup>c</sup>        | 84.12±0.43 <sup>c</sup> |
| 4  | 29.64±0.32 <sup>c</sup>        | 8.76±0.13 <sup>b</sup> | 1.05±0.08 <sup>c</sup>                         | 2.35±0.06 <sup>c</sup> | 72.32±0.48 <sup>g</sup> | -0.84±0.12 <sup>d</sup> | 6.02±0.21 <sup>c</sup> | 12.94±0.13 <sup>b</sup> | 10.52±0.28 <sup>b</sup>       | 90.36±0.21 <sup>a</sup> |
| 5  | 28.13±0.28 <sup>e</sup>        | 8.53±0.16 <sup>d</sup> | 0.88±0.03 <sup>e</sup>                         | 1.96±0.07 <sup>e</sup> | 74.52±1.21 <sup>e</sup> | -0.26±0.11 <sup>b</sup> | 4.52±0.06 <sup>e</sup> | 12.53±0.17 <sup>d</sup> | 9.25±0.15 <sup>d</sup>        | 85.24±0.15 <sup>d</sup> |
| 6  | 27.32±0.15 <sup>g</sup>        | 8.25±0.13 <sup>f</sup> | 0.75±0.02 <sup>g</sup>                         | 1.73±0.03 <sup>g</sup> | 74.86±1.18 <sup>d</sup> | -0.63±0.09 <sup>c</sup> | 2.31±0.11 <sup>g</sup> | 12.24±0.14 <sup>f</sup> | 8.37±0.21 <sup>f</sup>        | 82.83±0.23 <sup>f</sup> |
| 7  | 27.74±0.18 <sup>f</sup>        | 8.40±0.12 <sup>e</sup> | 0.81±0.01 <sup>f</sup>                         | 1.83±0.01 <sup>f</sup> | 75.99±1.47 <sup>c</sup> | -1.55±0.04 <sup>f</sup> | 3.90±0.13 <sup>f</sup> | 12.41±0.13 <sup>e</sup> | 8.76±0.05 <sup>e</sup>        | 78.16±0.31 <sup>h</sup> |
| 8  | 26.82±0.36 <sup>h</sup>        | 8.03±0.10 <sup>g</sup> | 0.73±0.02 <sup>g</sup>                         | 1.54±0.03 <sup>h</sup> | 77.02±1.93 <sup>b</sup> | -0.97±0.07 <sup>e</sup> | 1.95±0.04 <sup>h</sup> | 12.10±0.03 <sup>g</sup> | 8.22±0.28 <sup>g</sup>        | 80.12±0.16 <sup>g</sup> |
| 9  | 26.28±0.27 <sup>i</sup>        | 7.73±0.06 <sup>h</sup> | 0.70±0.03 <sup>h</sup>                         | 1.31±0.04 <sup>i</sup> | 77.85±1.36 <sup>a</sup> | -0.25±0.05 <sup>b</sup> | 1.71±0.08 <sup>h</sup> | 12.02±0.22 <sup>g</sup> | 8.02±0.19 <sup>h</sup>        | 75.33±0.32 <sup>i</sup> |

<sup>†</sup> 组 1~9 糯米: 粳米: 面粉分别为 1: 1: 1, 1: 2: 1, 1: 3: 1, 2: 1: 1, 2: 2: 1, 2: 3: 1, 3: 1: 1, 3: 2: 1, 3: 3: 1; 同列字母不同代表不同水平之间有显著差异( $P<0.05$ )。

表 3 米酸汤品质指标之间的相关性分析<sup>†</sup>

Table 3 Correlation analysis of quality indexes of rice sour soup

| 指标    | 感官评分      | 还原糖       | TSS       | 蛋白质       | 黏度        | $L^*$     | $a^*$  | $b^*$    | 粒径       |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|----------|----------|
| 还原糖   | 0.861 **  |           |           |           |           |           |        |          |          |
| TSS   | 0.822 **  | 0.976 **  |           |           |           |           |        |          |          |
| 蛋白质   | 0.841 **  | 0.990 **  | 0.946 **  |           |           |           |        |          |          |
| 黏度    | 0.892 **  | 0.983 **  | 0.961 **  | 0.974 **  |           |           |        |          |          |
| $L^*$ | -0.885 ** | -0.979 ** | -0.966 ** | -0.966 ** | -0.978 ** |           |        |          |          |
| $a^*$ | -0.309    | -0.599    | -0.552    | -0.609    | -0.570    | 0.518     |        |          |          |
| $b^*$ | 0.809 **  | 0.984 **  | 0.967 **  | 0.986 **  | 0.976 **  | -0.960 ** | 0.568  |          |          |
| 粒径    | 0.861 **  | 0.993 **  | 0.963 **  | 0.991 **  | 0.991 **  | -0.975 ** | -0.567 | 0.992 ** |          |
| 总酸    | 0.862 **  | 0.990 **  | 0.952 **  | 0.994 **  | 0.979 **  | -0.970 ** | -0.539 | 0.988 ** | 0.995 ** |

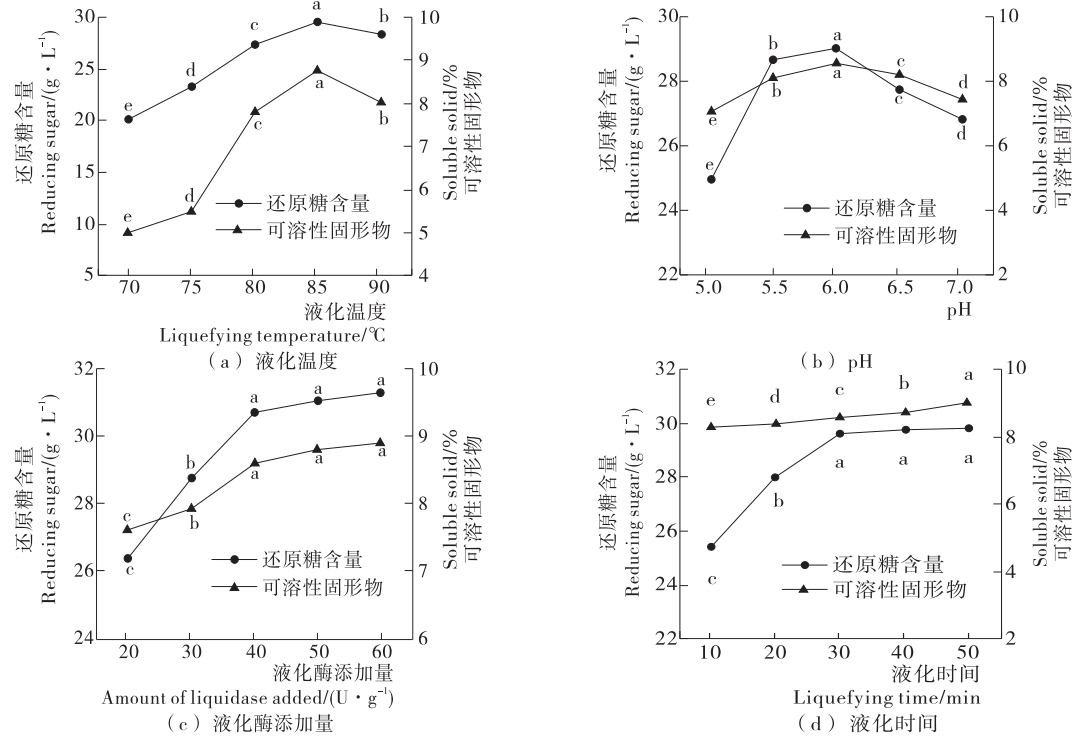
<sup>†</sup> \*. 显著相关( $P<0.05$ ); \*\* . 极显著相关( $P<0.01$ )。

则小<sup>[23-24]</sup>;总酸与还原糖、蛋白质呈极显著正相关( $r$  为 0.994,0.990),微生物发酵产酸主要是受氮源、碳源的影响,面粉自身的蛋白质含量高于糯米和粳米,其面粉含量高,产酸能力越高;感官评分与  $L^*$  呈极显著负相关( $r$  为 -0.885), $L^*$  又与还原糖、蛋白质呈极显著负相关( $r$  为 -0.979,-0.966),可能是在发酵过程中发生了 Mairald 反应<sup>[25]</sup>,使颜色发生变化,其还原糖和蛋白质含量越高,影响米酸汤的色泽越显著,从而影响感官评分。综上所述,不同原料配比米酸汤品质指标之间有着非常复杂的关系。

2.3 米浆液化工艺优化

2.3.1 单因素试验 由图 2 可知,米浆液化最适温度为 85 ℃,最适 pH 值为 6,液化酶最适添加量为 40 U/g,最适液化时间为 30 min。

2.3.2 正交试验 根据单因素试验结果确定的试验因素水平取值见表 4。由表 5、6 可知:其中影响米浆液化作用效果的因素主次顺序为液化温度>pH 值>液化酶添加量>液化时间,最佳工艺组合为液化温度 85 ℃、pH 值 6、液化酶添加量 40 U/g,液化时间 30 min;液化温度、pH 值、液化酶添加量和液化时间 4 个因素对还原糖含量的影响均极显著。



字母不同表示不同水平之间有显著性差异( $P<0.05$ )

图 2 液化单因素试验结果

Figure 2 Liquefaction single factor test results ( $n=3$ )

表 4 液化正交试验因素水平设计

Table 4 Horizontal design of factors for liquefaction orthogonal test

| 水平 | A pH | B 液化时间/min | C 液化温度/℃ | D 液化酶添加量/(U · g <sup>-1</sup> ) |
|----|------|------------|----------|---------------------------------|
| 1  | 5.5  | 20         | 80       | 30                              |
| 2  | 6.0  | 30         | 85       | 40                              |
| 3  | 6.5  | 40         | 90       | 50                              |

2.3.3 验证实验 按最佳因素水平组合 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>(液化时间 30 min, 液化温度 85 ℃, 液化酶添加量 40 U/g, pH 值 6), 进行 3 次平行验证实验, 其还原糖含量分别为 34.26, 34.75, 34.82 g/L, TSS 分别为 8.7, 8.6, 8.7 °Brix, 优于表 5 中的其他试验组。

2.4 米浆糖化工艺优化

2.4.1 单因素试验 由图 3 可知, 米浆糖化最适温度为 60 ℃, 最适 pH 值为 5, 糖化酶最适添加量为 1 000 U/g, 最适时间为 1.5 h。

2.4.2 正交试验 根据单因素试验结果确定的试验因素水平取值见表 7。由表 8、9 可知: 影响糖化效果的因素主次顺序为糖化温度>pH 值>糖化酶添加量>糖化时间, 最佳工艺组合为糖化温度 60 ℃、pH 值 5、糖化酶添加量 1 000 U/g, 糖化时间 1.5 h; 糖化温度、pH 值、糖化酶添加量和糖化时间 4 个因素对还原糖含量的影响均极显著。

表 5 液化正交试验设计与结果

Table 5 Liquefaction orthogonal experiment design and result

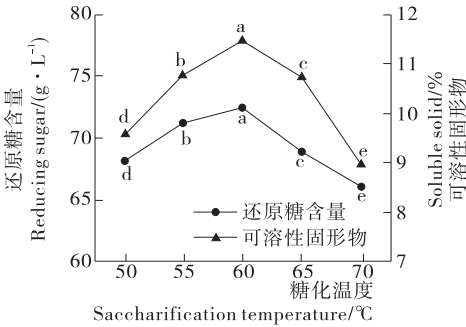
| 序号             | A     | B     | C     | D     | 还原糖含量/(g · L <sup>-1</sup> ) |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|
|                |       |       |       |       | I                            | II    | III   |
| 1              | 1     | 1     | 1     | 1     | 25.49                        | 25.01 | 25.82 |
| 2              | 1     | 2     | 2     | 2     | 33.43                        | 33.05 | 33.86 |
| 3              | 1     | 3     | 3     | 3     | 25.01                        | 24.79 | 25.38 |
| 4              | 2     | 1     | 2     | 3     | 32.14                        | 32.53 | 30.75 |
| 5              | 2     | 2     | 3     | 1     | 28.61                        | 28.52 | 28.83 |
| 6              | 2     | 3     | 1     | 2     | 30.28                        | 30.12 | 30.48 |
| 7              | 3     | 1     | 3     | 2     | 26.31                        | 26.06 | 26.68 |
| 8              | 3     | 2     | 1     | 3     | 26.43                        | 26.05 | 26.84 |
| 9              | 3     | 3     | 2     | 1     | 27.02                        | 27.43 | 26.86 |
| k <sub>1</sub> | 27.98 | 27.87 | 27.39 | 27.07 |                              |       |       |
| k <sub>2</sub> | 30.25 | 29.51 | 30.79 | 30.03 |                              |       |       |
| k <sub>3</sub> | 26.63 | 27.49 | 26.69 | 27.77 |                              |       |       |
| R              | 3.62  | 2.03  | 4.10  | 2.26  |                              |       |       |

表 6 液化还原糖方差分析<sup>†</sup>

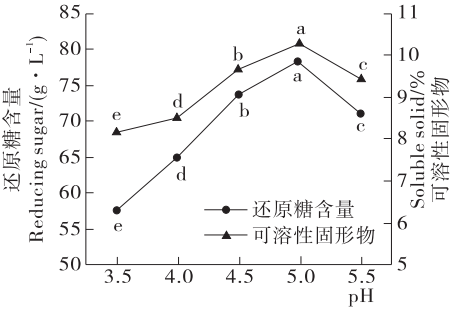
Table 6 Analysis of variance of liquefying reducing sugar

| 变异来源 | 偏差平方和      | 自由度 | 均方     | F 值        |
|------|------------|-----|--------|------------|
| A    | 60.233     | 2   | 30.117 | 160.170 ** |
| B    | 20.914     | 2   | 10.457 | 55.615 **  |
| C    | 86.426     | 2   | 43.213 | 229.821 ** |
| D    | 43.186     | 2   | 21.593 | 114.837 ** |
| 误差   | 3.385      | 18  | 0.188  |            |
| 总和   | 21 820.066 | 27  |        |            |

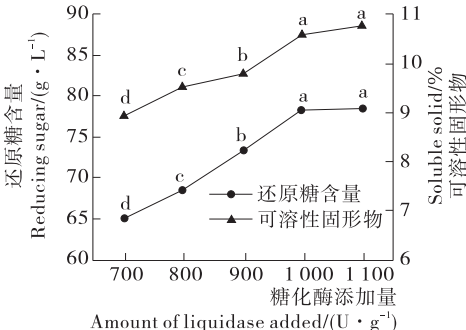
<sup>†</sup> F<sub>0.05(2,18)</sub> = 3.55, F<sub>0.01(2,18)</sub> = 6.01; \* \*. 极显著相关(P<0.01)。



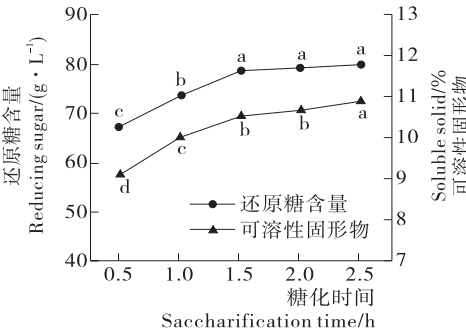
(a) 糖化温度



(b) pH



(c) 糖化酶添加量



(d) 糖化时间

字母不同表示不同水平之间有显著性差异(P<0.05)

图 3 糖化单因素试验结果

Figure 3 Single factor saccharification test results (n=3)

2.4.3 验证实验 按最佳因素水平组合  $A_2B_2C_2D_2$  (糖化时间 1.5 h, 糖化温度 60 °C, 糖化酶添加量 1 000 U/g, pH 值 5), 进行 3 次平行验证实验, 其还原糖含量分别为 84.37, 84.69, 84.44 g/L, TSS 分别为 11.7, 11.6, 11.8 °Brix, 优于表 8 中的其他试验组。

3 结论

试验考察了糯米、粳米、高筋面粉对比对米酸汤品质的影响, 分析了品质指标之间的相关性并对米浆制备工

艺进行优化。结果表明, 感官评分最高的原料配比是糯米: 粳米: 面粉为 2: 1: 1。米浆液化的最佳工艺条件为液化时间 30 min, 液化温度 85 °C, 液化酶添加量 40 U/g, pH 6。米浆糖化的最佳工艺条件为糖化时间 1.5 h, 糖化温度 60 °C, 糖化酶添加量 1 000 U/g, pH 5。后续将进一步研究米浆制备工艺对米酸汤风味的影响。

参考文献

[1] 许桂香. 浅谈贵州苗族传统饮食文化[J]. 凯里学院学报, 2009, 27(5): 8-11.

[2] 王容, 赵良忠, 李明, 等. 米酸汤在发酵过程中品质变化及发酵动力学研究[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(1): 82-90.

[3] 陈大卫, 杨壮壮, 黄玉军, 等. 米汤发酵乳酸菌的筛选及其制备工艺[J]. 农产品加工, 2017(23): 22-26.

[4] 郑莎莎, 宋煜婷, 罗意, 等. 凯里白酸汤的优化工艺[J]. 山地农业生物学报, 2016, 35(2): 80-85.

[5] 后立琼. 苗族酸汤中乳酸菌的分离鉴定及发酵动力学模型研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2012: 1-9.

[6] 王容, 赵良忠, 莫鑫, 等. 米酸汤发酵工艺优化及贮存稳定性预测模型研究[J/OL]. 食品与发酵工业. [2020-03-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1802.TS.20200120.1759.030.html>.

[7] 曹旭鸿. 苗族白酸汤饮料的开发[D]. 成都: 四川农业大学, 2014: 1-5.

[8] WANG Ping. Comparison of raw starch hydrolyzing enzyme with conventional liquefaction and saccharification enzymes in dry-grind corn processing[J]. Cereal Chemistry, 2007, 84(1): 10-14.

[9] ALVAREZ M M. Effect of decortication and protease treatment on the kinetics of liquefaction, saccharification, and ethanol production from sorghum[J]. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 2010, 85(8): 1 122-1 129.

[10] PERVEZ S. Saccharification and liquefaction of cassava starch: An alternative source for the production of bioethanol using amyolytic enzymes by double fermentation process[J]. BMC Biotechnology, 2014, 14(1): 49.

[11] TAYLOR F. Liquefaction, saccharification, and fermentation of ammoniated corn to ethanol[J]. Biotechnology Progress, 2008, 24(6): 1 267-1 271.

[12] CAO Yin-xiu. Simultaneous saccharification and fermentation of sweet potato powder for the production of ethanol under conditions of very high gravity[J]. Frontiers of Chemical Science and Engineering, 2011, 5(3): 318-324.

[13] 邹秀容, 郑征, 朱建华. 发酵米乳饮料米浆制备工艺条件优化[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(1): 138-143.

[14] 后立琼, 陈安均. 苗族发酵型白酸汤的生产工艺[J]. 食品科学, 2012, 33(24): 356-359.

[15] 周明, 黎冬明, 沈勇根. 西芹生鲜面工艺优化及其质构特性的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(5): 217-221.

(下转第 192 页)

表 7 糖化正交试验因素水平设计

Table 7 Level design of factors for saccharification orthogonal test

| 水平 | A 糖化温度/°C | B pH | C 糖化酶添加量/(U · g <sup>-1</sup> ) | D 糖化时间/min |
|----|-----------|------|---------------------------------|------------|
| 1  | 55        | 4.5  | 900                             | 1.0        |
| 2  | 60        | 5.0  | 1 000                           | 1.5        |
| 3  | 65        | 5.5  | 1 100                           | 2.0        |

表 8 糖化正交试验设计与结果

Table 8 Design and results of saccharification orthogonal experiment

| 序号    | A     | B     | C     | D     | 还原糖含量/(g · L <sup>-1</sup> ) |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|
|       |       |       |       |       | I                            | II    | III   |
| 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 71.23                        | 71.04 | 71.62 |
| 2     | 1     | 2     | 2     | 2     | 82.13                        | 81.73 | 82.62 |
| 3     | 1     | 3     | 3     | 3     | 70.02                        | 70.27 | 69.83 |
| 4     | 2     | 1     | 2     | 3     | 80.40                        | 80.83 | 80.18 |
| 5     | 2     | 2     | 3     | 1     | 83.43                        | 83.19 | 83.73 |
| 6     | 2     | 3     | 1     | 2     | 78.76                        | 79.28 | 78.91 |
| 7     | 3     | 1     | 3     | 2     | 74.32                        | 74.63 | 74.18 |
| 8     | 3     | 2     | 1     | 3     | 76.21                        | 76.33 | 76.13 |
| 9     | 3     | 3     | 2     | 1     | 73.23                        | 73.81 | 73.34 |
| $k_1$ | 74.50 | 75.38 | 75.50 | 76.07 |                              |       |       |
| $k_2$ | 80.97 | 80.61 | 78.70 | 78.51 |                              |       |       |
| $k_3$ | 74.69 | 74.16 | 75.96 | 75.58 |                              |       |       |
| R     | 6.47  | 6.45  | 3.20  | 2.93  |                              |       |       |

表 9 糖化还原糖方差分析<sup>†</sup>

Table 9 Analysis of variance of saccharification reducing sugar

| 变异来源 | 偏差平方和      | 自由度 | 均方     | F 值          |
|------|------------|-----|--------|--------------|
| A    | 244.00     | 2   | 122.00 | 1 469.828 ** |
| B    | 211.33     | 2   | 105.67 | 1 273.024 ** |
| C    | 53.80      | 2   | 26.90  | 324.054 **   |
| D    | 44.29      | 2   | 22.14  | 266.777 **   |
| 误差   | 1.43       | 18  | 0.08   |              |
| 总和   | 159 174.76 | 27  |        |              |

<sup>†</sup>  $F_{0.05(2,18)} = 3.55$ ,  $F_{0.01(2,18)} = 6.01$ ; \* \*. 极显著相关( $P < 0.01$ )。

- 究[J]. 微生物学通报, 2012, 39(1): 62-67.
- [8] 中国食用菌协会. 中国食用菌协会关于印发全国食用菌 2017 年度产量、产值统计调查结果的函[EB/OL]. (2018-12-28) [2019-03-18]. <http://hz.cefa.org.cn/2019/03/18/10498.html>.
- [9] 常树人. 煮菇水可制成优质培养基[J]. 农业科技通讯, 1990(2): 38.
- [10] 俞智明. 蘑菇酱油制作技术[J]. 农村新技术, 2011(13): 36.
- [11] GARCÍA-SEGOVIA P, ANDRÉS-BELLO A, MARTÍNEZ-MONZÓ J. Rehydration of air-dried Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) caps: Comparison of conventional and vacuum water immersion processes[J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44(2): 480-488.
- [12] WU Chung-may, WANG Zi-yang. Volatile compounds in fresh and processed shiitake mushrooms (*Lentinus edodes* Sing.) [J]. Food Science and Technology Research, 2000, 6(3): 166-170.
- [13] 方若思, 吴安琰, 顾宇婷, 等. 秀珍菇鲜味菇液酶解制备工艺优化[J]. 食品与机械, 2019, 35(6): 165-171.
- [14] 赵阳, 陈海华, 王雨生, 等. 紫贻贝蛋白酶解过程中呈味物质释放规律和呈味肽结构[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 18-24.
- [15] TAYLOR M W, HERSHEY H V, LEVINE R A, et al. Improved method of resolving nucleotides by reversed-phase high-performance liquid chromatography [J]. Journal of Chromatography, 1981, 219(1): 133-139.
- [16] YAMAGUCHI S, YOSHIKAWA T, IKEDA S, et al. Measurement of the relative taste intensity of some *L*- $\alpha$ -amino acids and 5'-nucleotides[J]. Journal of Food Science, 1971, 36(6): 846-849.
- [17] 李顺峰, 王建安, 王吉伟, 等. 香菇柄提取液鲜味成分的酶解增效工艺研究[J]. 食品科技, 2018, 43(4): 242-247.
- [18] 郑炯, 邓惠玲, 阚建全. 响应面法优化猪血红蛋白制备 ACE 抑制肽的酶解工艺条件[J]. 食品科学, 2012, 33(23): 209-214.
- [19] PAN Sai-kun, WU Sheng-jun. Cellulase-assisted extraction and antioxidant activity of the polysaccharides from garlic[J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 111: 606-609.
- [20] 高虹, 程薇, 史德芳, 等. 香菇柄复合酶解工艺研究[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(23): 5 823-5 827.
- [21] 李顺峰, 王建安, 张雪彦, 等. 香菇柄中 5'-核苷酸的酶法提取及组成分析[J]. 食品科学技术学报, 2018, 36(2): 52-57.
- [22] 吴关威, 李敏, 刘吟, 等. 纤维素酶法提取香菇柄中呈味核苷酸工艺研究[J]. 中国调味品, 2010, 35(12): 41-43, 59.
- [23] MAU J L. The umami taste of edible and medicinal mushrooms[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2005, 7(1/2): 119-125.
- [24] CHEN Wan-chao, LI Wen, YANG Yan, et al. Analysis and evaluation of tasty components in the pileus and stipe of *Lentinula edodes* at different growth stages[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(3): 795-801.
- [25] 赵静, 丁奇, 孙颖, 等. 香菇菌汤及酶解液中滋味成分及呈味特性的对比分析[J]. 食品科学, 2016, 37(24): 99-104.

(上接第 187 页)

- [16] 李谦, 秦礼康, 夏辅蔚, 等. 酿造苦荞酱油用糖浆的液化和糖化工艺优化[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(1): 162-168.
- [17] 赵凯, 许鹏举, 谷广焯. 3, 5-二硝基水杨酸比色法测定还原糖含量的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 534-536.
- [18] 石磊, 田祖光. 不同提取方法对苦菜浸提液可溶性固形物含量的影响[J]. 食品工业, 2018, 39(5): 66-70.
- [19] 牟琴. 响应面法优化番茄酱发酵工艺[J]. 食品工业科技, 2019, 40(23): 111-118.
- [20] 范柳. 不同制浆工艺对豆浆品质影响研究[J/OL]. 食品与发酵工业. [2020-03-10]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.022758>.
- [21] 江振桂. 不同凝固剂对豆腐品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(7): 229-234.
- [22] 王秋普. 不同大豆原料对豆清发酵液豆腐和卤水豆腐加工特性的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(6): 13-18, 25.
- [23] 韩文芳, 林亲录, 赵思明, 等. 直链淀粉和支链淀粉分子结构研究进展[J/OL]. 食品科学. [2020-04-13]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20191014.0956.014.html>.
- [24] 王丽群, 郑先哲, 孟庆虹, 等. 大米淀粉结构组成与其品质特性关系的研究进展[J]. 食品工业, 2017, 38(5): 273-276.
- [25] 韩易, 赵燕, 徐明生, 等. 美拉德反应产物类黑精的研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(9): 339-345.

## 信息窗

### 欧盟拟制定各种农作物和动物源产品中 氟啶虫酰胺的进口限量

2020 年 6 月 23 日, 欧盟食品安全局(EFSA)发布消息称, 拟制定各种农作物和动物源产品中氟啶虫酰胺(Flonicamid)的进口限量。

根据欧盟委员会第 396/2005 号法规第 6 章, ISK Biosciences Europe N.V. 提交了该修订申请。根据消费

者暴露评估, 欧洲食品安全局得出结论, 美国授权的氟啶虫酰胺使用量不会导致消费者急性或慢性接触超过毒理学参考值, 因此不太可能对消费者健康构成风险。

(来源: <http://news.foodmate.net>)