

## 不同添加剂对速煮重组米品质的影响

刘菊芬<sup>1</sup>, 安红周<sup>1,2,\*</sup>, 李盘欣<sup>2</sup>

(1.河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450052;

2.河南省南街村(集团)有限公司, 河南临颍 462600)

**摘要:**以速煮重组米的感官品质、质构特性、糊化度、水溶性碳水化合物(WSC)及色差等为指标,研究了单甘脂、硬脂酰乳酸钙钠(csl-ssl)、蔗糖脂肪酸酯(SE-15)、软磷脂、复合磷酸盐、焦磷酸钠等6种添加剂对速煮重组米品质的影响,并确定最佳添加量。结果表明,单甘脂、硬脂酰乳酸钙钠、SE-15、软磷脂、复合磷酸盐、焦磷酸钠的添加量分别控制在0.1%、0.2%、0.3%、0.6%、0.15%、0.15%为宜。

**关键词:**速煮重组米, 添加剂, 品质

## Effect of different additives on quality of quick-cooking rice

LIU Ju-fen<sup>1</sup>, AN Hong-zhou<sup>1,2,\*</sup>, LI Pan-xin<sup>2</sup>

(1.College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450052, China;

2.Henan Nanjiecun Group Ltd., Linying 462600, China)

**Abstract:** On the basis of the quality of sensory organs of quick-cooking rice, texture characteristics, gelatinization degree, water-soluble carbohydrate(WSC), color variation, the effect of six kinds of additives contents on the quality of quick-cooking rice was studied, which contained monoglyceride, csl-ssl, SE-15, lecithin, complex phosphate, sodium pyrophosphate. And these additives contents were determined. The results showed that when the contents of the monoglyceride, csl-ssl, SE-15, lecithin, complex phosphate, sodium pyrophosphate were 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.6%, 0.15%, 0.15% can give quick-cooking rice better quality.

**Key words:** quick-cooking rice; additives; quality

中图分类号: TS202.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)02-0358-05

速煮重组米是运用挤压技术生产的,与天然大米相比,它具有如下特点:原料米粉在高温高压高剪切力的作用下其状态和性质均发生改变,由原来粉状变成糊状;淀粉发生糊化、裂解<sup>[1]</sup>。挤压制成的速煮米蒸煮时间比天然大米要短,一般只需要13~15min左右。但是速煮重组米品质与天然米之间尚存一定差距。本文采用单甘脂、硬脂酰乳酸钙钠、SE-15、软磷脂、复合磷酸盐、焦磷酸钠等添加剂对原料米粉进行处理,研究了添加剂对速煮重组米品质的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

信阳杂交米 市售;浓硫酸、重蒸苯酚、盐酸、碘、碘化钾、硫代硫酸钠、NaOH等均为分析纯;糖化酶 北京奥博星生物技术有限责任公司;乳化剂单甘脂、csl-ssl、SE-15、软磷脂;水分保持剂 复合磷酸盐、焦磷酸钠。

TA-XT2i 物性测定仪 英国 Stable Micro System 公司;WFG2000 型可见分光光度计 尤尼科(上海)仪器分析有限公司;Mini 色差计 日本佐竹公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 糊化度测定 糖化酶法<sup>[2]</sup>。

1.2.2 水溶性碳水化合物测定 先将 2g 样品(60目)与 100mL 蒸馏水混合,经均质后离心(3000 × g, 10min),如此重复直至上清液不与硫酸-苯酚溶剂呈色反应为止,取收集的上清液若干,用硫酸-苯酚法于 490nm 波长下测其吸光值。测试时以葡萄糖为标准液<sup>[3]</sup>。

1.2.3 色差测定 打开 Mini 色差仪,将镜头口对正样品的被测部位,按一下录入工作键得到 L\*、a\*、b\* 值。

1.2.4 速煮重组米蒸煮后 TPA 测定 样品与水比例为 1:1.5,蒸煮 15min 后测定。利用物性仪测定蒸煮大米的质构特性,测定条件如下:测前速度:5mm/s,测试速度:0.5mm/s,测后速度:5mm/s,压缩比例:70%。测定时,每次于蒸煮大米样品中间层的不同部位随机取 3 粒米,对称放置在物性仪的载物台上进行测定,每个样品测定 6 次,去掉硬度最大和最小的两个测定结果,取 4 次测定结果,计算平均值<sup>[4]</sup>。

测定参数:硬度(hardness)、粘着性(adhesiveness)、弹性(springiness)、粘聚性(cohesiveness)、咀嚼性

收稿日期:2011-03-07 \*通讯联系人

作者简介:刘菊芬(1985-),女,硕士研究生,研究方向:食品质构重组与谷物食品加工理论。

基金项目:河南工业大学博士科学基金资助项目(200090460855)。

表1 复合磷酸盐对速煮重组米品质的影响  
Table 1 Effect of complex phosphate on quality of quick-cooking rice

| 复合磷酸盐 (%)                  | 0.00             | 0.15             | 0.30             | 0.45             | 0.60             | 0.75             |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 糊化度 (%)                    | 86.21 ± 1.24     | 89.04 ± 1.05     | 89.39 ± 1.47     | 90.70 ± 1.29     | 88.57 ± 1.01     | 88.92 ± 0.78     |
| WSC (%)                    | 2.98 ± 0.06      | 3.92 ± 0.11      | 3.73 ± 0.02      | 3.67 ± 0.07      | 3.36 ± 0.03      | 3.32 ± 0.16      |
| 色差 ΔE                      | 16.15 ± 0.01     | 14.29 ± 0.01     | 14.78 ± 0.00     | 13.61 ± 0.01     | 14.18 ± 0.01     | 14.81 ± 0.02     |
| 硬度 (g)                     | 916.325 ± 17.123 | 738.952 ± 13.104 | 608.021 ± 10.861 | 638.173 ± 7.326  | 675.124 ± 5.557  | 680.443 ± 9.987  |
| 粘着性 (g · s <sup>-1</sup> ) | -82.335 ± 19.537 | -43.663 ± 13.239 | -38.493 ± 12.334 | -31.955 ± 13.091 | -27.623 ± 17.275 | -57.433 ± 20.004 |
| 弹性                         | 0.890 ± 0.072    | 0.807 ± 0.063    | 0.908 ± 0.088    | 0.841 ± 0.082    | 0.825 ± 0.060    | 0.928 ± 0.089    |
| 粘聚性                        | 0.666 ± 0.023    | 0.624 ± 0.009    | 0.654 ± 0.017    | 0.670 ± 0.013    | 0.673 ± 0.013    | 0.678 ± 0.014    |
| 咀嚼性                        | 543.657 ± 23.781 | 370.032 ± 25.453 | 360.405 ± 18.996 | 306.586 ± 20.374 | 375.600 ± 17.125 | 409.385 ± 22.094 |
| 感官评分                       | 78.0 ± 1.5       | 79.0 ± 1.0       | 70.0 ± 1.0       | 65.0 ± 0.5       | 61.0 ± 1.5       | 57.0 ± 2         |

表2 焦磷酸钠对速煮重组米品质的影响  
Table 2 Effect of sodium pyrophosphate on quality of quick-cooking rice

| 焦磷酸钠 (%)                   | 0.00             | 0.15             | 0.30             | 0.45             | 0.60             | 0.75             |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 糊化度 (%)                    | 86.21 ± 1.24     | 81.33 ± 1.37     | 82.64 ± 0.09     | 82.29 ± 0.05     | 81.64 ± 0.11     | 81.82 ± 0.10     |
| WSC (%)                    | 2.98 ± 0.06      | 4.75 ± 0.06      | 4.66 ± 0.04      | 5.28 ± 0.14      | 5.54 ± 0.03      | 5.82 ± 0.12      |
| 色差 ΔE                      | 16.15 ± 0.01     | 13.22 ± 0.03     | 13.03 ± 0.00     | 14.44 ± 0.00     | 14.83 ± 0.01     | 15.11 ± 0.00     |
| 硬度 (g)                     | 916.325 ± 17.123 | 731.232 ± 21.001 | 722.061 ± 13.798 | 570.450 ± 19.117 | 555.631 ± 16.080 | 517.882 ± 20.482 |
| 粘着性 (g · s <sup>-1</sup> ) | -82.335 ± 19.537 | -51.306 ± 15.089 | -87.047 ± 23.769 | -32.581 ± 15.004 | -22.012 ± 13.218 | -21.289 ± 13.799 |
| 弹性                         | 0.890 ± 0.072    | 0.895 ± 0.077    | 0.917 ± 0.081    | 0.909 ± 0.055    | 0.884 ± 0.067    | 0.906 ± 0.107    |
| 粘聚性                        | 0.666 ± 0.023    | 0.673 ± 0.086    | 0.694 ± 0.043    | 0.685 ± 0.070    | 0.678 ± 0.046    | 0.666 ± 0.053    |
| 咀嚼性                        | 543.657 ± 23.781 | 479.701 ± 27.102 | 459.743 ± 25.001 | 356.487 ± 19.324 | 332.910 ± 14.332 | 311.376 ± 19.412 |
| 感官评分                       | 78.0 ± 1.5       | 79.0 ± 1.5       | 76.0 ± 0.5       | 75.0 ± 2.0       | 70.0 ± 1.5       | 70.0 ± 1.0       |

(chewiness)。

1.2.5 感官评价 GB/T15682-1995。

1.2.6 速煮重组米工艺流程

添加剂 + 水



大米→粉碎→搅拌→挤压重组→切制造粒→干燥→成品

2 结果与分析

2.1 水分保持剂对速煮重组米品质的影响

复合磷酸盐与焦磷酸钠是食品营养强化剂。这两种水分保持剂能在淀粉糊化时延缓淀粉粒的解体崩溃,促进淀粉中可溶性物质的渗出,增强了凝胶网络中填充基质的强度,在米粉中适量添加可以增强筋力和韧性,并可增加样品表面光泽<sup>[5-6]</sup>。

2.1.1 复合磷酸盐对速煮重组米品质的影响 在米粉送入挤压机之前,分别加入不同量的复合磷酸盐,其对米饭品质的影响结果如表1所示。

由表1可知,当复合磷酸盐添加量为0.15%时,速煮米糊化度、水溶性碳水化合物较空白样有所提高;复合磷酸盐的加入能够提高米粒表面光泽度,有效保持了米饭的外型,米粒整粒度好、有嚼劲,粘度一般。但色泽较空白样偏黄,并随着添加量加大而逐渐加深,然而总色差较空白样来说要低,可能原因是米粒亮度增加了;当复合磷酸盐含量超过0.30%时,米饭开始出现咸味,且与复合磷酸盐添加量呈正比。

复合磷酸盐对米饭质构的影响如下:未添加复合磷酸盐的米饭其硬度为916.325g,而添加复合磷酸盐后米饭硬度下降,下降后的数值在600~740g之

间,粘度与添加量呈反比,弹性与粘聚性变化不大,但是咀嚼性较空白样要低。

综上所述,在添加量为0.15%时效果最佳,米粒硬度下降、色浅透明,且保持米饭清香味。

2.1.2 焦磷酸钠对速煮重组米品质的影响 焦磷酸钠对速煮米品质的影响如表2所示,焦磷酸钠加入后,速煮米糊化度较空白样有所下降,但并未随添加量的增加而出现明显波动;WSC含量与添加量呈正比关系,且最高达到5.82%;米粒色差随添加量增加而下降,但是当添加量增加到0.45%时,色差却又呈现递增的趋势。从感官上来说,当添加量低于0.45%时,米饭透明、外型好,口感滑爽;从0.45%之后,米粒变黄,米饭开始出现咸味,且粘度下降。

米饭硬度与咀嚼度随着焦磷酸钠添加量增加而下降;当添加量为0.30%时米饭粘着性最高;弹性与粘聚性无明显变化。从感官得分来看,焦磷酸钠添加量为0.15%最佳。

2.2 乳化剂对速煮重组米品质的影响

在螺杆腔体内,物料的摩擦很容易破坏淀粉颗粒,导致米粒成型时粘连等品质恶化。乳化剂可以改善该现象,乳化剂在挤压过程中起到润滑的作用,显著降低淀粉颗粒间的摩擦,降低糊化度,有助于降低米粒粘度以及保持最终产品形状。

2.2.1 单甘脂对速煮重组米品质的影响 单甘脂是一种常用的乳化剂,它对淀粉体系的作用机理目前暂无定论,但比较倾向一致的观点认为单甘脂的疏水基团进入直链淀粉的α螺旋空腔,形成复合物或络合物阻止淀粉分子间的重新聚合。安红周<sup>[7]</sup>等人

表3 单甘脂对速煮重组米品质的影响

Table 3 Effect of monoglyceride on quality of quick-cooking rice

| 单甘脂(%)                  | 0                | 0.1              | 0.2              | 0.3              | 0.4              | 0.5              |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 糊化度(%)                  | 86.21 ± 1.24     | 86.01 ± 1.31     | 82.56 ± 0.67     | 78.72 ± 0.00     | 78.13 ± 0.18     | 69.21 ± 0.79     |
| WSC(%)                  | 2.98 ± 0.06      | 3.83 ± 0.06      | 4.62 ± 0.13      | 3.50 ± 0.05      | 3.86 ± 0.12      | 2.90 ± 0.07      |
| 色差 ΔE                   | 16.15 ± 0.01     | 12.31 ± 0.00     | 12.45 ± 0.00     | 12.80 ± 0.00     | 12.04 ± 0.00     | 11.81 ± 0.00     |
| 硬度(g)                   | 916.325 ± 17.123 | 603.736 ± 21.117 | 601.795 ± 19.332 | 576.204 ± 16.025 | 564.182 ± 16.987 | 520.857 ± 15.213 |
| 粘着性(g·s <sup>-1</sup> ) | -82.335 ± 19.537 | -24.403 ± 13.572 | -23.812 ± 10.339 | -16.510 ± 10.391 | -14.357 ± 11.076 | -13.283 ± 10.325 |
| 弹性                      | 0.890 ± 0.072    | 0.940 ± 0.034    | 0.888 ± 0.059    | 0.835 ± 0.070    | 0.752 ± 0.104    | 0.688 ± 0.091    |
| 粘聚性                     | 0.666 ± 0.023    | 0.700 ± 0.091    | 0.674 ± 0.019    | 0.619 ± 0.042    | 0.577 ± 0.120    | 0.504 ± 0.059    |
| 咀嚼性                     | 543.657 ± 23.781 | 397.983 ± 27.590 | 387.859 ± 17.344 | 298.168 ± 20.735 | 244.874 ± 24.506 | 181.848 ± 17.905 |
| 感官评分值                   | 78.0 ± 1.5       | 82.0 ± 2.0       | 81.0 ± 1.5       | 75.0 ± 1.0       | 73.0 ± 1.0       | 68.0 ± 2.0       |

表4 csl-ssl对速煮重组米品质的影响

Table 4 Effect of csl-ssl on quality of quick-cooking rice

| csl-ssl(%)              | 0.0              | 0.1              | 0.2              | 0.3              | 0.4              | 0.5              |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 糊化度(%)                  | 86.21 ± 1.24     | 86.49 ± 0.26     | 84.00 ± 0.94     | 82.67 ± 1.21     | 81.08 ± 1.07     | 80.52 ± 0.55     |
| WSC(%)                  | 2.98 ± 0.06      | 3.53 ± 0.06      | 4.4 ± 0.11       | 4.47 ± 0.13      | 3.67 ± 0.10      | 3.51 ± 0.03      |
| 色差 ΔE                   | 16.15 ± 0.01     | 13.82 ± 0.00     | 13.17 ± 0.01     | 13.38 ± 0.01     | 13.37 ± 0.02     | 14.17 ± 0.01     |
| 硬度(g)                   | 916.325 ± 17.123 | 661.583 ± 16.223 | 665.368 ± 20.076 | 652.178 ± 23.009 | 626.151 ± 19.438 | 622.646 ± 23.955 |
| 粘着性(g·s <sup>-1</sup> ) | -82.335 ± 19.537 | -45.364 ± 22.011 | -43.985 ± 25.828 | -42.714 ± 19.371 | -40.415 ± 16.501 | -40.325 ± 19.562 |
| 弹性                      | 0.890 ± 0.072    | 0.943 ± 0.078    | 0.922 ± 0.087    | 0.884 ± 0.041    | 0.861 ± 0.079    | 0.834 ± 0.029    |
| 粘聚性                     | 0.666 ± 0.023    | 0.707 ± 0.081    | 0.690 ± 0.072    | 0.649 ± 0.090    | 0.634 ± 0.031    | 0.607 ± 0.109    |
| 咀嚼性                     | 543.657 ± 23.781 | 453.455 ± 23.476 | 423.706 ± 21.754 | 377.420 ± 24.003 | 353.101 ± 23.394 | 317.077 ± 18.704 |
| 感官评分值                   | 78.0 ± 1.5       | 80.0 ± 1.5       | 81.0 ± 0.5       | 76.0 ± 1.0       | 75.0 ± 1.0       | 75.0 ± 1.0       |

研究证明:在重组米中添加单甘脂,米饭粘度下降、WSC含量增加。

由表3可知,加入单甘脂后,速煮米色差相对于空白样来说有所降低,米粒发白,不同单甘脂添加量之间的差别不是很大,说明单甘脂对于米粒色差的影响不大。速煮重组米糊化度随单甘脂含量增加而下降,可能的原因是糊化后的淀粉结构松散,脂质进入淀粉的螺旋结构内部,形成不溶性的淀粉和脂质双螺旋复合物,使淀粉的糊化度、裂解性降低;同时,单甘脂在挤压膨化过程中可以充当润滑剂,使物料受到的机械力减少,改变了水、淀粉、油脂及蛋白质间的界面效应,因而影响了产品的质构与糊化度<sup>[8]</sup>。米饭的所有测定质构参数都随着单甘脂添加量的增加而降低,但WSC未得到强化提高。当添加量超过0.3%时,米粒透明度下降,且米饭在蒸煮时间过长后出现爆裂现象。总之,单甘脂添加量为0.1%时,效果最佳,此时米粒白亮、米饭整粒度好、清香。

**2.2.2 csl-ssl对速煮重组米品质的影响** 硬脂酰乳酸钙钠具有良好的乳化作用和稳定作用,它与直链淀粉作用时,形成不溶性复合物,能抑制淀粉制品的回生与老化,与面粉中的蛋白质相互作用形成复合体,增强了面团的延伸性、弹性和韧性。大米中的蛋白主要是谷蛋白,其不能形成面筋网络结构,但是添加csl-ssl与软磷脂能降低大米蛋白在高温高压下的变性程度。

随csl-ssl添加量增加,速煮米糊化度下降,WSC含量则有所增加;在加入0.1% csl-ssl时速煮米的色差、硬度、粘着性、咀嚼性相对于空白样来说都呈现出下降趋势,但随着添加剂量的增加,这些指标变化不明显;csl-ssl的加入对速煮米弹性与粘聚性并无

明显影响。但当添加量超过0.3%时,在煮饭时间过长后部分米饭出现爆裂现象,米粒分散,咀嚼性变差。由表4可以看出csl-ssl添加量为0.2%时速煮米的品质最佳。

**2.2.3 SE-15对速煮重组米品质的影响** SE-15是一种高效而又安全的表面活性剂,添加一定量蔗糖脂肪酸酯后,米饭的米粒分散性较好,色泽白,口感较适<sup>[9]</sup>。从表5得知,SE-15加入后,速煮米粒白亮,光泽度好;糊化度与SE-15添加量呈反比;在加入0.15% SE-15时速煮米的色差、质构特性相对于空白样来说都呈现出下降趋势;当添加量为0.30%时,感官评分最高,米饭软、弹性好、且香味浓郁。

**2.2.4 软磷脂对速煮重组米品质的影响** 软磷脂是一种天然乳化剂,其在食品中的添加量不受限制。添加软磷脂有利于挤压成形,米粒容易离散,粘连较少。有相关实验证明,大豆磷脂添加量小于0.8%时,复水率有所提高,硬度与粘度下降<sup>[7]</sup>。从表6可以看出,软磷脂的加入可以提高WSC含量,降低糊化度。当添加量达到0.60%时,米饭香味浓郁,口感良好,色泽透明,超过0.6%时,感官变化不太明显,所以软磷脂添加量为0.6%时速煮米品质最佳。

## 2.3 不同添加剂与速煮重组米品质的相关性分析

各添加剂与速煮重组米品质的相关分析见表7。复合磷酸盐与重组米感官评价呈极显著负相关,相关系数为-0.976,与其他指标相关性不显著;焦磷酸钠与重组米品质指标中的硬度、咀嚼性、呈极显著负相关,相关系数分别为-0.948、-0.976,与WSC、粘着性呈极显著正相关,相关系数为0.906、0.813。

单甘脂与米饭质构特性呈显著性相关,从表7中可见,单甘脂的添加会降低米饭质构特性;添加剂



表5 SE-15 对速煮重组米品质的影响  
Table 5 Effect of SE-15 on quality of quick-cooking rice

| SE-15 (%)                  | 0.00             | 0.15             | 0.30             | 0.45             | 0.60             | 0.75             |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 糊化度 (%)                    | 86.21 ± 1.24     | 87.84 ± 1.03     | 83.56 ± 1.60     | 75.34 ± 0.50     | 75.68 ± 0.71     | 74.32 ± 0.73     |
| WSC (%)                    | 2.98 ± 0.06      | 3.48 ± 0.04      | 2.78 ± 0.08      | 3.54 ± 0.06      | 2.75 ± 0.05      | 3.52 ± 0.07      |
| 色差 ΔE                      | 16.15 ± 0.01     | 12.81 ± 0.01     | 13.09 ± 0.00     | 13.16 ± 0.02     | 14.21 ± 0.01     | 12.52 ± 0.01     |
| 硬度 (g)                     | 916.325 ± 17.123 | 680.223 ± 17.139 | 579.533 ± 20.113 | 613.988 ± 18.006 | 566.041 ± 18.847 | 647.964 ± 20.758 |
| 粘着性 (g · s <sup>-1</sup> ) | -82.335 ± 19.537 | -21.069 ± 7.171  | -29.162 ± 13.223 | -29.732 ± 16.125 | -41.676 ± 12.110 | -45.540 ± 15.302 |
| 弹性                         | 0.890 ± 0.072    | 0.751 ± 0.074    | 0.807 ± 0.067    | 0.766 ± 0.071    | 0.754 ± 0.082    | 0.704 ± 0.067    |
| 粘聚性                        | 0.666 ± 0.023    | 0.625 ± 0.030    | 0.595 ± 0.042    | 0.597 ± 0.037    | 0.566 ± 0.027    | 0.553 ± 0.025    |
| 咀嚼性                        | 543.657 ± 23.781 | 320.438 ± 20.176 | 279.068 ± 27.786 | 281.084 ± 29.017 | 241.089 ± 25.774 | 251.583 ± 21.032 |
| 感官评分值                      | 78.0 ± 1.5       | 77.0 ± 1.0       | 83.0 ± 1.5       | 81.0 ± 1.5       | 79.0 ± 2.0       | 78.0 ± 0.5       |

表6 软磷脂对速煮重组米品质的影响  
Table 6 Effect of lecithin on quality of quick-cooking rice

| 软磷脂 (%)                    | 0.00             | 0.20             | 0.40             | 0.60             | 0.80             | 1.00             |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 糊化度 (%)                    | 86.21 ± 1.24     | 85.53 ± 1.35     | 80.26 ± 0.10     | 81.58 ± 1.51     | 80.52 ± 0.67     | 80.52 ± 0.82     |
| WSC (%)                    | 2.98 ± 0.06      | 4.58 ± 0.00      | 4.51 ± 0.11      | 4.58 ± 0.06      | 5.54 ± 0.12      | 5.73 ± 0.06      |
| 色差 ΔE                      | 16.15 ± 0.01     | 15.09 ± 0.00     | 14.15 ± 0.03     | 13.72 ± 0.02     | 14.00 ± 0.00     | 13.58 ± 0.00     |
| 硬度 (g)                     | 916.325 ± 17.123 | 636.969 ± 15.337 | 588.598 ± 26.450 | 560.145 ± 29.991 | 628.400 ± 12.004 | 694.441 ± 21.101 |
| 粘着性 (g · s <sup>-1</sup> ) | -82.335 ± 19.537 | -31.746 ± 24.921 | -34.076 ± 20.803 | -34.313 ± 15.326 | -49.000 ± 11.537 | -50.378 ± 9.485  |
| 弹性                         | 0.890 ± 0.072    | 0.898 ± 0.066    | 0.870 ± 0.131    | 0.808 ± 0.042    | 0.758 ± 0.065    | 0.884 ± 0.021    |
| 粘聚性                        | 0.666 ± 0.023    | 0.651 ± 0.031    | 0.638 ± 0.067    | 0.636 ± 0.025    | 0.642 ± 0.026    | 0.670 ± 0.009    |
| 咀嚼性                        | 543.657 ± 23.781 | 373.123 ± 14.357 | 325.719 ± 21.052 | 294.928 ± 23.791 | 308.722 ± 21.458 | 409.092 ± 7.831  |
| 感官评分值                      | 78.0 ± 1.5       | 80.0 ± 1.0       | 81.0 ± 2.0       | 86.0 ± 1.5       | 86.0 ± 1.0       | 86.0 ± 1.5       |

表7 不同添加剂添加量与速煮重组米各品质的相关性分析  
Table 7 The correlation between different additives and quality of quick-cooking rice

| 项目                         | 复合磷酸盐     | 焦磷酸钠      | 单甘脂       | cs1-ssl   | SE-15     | 软磷脂       |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 糊化度 (%)                    | 0.490     | -0.634    | -0.944 ** | -0.973 ** | -0.918 ** | -0.833 *  |
| WSC (%)                    | -0.006    | 0.906 **  | -0.120    | 0.293     | 0.179     | 0.913 **  |
| 色差 ΔE                      | -0.508    | 0.047     | -0.733 *  | -0.532    | -0.549    | -0.895 ** |
| 硬度 (g)                     | -0.649    | -0.948 ** | -0.792 *  | -0.758 *  | -0.683    | -0.483    |
| 粘着性 (g · s <sup>-1</sup> ) | 0.474     | 0.813 **  | 0.772 *   | 0.671     | 0.419     | 0.302     |
| 弹性                         | 0.193     | 0.163     | -0.914 ** | -0.762 *  | -0.809 *  | -0.486    |
| 粘聚性                        | 0.604     | 0.030     | -0.903 ** | -0.809 *  | -0.965 ** | -0.035    |
| 咀嚼性                        | -0.471    | -0.976 ** | -0.979 ** | -0.976 ** | -0.801 *  | -0.518    |
| 感官评分值                      | -0.976 ** | -0.936 ** | -0.842 ** | -0.723 *  | 0.095     | 0.935 **  |

注：\* 和 \*\* 分别表示 0.05 (显著) 和 0.01 (极显著) 显著水平。

cs1-ssl、SE-15 与速煮米弹性、粘聚性、咀嚼性呈负相关, 而 cs1-ssl 与米饭硬度呈显著负相关, 相关系数是 -0.758; 软磷脂与速煮米 WSC、感官评价呈极显著正相关, 而其与色差呈负相关; 乳化剂与速煮米糊化度呈显著负相关。

总之, 单甘脂、cs1-ssl、SE-15 含量的增加能够降低重组米的弹性、粘聚性与咀嚼性; 焦磷酸钠、单甘脂、cs1-ssl 添加量过高则会降低米饭硬度, 而米饭粘着性则随焦磷酸钠与单甘脂含量增加而降低; 乳化剂的添加能够降低重组米的糊化度; 焦磷酸钠与软磷脂能提高重组米的 WSC 含量; 单甘脂与软磷脂含量过高则降低重组米的色差; 软磷脂添加量越大, 产品的感官评分越高, 而复合磷酸盐、焦磷酸钠、单甘脂添加量过高将导致产品评分下降。

3 结论

3.1 水分保持剂的添加能够提高速煮重组米的米粒光泽, 但是添加量过高将导致米饭口感变差, 咸味加深。复合磷酸盐、焦磷酸钠最适添加量为 0.15%。

3.2 乳化剂的添加能够降低速煮重组米的糊化度, 其中单甘脂、cs1-ssl、SE-15 能够降低重组米弹性、粘聚性、咀嚼性; 添加软磷脂后的米饭香味浓郁, 色浅透明。综合各种因素影响, 分别添加 0.1% 单甘脂、0.2% cs1-ssl、0.3% SE-15、0.6% 软磷脂, 对速煮重组米起到最好的改良效果。

参考文献

[1] 刘兴信. 挤压技术在谷物加工中的应用[J]. 粮油加工, 2007(2): 5-6.  
[2] 郑铁松, 龚院生. 粮食与食品生化实验指导[M]. 郑州: 河南医科大学出版社, 1996: 112.  
[3] Rolfe J Bryant, Ranjit S Kadan, Elaine T Champagne, et al. Functional and digestive characteristics of extruded rice flour[J]. Cereal Chemistry, 2001, 78(2): 131-137.  
[4] 郭兴凤, 慕运动. 蒸煮大米质构特性测定方法分析[J]. 中国粮油学报, 2006(3): 9-11.  
[5] 丁文平, 王月慧, 夏文水. 食品添加剂对大米淀粉流变特

(下转第 365 页)

表7 蛋糕香精的 GC-MS 分析结果  
Table 7 Results and analysis of cake essence from GC-MS

| 序号 | 风味物         | 保留时间<br>(min) | 峰面积<br>(%) | 序号 | 风味物                | 保留时间<br>(min) | 峰面积<br>(%) |
|----|-------------|---------------|------------|----|--------------------|---------------|------------|
| 1  | 甲硫醇         | 3.21          | 1.76       | 16 | 2-乙基-三甲基吡嗪         | 11.42         | 0.66       |
| 2  | 醛固酮-丙二醇缩醛   | 4.05          | 0.32       | 17 | 二磷酸甘油酸             | 12.37         | 21.87      |
| 3  | 丙二醇         | 4.55          | 23.64      | 18 | 呋喃酮                | 13.92         | 0.34       |
| 4  | 甲基二硫醚       | 4.70          | 0.77       | 19 | 葫芦巴内酯              | 13.93         | 0.30       |
| 5  | 2-甲基吡嗪      | 5.86          | 6.27       | 20 | 3-乙基-2,5-二甲基吡嗪     | 14.97         | 1.24       |
| 6  | 异丁基-丙二醇缩醛   | 6.16          | 1.31       | 21 | 二甲基-2-乙烯基吡嗪        | 16.21         | 0.20       |
| 7  | 乙酸-丙二醇酯     | 6.97          | 0.49       | 22 | 6,7-二氢-5H-环戊吡嗪     | 16.87         | 0.49       |
| 8  | 3-甲硫基丙醇     | 7.89          | 1.03       | 23 | 2-乙酰基-3-甲基吡嗪       | 17.60         | 0.10       |
| 9  | 2,5-二甲基吡嗪   | 8.04          | 15.98      | 24 | 4H-吡喃-4-酮          | 18.85         | 1.00       |
| 10 | 2,3-二甲基吡嗪   | 8.23          | 1.38       | 25 | 2-甲基-5H-6,7-二氢环戊吡嗪 | 21.99         | 0.67       |
| 11 | 异戊醛-丙二醇缩醛   | 8.90          | 4.73       | 26 | 3-甲硫基丙醛-丙二醇缩醛      | 22.05         | 1.05       |
| 12 | 苯-醛固酮       | 9.95          | 0.23       | 27 | 2-异丁基-3-甲基吡嗪       | 25.17         | 2.16       |
| 13 | 二甲基三硫醚      | 10.29         | 0.14       | 28 | 联苯基甲烷              | 36.76         | 0.69       |
| 14 | 2-乙基-5-甲基吡嗪 | 11.20         | 0.53       | 29 | 5-甲基-2-苯基-2-己烯醛    | 39.98         | 0.12       |
| 15 | 2,3,5-三甲基吡嗪 | 11.35         | 3.08       |    |                    |               |            |

(0.02%)、赖氨酸 0.28g (0.14%)、脯氨酸 0.08g (0.04%)、精氨酸 0.08g (0.04%)、组氨酸 0.04g (0.02%)、天冬氨酸 0.04g (0.02%)、缬氨酸 0.04g (0.02%)、水分 14.50%、丙二醇 76.60%。

2.3 蛋糕香精成分分析

经优化后的方法制备得到的蛋糕香精产物,具有浓郁的蛋糕香味。经 GC-MS 检测,利用 NIST 谱库对质谱图进行检索,并对鉴定出的各物质进行峰面积归一化法定量分析,其成分检测结果见表 7。

表 7 中的挥发性成分共 29 种。在主要呈香成分中,有吡嗪类、醇类、醛类、硫醚等化合物,是 Maillard 反应中主要的挥发性风味物质。这些化合物与许多食物中令人感觉非常舒服的香味有关,如烷基吡嗪普遍有坚果、可可、焙烤和烤肉的香味,附带有一些泥土气息和土豆样香味,在蛋糕香精中起着非常重要的作用。5-甲基-2-苯基-2-己烯醛具有草香、木香、果香。含硫物质,如 3-甲硫基丙醇呈强烈的肉和肉汤香气和滋味;二甲基三硫醚呈强烈逸发性的薄荷气味和浓烈辛香香气,类似新鲜洋葱气息<sup>[1]</sup>,并且构成了许多食物基本的特性香味。

3 结论

蛋黄液在加等量水后,调节 pH 为 4.0,用 0.8% 蛋白酶 M 于 50℃ 酶解 17h。再调节 pH 至 7.0,用 0.5% 肽酶 AX 在 60℃ 酶解 3h。蛋黄酶解液经氨基酸组成分析,含有包括脯氨酸、蛋氨酸、赖氨酸等可通过美拉德反应产生蛋糕香气的氨基酸 16 种。

经过正交实验探明蛋糕香精热反应体系的 pH 对反应效果影响最大,反应体系水分含量次之,物料配比再次,温度和时间的影响最小。以蛋黄酶解液为前体原料,优化后的反应条件:物料配比为蛋黄液

酶解物 8.00%、葡萄糖 0.40%、木糖 0.20%、蛋氨酸 0.02%、赖氨酸 0.14%、脯氨酸 0.04%、精氨酸 0.04%、组氨酸 0.02%、天冬氨酸 0.02%、缬氨酸 0.02%、水分 14.50%、丙二醇 76.60%,在反应温度 110℃、反应时间 60min、反应体系 pH 为 6。在此条件下反应,所得产物经 GC-MS 分析含有 29 种呈味物质,感官评价具有浓郁的蛋糕香味,说明通过热反应制备蛋糕香精是可行的。

参考文献

[1] 孙宝国.食用调香术[M].第2版.北京:化学工业出版社,2010:82-354.  
[2] 雷涛,刘丽敏,郑毅男.美拉德反应产物制备研究[J].牡丹江医学院学报,2007,28(1):65-67.  
[3] 尤新.氨基酸和糖类的美拉德反应——开发新型风味剂和食品抗氧化剂的新途径[J].食品工业科技,2004,25(7):138-139.  
[4] 吴跃,罗昌荣,陈正行.葡萄糖和果糖对反应型可可香料致香成分形成的影响[J].食品工业科技,2007,28(1):185-188.  
[5] 张彩菊,张慇.利用美拉德反应制备鱼味香料[J].无锡轻工大学学报,2004,23(5):11-15.  
[6] 蔡健,王薇.蛋品风味物质研究[J].食品科技,2003(4):31-33.  
[7] 胡光红.梅拉德反应制取蛋香的研究和应用[J].香料香精化妆品,2001(6):16-17.  
[8] 李美,许丽萍,彭立人.酶解与美拉德反应相结合制备蛋糕香精[C].第八届中国香料香精学术研讨会论文集.广州:2010:45-48.  
[9] 郭俊成,程晓蕾.美拉德增香调味料研究及其应用[J].中国调味品,1995(6):2-3.

(上接第 361 页)

性的影响[J].食品工业,2004(5):7-9.  
[6] 孙庆杰.米粉加工原理与技术[M].中国轻工业出版社,2006(1):66-67.  
[7] 安红周,赵琳,金征宇.工程重组方便米复配机理的研究[J].食品科学,2006,27:126-131.

[8] Gao Jun, Walsh G C, Bigio D. Residence-Time Distribution Model for Twin-Screw Extruders[J]. AIChE J, 1999, 45(12): 2541-2549.  
[9] 邓丹雯.改善方便米饭品质的研究[J].四川食品与发酵,2005(1):54-57.