

无矾马铃薯粉丝改良剂的研究

Study on the improvement of alum-free potato vermicelli

程丽英¹ 任红涛² 王慧荣² 黄丽丽²

CHENG Li-ying¹ REN Hong-tao² WANG Hui-rong² HUANG Li-li²

(1. 郑州工程技术学院, 河南 郑州 450044; 2. 河南农业大学, 河南 郑州 450002)

(1. Zhengzhou Institute of Technology, Zhengzhou, Henan 450044, China;

2. Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China)

摘要:以马铃薯淀粉为原料制作粉丝,采用正交试验回归分析研究黄原胶、魔芋粉、刺槐胶、蔗糖酯和复合磷酸盐对马铃薯粉丝质构特性的影响。结果表明:马铃薯无矾粉丝改良剂最佳配方为黄原胶 0.125%、魔芋粉 0.250%、刺槐胶 0.300%、蔗糖酯 0.025%、复合磷酸盐 0.050%。在该条件下,粉丝质构品质最佳。

关键词:马铃薯;粉丝;改良剂;质构

Abstract: The experiment used potato starch as raw material to make vermicelli. The effects were studied by Orthogonal test regression analysis, including xanthan gum, konjac powder, locust gum, sucrose ester and compound phosphate to the potato starch. The effect of several additives on the quality of potato vermicelli texture was researched. The best improver of alum-free potato vermicelli formula as followed: xanthan gum 0.125%, konjac powder 0.250%, locust gum 0.300%, sucrose ester 0.025% and compound phosphate 0.050%. Under this condition, the texture properties of vermicelli is the best.

Keywords: potato; vermicelli; improver; texture

粉丝作为一种以淀粉为主要原料加工而成的传统食品,在中国已有 1 400 多年的生产历史^[1]。马铃薯在中国种植广泛,总产量居世界第一位,且具有营养丰富,对环境适应性强等特性^[2]。马铃薯淀粉因直链淀粉含量较低,老化后不易形成强的凝胶体,所以传统以马铃薯淀粉为原料生产的粉丝大多需要添加明矾来增强粉丝的弹性和韧性,改善粉丝品质^[3]。但明矾含有铝离子,过量摄入,会影响人体对矿物质的吸收,导致骨质疏松、痴呆等健康问题^[4-5]。《食品添加剂使用标准》(GB 2760—2014)中,针对粉丝中明矾残留量给出了明确的限制,但目前市场上普通粉丝的明矾添加量超标现

象严重^[2]。许多研究^[6-8]表明,在粉丝加工中需加入漂白剂、增筋剂、变性淀粉等来改善粉丝的品质,但某些原料不符合绿色食品的要求。而黄原胶^[9]、魔芋粉^[10-11]、刺槐胶^[10-11]、蔗糖酯^[12]和复合磷酸盐^[13]这 5 种食品添加剂多为天然成分,符合绿色食品要求,并且对粉丝品质具有较好改善作用。张永强等^[14]研究了绿豆淀粉、魔芋粉和复合磷酸盐对粉丝断条率和烹煮损失率的影响,岳晓霞等^[15]研究了聚丙烯酸钠、复合磷酸盐、魔芋粉、CMC 和黄原胶对粉丝断条率、剪切应力和弹性系数的影响,有关无矾粉丝研究^[16-20]报道多为单独添加胶体或添加胶体与磷酸盐,而将多种食用胶、乳化剂和复合磷酸盐复配添加加工马铃薯粉丝,研究其对粉丝质构的影响,目前尚无报道。本试验以冷冻粉丝为研究对象,通过研究黄原胶、魔芋粉、刺槐胶、蔗糖酯和复合磷酸盐 5 种添加剂对马铃薯粉丝冷冻后样品的剪切性能、拉伸性能等质构指标的影响,为无矾马铃薯粉丝的开发和深加工提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

马铃薯淀粉:一级品,山东金城股份有限公司;
黄原胶:食品级,内蒙古阜丰生物科技有限公司;
魔芋粉、刺槐胶、复合磷酸盐:食品级,郑州奥尼斯特食品有限公司;
蔗糖酯:食品级,福建瑞林化工有限公司。

1.2 主要设备与仪器

分析天平:FA-2004A 型,上海精天电子仪器有限公司;
电子天平:JA6102 型,上海精天电子仪器有限公司;
多功能电磁炉:C21-RT2120 型,广东美的生活电器制造有限公司;

冰箱:BCD-235 型,济南新飞电器有限公司;
便携式手动压面机:永康市益海顺工贸有限公司;
物性测试仪:TA-XT plus 型,英国 SMS 公司。

作者简介:程丽英,女,郑州工程技术学院讲师,硕士。

通信作者:任红涛(1976—),男,河南农业大学副教授,硕士。

E-mail:ren76@163.com

收稿日期:2018-01-06

1.3 马铃薯粉丝的制备

称取 60 g 马铃薯淀粉放于不锈钢盆中,将食品添加剂与淀粉混合均匀,加入 60 ℃热水 120 g,搅拌均匀;将搅拌均匀的马铃薯淀粉混合物置于沸水浴中加热 10 min,待不锈钢盆内淀粉完全凝固成半固体半透明状态时,取下不锈钢盆;快速将 40 g 马铃薯淀粉放入其中,用力搓揉,也可将其放在面板上搓揉至面团光滑有弹性、内部无任何颗粒和气泡。将面团放入便携式手动压面机中,迅速挤压面团至沸水中,煮 1 min 后捞出,过 2 遍凉水,然后将粉丝沥干水分,放入自封袋内,冷冻(冰箱温度控制在-24 ℃)至粉丝能完全冻结,冷冻时间约为 12 h。冷冻结束后,将粉丝取出,室温解冻 2 h,开粉后煮制 1 min,过 2 遍凉水后,沥干水分捞出进行质构测试。

1.4 单因素试验方法

(1) 黄原胶添加量对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响:黄原胶添加量分别为 0.00%,0.05%,0.10%,0.15%,0.20%,其他材料添加量为魔芋粉 0.15%,刺槐胶 0.25%,蔗糖酯 0.02%,复合磷酸盐 0.04%。

(2) 魔芋粉添加量对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响:魔芋粉添加量分别为 0.00%,0.05%,0.10%,0.15%,0.20%,0.25%,其他材料添加量为黄原胶 0.1%,刺槐胶 0.25%,蔗糖酯 0.02%,复合磷酸盐 0.04%。

(3) 刺槐胶添加量对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响:刺槐胶添加量分别为 0.00%,0.05%,0.10%,0.15%,0.20%,0.25%,0.30%,0.35%,其他材料添加量为黄原胶 0.10%,魔芋粉 0.15%,蔗糖酯 0.02%,复合磷酸盐 0.04%。

(4) 蔗糖酯添加量对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响:蔗糖酯添加量分别为 0.00%,0.01%,0.02%,0.03%,0.04%其他材料添加量为黄原胶 0.1%,魔芋粉 0.15%,刺槐胶 0.25%,复合磷酸盐 0.04%。

(5) 复合磷酸盐添加量对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响:复合磷酸盐添加量分别为 0.00%,0.02%,0.04%,0.06%,0.08%,其他材料添加量为黄原胶 0.10%,魔芋粉 0.15%,刺槐胶 0.25%,蔗糖酯 0.02%。

1.5 正交试验设计

根据单因素试验结果,确定正交试验各因素水平,以无矾粉丝剪切力和拉伸性能为评价指标,研究添加剂对马铃薯粉丝质构的影响。

1.6 粉丝的质构测试

1.6.1 剪切特性 采用 A/LKB-F 型探头进行剪切测试,测定样品的最大剪切力。测试方法:取 40 根粉丝煮熟,过凉水后沥干水分,每次取 4 根粉丝并排放于测试台上,粉丝中间有一定间隙,每个试样做 8 次平行试验,结果为去掉最大值和最小值后的平均值。参数设置:接触力 5 g;压缩模式;测前速度 1.0 mm/s;测试速度 0.17 mm/s;测后速度 10.0 mm/s;距离 4.5 mm。

1.6.2 拉伸特性 采用 A/SPR 型探头进行拉伸测试,测定样品最大拉伸距离(样品被拉断瞬间长度的增加量)。测试方法:取 40 根粉丝煮熟,过凉水后沥干水分,每次取 4 根粉

丝并排放于测试台上,粉丝中间有一定间隙,每个试样做 8 次平行试验,结果为去掉最大值和最小值后的平均值。参数设置:接触力 5 g;拉伸模式;测前速度 10.0 mm/s;测试速度 3.0 mm/s;测后速度 3.0 mm/s。

1.7 数据处理

试验数据全部采用 DPS 7.05 软件处理。

2 结果与分析

2.1 黄原胶对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响

由图 1 可知,随着黄原胶添加量的逐渐增加,粉丝的拉伸性能和剪切力均呈先升高后降低的趋势。当黄原胶添加量为 0.10%时粉丝的拉伸性能最好,添加量为 0.15%时粉丝的剪切力最大,表明黄原胶对其拉伸性能及剪切力特性具有一定的改善作用,但添加量过多导致淀粉面团太黏稠,不易搅拌、成型,从而影响了粉丝质构特性。

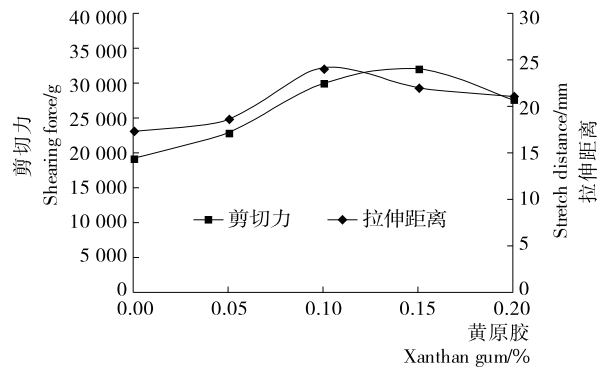


图 1 黄原胶对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响
Figure 1 Effect of xanthan gum on shearing force and tensile properties of potato starch vermicelli

2.2 魔芋粉对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响

由图 2 可知,随着魔芋粉添加量的逐渐增加,粉丝的拉伸性能和剪切力均呈先升高后降低的趋势。当魔芋粉添加量为 0.20%时粉丝的拉伸性能最好,添加量为 0.15%时粉丝的剪切力最大。魔芋粉过量添加则导致产品品质下降。

2.3 刺槐胶对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响

由图 3 可知,随着刺槐胶添加量的逐渐增加,粉丝的拉伸性能和剪切力均呈先升高后降低的趋势。当刺槐胶添加

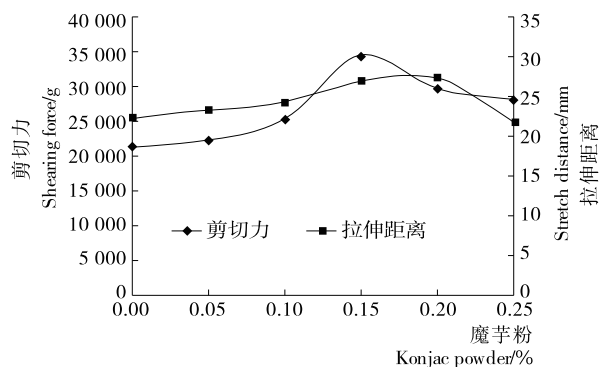


图 2 魔芋粉对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响
Figure 2 Effect of konjac powder on shearing force and tensile properties of potato starch vermicelli

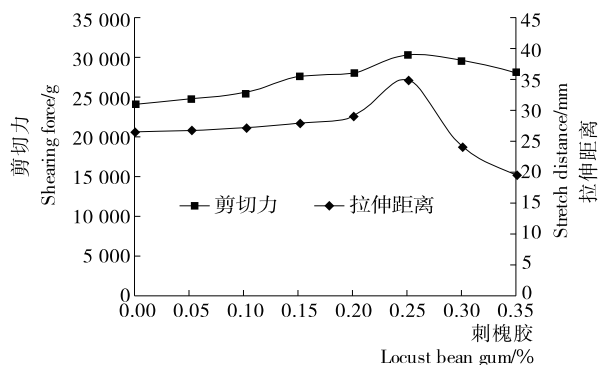


图 3 刺槐胶对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响

Figure 3 Effect of locust bean gum on shearing force and tensile properties of potato starch vermicelli

量为 0.25% 时粉丝的拉伸性能最好、剪切力最大,而添加量超过 0.25% 时粉丝拉伸性能下降较快,因为刺槐胶本身无法形成凝胶,可与黄原胶等其他大分子物形成凝胶,而无法与其他物质结合的刺槐胶破坏了粉丝的凝胶结构。

2.4 蔗糖酯对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响

由图 4 可知,随着蔗糖酯添加量的逐渐增加,粉丝的拉伸性能和剪切力均呈先升高后降低的趋势。当蔗糖酯添加量为 0.015% 时粉丝的拉伸性能最好,添加量为 0.020% 时粉丝的剪切力最大。

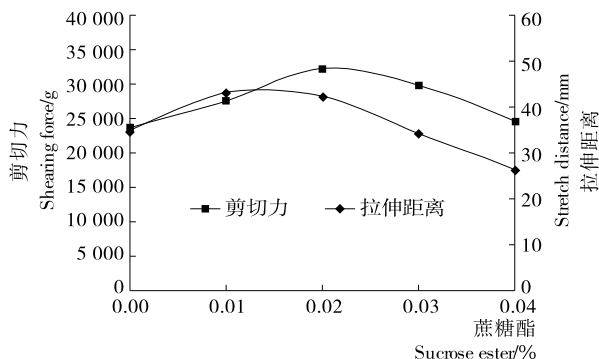


图 4 蔗糖酯对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响

Figure 4 Effect of sucrose ester on shearing force and tensile properties of potato starch vermicelli

2.5 复合磷酸盐对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响

由图 5 可知,随着复合磷酸盐添加量的逐渐增加,粉丝的拉伸性能和剪切力均呈先升高后降低的趋势。当复合磷酸盐添加量为 0.04% 时,粉丝的拉伸性能最好,剪切力最大。随着复合磷酸盐过量添加,会使粉丝的抗拉能力、筋力和韧性破坏,从而影响了粉丝的质量。

2.6 正交试验结果与分析

以马铃薯无矾粉丝的剪切力、拉伸距离作为评价指标,对黄原胶、魔芋粉、刺槐胶、蔗糖酯、复合磷酸盐进行五因素四水平正交试验设计,优化无矾粉丝改良剂配方,正交试验因素水平见表 1,试验结果见表 2。

2.6.1 对粉丝拉伸性能的影响 粉丝的拉伸性能经二次多项式逐步回归分析得到回归方程:

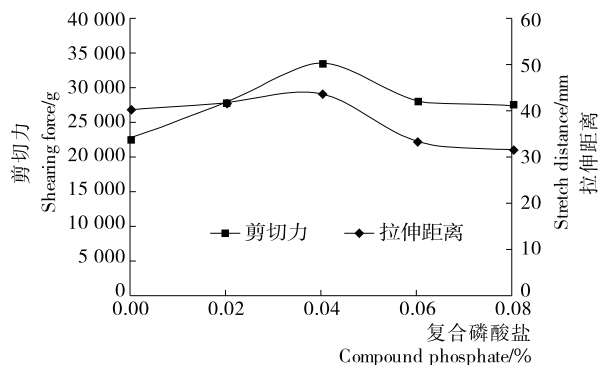


图 5 复合磷酸盐对马铃薯粉丝剪切力和拉伸性能的影响

Figure 5 Effect of compound phosphate on shearing force and tensile properties of potato starch vermicelli

表 1 正交试验设计表

Table 1 The table of orthogonal experiment design %

水平	X ₁ 黄原胶	X ₂ 魔芋粉	X ₃ 刺槐胶	X ₄ 蔗糖酯	X ₅ 复合磷酸盐
1	0.05	0.10	0.15	0.010	0.03
2	0.10	0.15	0.20	0.015	0.04
3	0.15	0.20	0.25	0.020	0.05
4	0.20	0.25	0.30	0.025	0.06

表 2 正交试验结果

Table 2 The results of orthogonal experiment

试验号	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	拉伸距离/mm	剪切力/g
1	1	1	1	1	1	38.74	31 739.6
2	1	2	2	2	2	46.66	33 941.4
3	1	3	3	3	3	40.44	35 002.8
4	1	4	4	4	4	47.21	35 025.2
5	2	1	2	3	4	62.20	31 614.3
6	2	2	1	4	3	72.84	33 957.3
7	2	3	4	1	2	58.12	30 993.9
8	2	4	3	2	1	40.96	32 051.6
9	3	1	3	4	2	49.86	32 251.9
10	3	2	4	3	1	40.61	27 226.5
11	3	3	1	2	4	48.77	38 731.6
12	3	4	2	1	3	45.76	40 362.2
13	4	1	4	2	3	51.48	35 617.9
14	4	2	3	1	4	42.10	36 457.3
15	4	3	2	4	1	47.44	31 998.2
16	4	4	1	3	2	54.53	29 571.5

$$Y = 37.073 X_3 + 2.904 X_4 + 0.291 X_5^2 + 1.708 X_3^2 + 1.081 X_4^2 + 0.991 X_1 X_2 + 0.678 X_1 X_3 + 0.565 X_1 X_4 - 1.776 X_1 X_5 - 1.950 X_2 X_4 - 0.109 X_2 X_5 - 4.602 X_3 X_4 + 3.289 X_4 X_5 \quad (1)$$

对回归模型进行方差分析,相关系数 $R = 0.985 1$,表明回归方程与试验值符合程度较高。由表 3 可知, X₃(刺槐胶)和 X₄(蔗糖酯)交互效应对拉伸性能影响极显著,其他不显

表3 拉伸性能方程回归系数显著性检测结果[†]

Table 3 Significance test of tensile property regression coefficients

变异系数	偏相关	t 检验值	P 值
X ₁	0.218 2	0.387 3	0.718 2
X ₂	0.233 4	0.415 7	0.698 9
X ₃	0.794 8	2.268 3	0.085 9
X ₄	0.529 1	1.079 9	0.340 9
X ₁ X ₂	0.363 1	0.674 9	0.536 7
X ₁ X ₃	0.252 0	0.451 1	0.675 3
X ₁ X ₄	0.241 4	0.430 8	0.688 8
X ₁ X ₅	-0.620 6	1.370 8	0.242 3
X ₂ X ₄	-0.837 7	2.657 3	0.056 6
X ₂ X ₅	-0.065 4	0.113 4	0.915 1
X ₃ X ₄	-0.944 9	4.999 1	0.007 5**
X ₄ X ₅	0.840 8	2.690 4	0.054 6

† ** 代表在 0.01 水平差异极显著, * 代表在 0.05 水平差异显著。

著。并且还通过回归模型的 F 值(8.189 1)得知方程达到显著水平,表明二次回归模型与实际情况拟合很好,该模型有效。经 DPS 模拟寻优,可得到理论最优拉伸距离值为90.80,其对应组合为黄原胶 0.125%、魔芋粉 0.250%、刺槐胶 0.300%、蔗糖酯 0.025%、复合磷酸盐 0.050%。

2.6.2 对粉丝剪切性能的影响 粉丝的剪切性能经二次多项式逐步回归分析得到回归方程:

$$Y = 36.0305747 - 7.8005686X_1 + 4.1020326X_2 - 3.0213238X_3 + 243.3689X_4^2 + 178.0331X_5^2 - 1.1486033X_1X_2 - 1.5478380X_1X_3 + 2.3825946X_1X_4 + 1.8338583X_1X_5 + 66.7983X_2X_3 - 154.0501X_2X_4 - 337.3611X_2X_5 + 1.2825389X_3X_4 - 365.4175X_3X_5 \quad (2)$$

对回归模型进行方差分析,相关系数 R=1.000 0,表明回归方程与试验值符合程度非常高。由表 4 可知,X₂对剪切性能影响极显著,且正相关,X₁和 X₄对剪切性能影响均呈极显著负相关;二次项 X₁²、X₂²、X₃²对剪切性能影响极显著;交互项 X₁X₂、X₁X₃、X₁X₄、X₂X₃、X₂X₄、X₂X₅、X₃X₄对剪切性能影响极显著。回归模型 F 值为 23 105.174 9,P=0.005 2,可知方程极显著。经 DPS 模拟寻优,可得到理论最优剪切力值为 48 601.82,其对应组合为黄原胶 0.130%、魔芋粉 0.250%、刺槐胶 0.330%、蔗糖酯 0.027%、复合磷酸盐 0.050%。

正交试验以马铃薯粉丝的拉伸性能和剪切力为考察指标,两指标的最优改良剂配方结果相近,而粉丝口感主要由拉伸性能决定,因此最优组合为黄原胶 0.125%、魔芋粉 0.250%、刺槐胶 0.300%、蔗糖酯 0.025%、复合磷酸盐 0.050%。

2.7 验证实验

为验证理论最优方案与实际情况的吻合程度,选取黄原胶 0.125%、魔芋粉 0.250%、刺槐胶 0.300%、蔗糖酯 0.025%、复合磷酸盐 0.050% 进行实验验证。先将黄原胶、魔芋粉和

表4 剪切力方程回归系数显著性检测结果[†]

Table 4 Significance test of shearing property regression coefficients

变异系数	偏相关	t 检验值	P 值
X ₁	-0.999 6	35.667 8	0.000 8**
X ₂	0.999 9	66.220 7	0.000 2**
X ₃	-0.999 8	48.860 8	0.000 4**
X ₄	0.998 6	19.165 0	0.002 7**
X ₅	0.999 3	27.050 1	0.001 4**
X ₁ X ₂	-1.000 0	179.806 9	0.000 1**
X ₁ X ₃	-0.999 9	58.710 8	0.000 3**
X ₁ X ₄	0.999 9	79.723 1	0.000 2**
X ₁ X ₅	0.999 9	64.750 5	0.000 2**
X ₂ X ₃	0.966 5	3.764 7	0.063 9
X ₂ X ₄	-0.998 5	18.255 3	0.003 0**
X ₂ X ₅	-0.999 4	29.545 7	0.001 1**
X ₃ X ₄	1.000 0	208.379 3	0.000 1**
X ₃ X ₅	-0.999 8	54.622 0	0.000 3**

† ** 代表在 0.01 水平极差异显著, * 代表在 0.05 水平差异显著。

刺槐胶溶解 2 h,然后加入淀粉和水的混合物中,进行糊化;糊化结束后,加入提前用少量水溶解的蔗糖酯和复合磷酸盐,还有剩余的生淀粉,揉搓面团直至满足要求,再进行挤丝煮熟过凉水;将粉丝沥干放入冰箱待测试。由验证结果可知,该配方下粉丝的拉伸性能、剪切力等都得到较大的提高,优于正交试验各组,表明理论最优组合可以作为复配试验的最优方案。

2.8 明矾粉丝与无矾粉丝对照试验

传统粉丝制作明矾添加量为 0.3%~0.6%,明矾粉丝制作方法同本试验中无矾粉丝制作工艺相同,明矾添加量取 0.1%、0.3%、0.6% 3 个水平,明矾粉丝与无矾粉丝质构指标对比见表 5。

表5 明矾粉丝与无矾粉丝指标对比

Table 5 The comparison of alum vermicelli and alum-free vermicelli

试验组	拉伸距离/mm	剪切力/g
无矾粉丝	89.52	47 392.5
0.1%明矾粉丝	68.37	33.417 4
0.3%明矾粉丝	76.35	40 368.6
0.6%明矾粉丝	83.64	48 965.7

由表 5 可知,本试验无矾粉丝品质明显优于 0.3%传统明矾粉丝品质,与 0.6%明矾粉丝相比只有剪切性能稍有差距。而传统制法明矾添加量一般不会高达 0.6%,且按国标(GB 2760—2014)残留铝限量要求明矾添加量必须在 0.1%以下。综上,0.125%黄原胶、0.250%魔芋粉、0.300%刺槐胶、0.025%蔗糖酯和 0.050%复合磷酸盐可替代明矾,生产品质优良的马铃薯粉丝。

3 结论

黄原胶、魔芋粉、刺槐胶、蔗糖酯和复合磷酸盐均可明显改善马铃薯粉丝剪切与拉伸性能,但添加量超过一定水平,对粉丝质构性能有负面影响。刺槐胶添加过量破坏粉丝拉伸性能,魔芋粉极显著提高粉丝剪切性能,黄原胶和蔗糖酯添加过量破坏剪切性能。试验结果显示无矾马铃薯粉丝改良剂最佳配方为黄原胶 0.125%、魔芋粉 0.250%、刺槐胶 0.300%、蔗糖酯 0.025%、复合磷酸盐 0.050%。表明多种食用胶、乳化剂和复合磷酸盐复配可明显改善马铃薯粉丝品质,其改善机理尚需对粉丝微观结构及物质结合键做深入研究。

参考文献

- [1] 陈洪兴,顾正彪,洪雁. 粉丝的原料、生产工艺及发展趋势[J]. 食品工业科技, 2003, 24(7): 94-96.
- [2] 索海英,德力格尔桑,张航. 无明矾马铃薯粉丝制作工艺及其性能的研究[J]. 粮食与食品工业, 2011, 18(2): 27-30.
- [3] 苏晶,姜英杰,陈玉波. 无矾粉丝复合添加剂的研制[J]. 食品添加剂, 2013, 34(9): 133-136.
- [4] 陶瑞霄,张海均,贾冬英,等. 薯类粉条粉丝加工中明矾替代物的研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2012, 12(2): 39-44.
- [5] 李颖. 无矾红薯粉丝的加工研究[J]. 粮油加工, 2009, 40(6): 113-115.
- [6] KASEMSUWAN T, BAILEY T, JANE J. Preparation of clear noodles with mixtures of tapioca and high-amylose starches[J]. Carbohydrate Polymers, 1998, 36(4): 301-312.
- [7] KAURA L, SINGH J, SINGH N. Effect of glycerol monostearate on the physico-chemical, thermal, rheological and noodle making properties of corn and potato starches[J]. Food Hydro-

colloids, 2005, 19(5): 839-849.

- [8] PRABHASANKAR P, RAJIV J, INDRANI D, et al. Influence of whey protein concentrate, additives, their combinations on the quality and microstructure of vermicelli made from Indian T. Durum wheat variety[J]. Food Engineering, 2007, 80(4): 1 239-1 245.
- [9] 谢定. 黄原胶在甘薯粉丝加工中的作用机理[J]. 食品与机械, 1991(4): 19-20.
- [10] 彭湘莲,付红军,洪伟. 魔芋粉丝的研制及感官评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(6): 192-196.
- [11] 陈洁,钱晶晶,王春. 胶体在冷冻面条中的研究[J]. 中国食品添加剂, 2011, 18(2): 178-180.
- [12] 张百盛,张心田. 蔗糖酯的特性及在食品中的应用[J]. 农产品加工, 2006, 64(5): 76-77.
- [13] 吴雪辉,李琳. 复合磷酸盐对面条改良作用的研究[J]. 粮食与饲料工业, 1998, 19(12): 43-44.
- [14] 张永强,于学聪,张建波,等. 明矾替代物生产马铃薯淀粉粉丝的研究[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(4): 96-99.
- [15] 岳晓霞,王梁,刘广,等. 五种食品添加剂对马铃薯粉丝品质特性的影响[J]. 中国调味品, 2013, 38(10): 32-35.
- [16] 李兴革,李娟,魏春红. 复合改良剂对马铃薯淀粉粉丝断条率的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2012, 24(1): 58-60, 91.
- [17] 孙琛,曹余,何绍凯,等. 两种酯化变性淀粉用于无明矾粉丝的制作研究[J]. 粮食与饲料工业, 2013, 12(9): 35-38.
- [18] 杜林,章恩明. 湿方便甘薯粉丝加工工艺研究[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2001, 14(3): 96-99.
- [19] 胡肖容,廖卢艳. 粉丝品质的研究进展[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(3): 5-7.
- [20] 孟亚萍. 挤压米粉加工及品质改良技术研究[D]. 无锡:江南大学, 2015: 3-5.

(上接第 215 页)

淀粉和蛋白易分离,大大缩短了提取淀粉时间,提高效率,避免了夏季气温高或浸泡时间长使碎米粉变质酸败。后续将对淀粉的理化特性进行研究,以期为碎米淀粉的应用提供理论依据。

参考文献

- [1] MARSHALL W G, WORDSWORTH J I. Rice science and technology[M]. New York: Mafc Dekker Inc, 1994: 237-259.
- [2] 刘宜锋,翁聿颖,何丹华. 碎米应用开发[J]. 福建轻纺, 2007(1): 30-33.
- [3] 于泓鹏,徐丽,高群玉,等. 大米淀粉的制备及其综合利用研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2004(4): 21-22.
- [4] 杨夫光,李飞,母应春,等. 挤压碎米生产淀粉糖浆的工艺优化[J]. 食品与机械, 2013, 29(2): 190-194.
- [5] 单斌,朱建华,金小丽,等. 双酶法优化复合碎米-糙米乳饮料工艺条件[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 232-236.
- [6] 王校红. 大米淀粉研发的现状及发展趋势[J]. 黑龙江粮食, 2012

(2): 42-44.

- [7] 易翠平,姚惠源. 高纯度大米蛋白和淀粉的分离提取[J]. 食品与机械, 2004, 20(6): 18-21.
- [8] 马丽娜,姜丹,张守文. 碱法提取五常稻花香大米淀粉工艺优化[J]. 农产品加工·学刊, 2014(1): 46-47.
- [9] BILIADERIS C G, JULIANO B O. Thermal and mechanical-properties of concentrated rice starch gels of varying composition[J]. Food Chemistry, 1993, 48(3): 243-250.
- [10] 芦鑫,张晖,姚惠源. 采用表面活性剂结合超声波法分离淀粉[J]. 食品工业科技, 2007(4): 73-76.
- [11] RESURRECCION A P, LI Xing-xiang, OKITA T W, et al. Characterization of poorly digested protein of cooked rice protein bodies[J]. Cereal Chemistry, 1993, 70(1): 101-104.
- [12] 朱建华,邹秀容,罗红. 稻谷加工业副产物碎米中蛋白的超声提取工艺研究[J]. 江西农业学报, 2013, 25(1): 106-108.
- [13] 李玥. 大米淀粉的制备方法及物理化学特性研究[D]. 无锡:江南大学, 2008: 22-23.
- [14] 李翠莲,方北曙,李艳红. 大米淀粉提取工艺的研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(33): 10 840, 10 936.