

# 粉丝生产中提高绿豆淀粉收率的浸泡工艺研究

王德培<sup>1</sup>, 白卫东<sup>1</sup>, 李志西<sup>2</sup>

(1. 仲恺农业技术学院食品科学系, 广州 510225; 2 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 杨凌 712100)

**摘 要:** 为了提高粉丝生产中豆类淀粉的收率, 应用正交试验设计, 研究不同浸泡剂在不同浸泡条件下对粉丝生产中绿豆淀粉分离、提取的影响, 得到了提高淀粉收率的新方法和新工艺。研究表明: 浸泡温度是影响淀粉收率的主要因素, 实际生产宜取 20~30 的温度进行浸泡; 0.2% 的 HCl 溶液浸泡与传统的水浸泡(酸浆沉淀法)没有显著差异; 0.2% NaHSO<sub>3</sub> 在 30 温度下浸泡 48 h, 可使淀粉收率从 83.7% 提高到 91.6%~96.3%; 0.04% NaOH 液在室温(20 左右)下浸泡 48 h, 可使淀粉收率提高到 93.4%~98.3%; 浸泡时间也是影响绿豆淀粉分离、提取的重要因素, 以 24~48 h 为宜, 亦可根据浸泡温度( $T$ )与浸泡时间( $t$ )的关系式  $t = 905T - 1.12(10 - T - 30)$  控制浸泡温度和时间。

**关键词:** 绿豆淀粉; 分离; 提取; 浸泡时间; 浸泡温度

**中图分类号:** TS236.5; TS214.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2005)08-0151-06

王德培, 白卫东, 李志西 粉丝生产中提高绿豆淀粉收率的浸泡工艺研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 151-156

Wang Depei, Bai Weidong, Li Zhixi Soaking technology for raising starch extraction ratio from mung bean during production of thin noodles from mung bean starch[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(8): 151-156 (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

粉丝是人们喜爱的大众化食品之一<sup>[1,2]</sup>。绿豆淀粉是生产粉丝的良好原料, 与蚕豆及豌豆淀粉比较, 生产的粉丝外观洁白、光滑有筋力, 弹性和柔韧性大, 蒸煮品质好。出口量最大的龙口粉丝, 就是以绿豆为主要原料生产的<sup>[3,6,8]</sup>。原料中淀粉提取采用的是酸浆沉淀法, 即利用自然发酵产生的酸浆, 将淀粉与其它物质分离<sup>[4]</sup>, 不但生产周期长, 耗水量大(原料 水=1:20~40), 而且易造成淀粉流失; 同时, 添加特性不明的酸浆水会阻碍自动化程度和连续化的进行, 而且大量蛋白质废液没有充分利用<sup>[9-11]</sup>。经甘肃兰州、山东龙口等地实地考察, 绿豆淀粉收率稳定在 83.7% 还有一定困难。

在淀粉生产中, 原料浸渍是非常重要的道工序, 专著和研究报告多论及玉米淀粉和薯类淀粉的原料浸渍处理, 对于绿豆的浸渍研究较少, 至于豌豆的浸渍少见报道, 主要侧重于绿豆以水浸泡时受浸泡温度、浸泡时间、加水量等因素的影响, 浸泡过程直接影响到淀粉的收率和质量<sup>[4,5]</sup>。绿豆种子经干燥后, 水分含量约 13% 左右, 在浸泡时, 种子吸收水分膨胀, 逐渐软化, 可溶性物质溶出。种子软化破裂的原因除吸收水分外, 另一个很重要的原因是在浸泡过程的中后期, 乳酸杆菌繁殖, 产生大量的乳酸, 而乳酸具有良好的软化作用。为了了解绿豆在浸泡吸水过程中, 能否添加一些化学物质, 破坏各化学组分之间的联系, 促进蛋白质网状结构的分解和分散, 使蛋白质失去粘结淀粉粒的能力而分散, 及至细胞壁破裂, 淀粉颗粒逸出, 利于淀粉分离、提取和精

制, 选用了一定浓度的盐酸、氢氧化钠和亚硫酸氢钠作为浸泡剂, 研究绿豆淀粉的分离、提取最佳工艺条件, 以期绿豆淀粉在食品工业的应用及粉丝(条)工厂化生产与开发新的用途提供一定的试验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

绿豆 (*Phaseolus aureus* L.): 鄂绿 1 号、鄂绿 2 号(产地: 湖北省)及陕西地方品种。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 绿豆的形态特征及理化性质的测定<sup>[7]</sup>

1) 吸水率的测定: 充分吸水至恒质量, 测吸水率。

$$\text{吸水率} = \frac{\text{吸水后质量} - \text{吸水前质量}}{\text{吸水前质量}} \times 100\%$$

2) 绿豆形态大小测定<sup>[7]</sup>

采用种子指数即把种子的长、宽、厚连乘得的积来表示。

3) 千粒重、含水率、粗蛋白质、淀粉、粗脂肪、粗纤维、灰分测定按国标 GB 5490~5539-85 进行。

#### 1.2.2 绿豆种子叶的电子显微镜观察

仪器: JEM-100C × III 型电子显微镜(日本)

方法: 1) 绿豆在去离子水中浸泡 12 h。2) 切片、固定。4% 戊二醛固定 12 h。3) 0.3M PBS (pH 7.2~7.4 磷酸缓冲液) 漂洗两次, 每次 15 min。4) 1% 锇酸处理后固定 6 h。5) 冲洗。用 PBS 冲洗 3 次, 每次 5 min。6) 脱水。经 15%, 25%, 50%, 75%, 100% 系列浓度的乙醇脱水, 每次 30 min, 从固定到脱水连续进行。7) 色埋: 脱水以后, 把样本放入 50/50/环氧树脂: 丙酮混合物中, 渗透 24 h。8) 切片。9) 观察: 工作电压 80 kV。

#### 1.2.3 验证性试验

以绿豆和豌豆各 500 g 进行最佳工艺验证性试验<sup>[13]</sup>。

收稿日期: 2005-04-05 修订日期: 2005-06-10

作者简介: 王德培(1964-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为农产品贮藏与加工、食品生物技术。广州市东沙街 24 号大院 仲恺农业技术学院教务处, 510225。E-mail: lishan1998@163.com

2 结果与分析

2.1 绿豆的理化性质

绿豆物理性质的测定结果如表 1, 绿豆品种间鄂绿

1 号、鄂绿 2 号及陕西地方品种的大小相差甚大, 千粒重相差 16.9 g, 外观和色泽上也有差异, 有毛粒与光粒及暗绿色与亮绿色之分。而对饱和吸水率来说, 绿豆三个品种间差别很小, 都在 120% 左右。

表 1 绿豆的物理性质  
Table 1 Physical properties of mung bean

品 种	外观	色泽	形状	大 小 /mm ×mm ×mm	千粒质量 /g · (1000 粒) <sup>-1</sup>	饱和吸水率 /%
鄂绿 1 号	毛粒	暗绿色	长球形	5.5 × 3.8 × 3.1	49.3	120.4
鄂绿 2 号	光粒	亮绿色	长球形	5.8 × 4.2 × 3.5	65.4	120.7
陕西地方品种	光粒	暗绿色	短长球形	5.3 × 3.6 × 3.0	48.5	120.3

绿豆化学组成的测定结果如表 2, 绿豆品种间的化学组成极为相近, 其淀粉、粗蛋白质、粗纤维、脂肪及灰分含量差别很小。

表 2 绿豆的化学组成  
Table 2 Chemical components of mung bean

品种	含水率 /%	淀粉 /%	粗蛋白质 /%	粗纤维 /%	脂肪 /%	灰分含量 /%
鄂绿 1 号	12.8	56.1	21.7	4.3	2.1	3.0
鄂绿 2 号	13.9	52.8	22.2	5.3	1.8	3.8
陕西地方品种	12.9	52.5	25.4	4.4	1.6	3.2

2.2 绿豆种子子叶中淀粉粒的分布、形态和大小

绿豆的淀粉与蛋白质存在于子叶中, 通过电子显微镜观察, 确定其分布状态, 便于采用合适的化学试剂浸泡, 然后机械磨碎, 破坏子叶细胞中蛋白质网络结构, 促使淀粉分离出来, 观察结果如下:

淀粉和蛋白质大部分存在于绿豆的肥大子叶中, 小部分也存在于胚轴。淀粉粒在子叶里的分布是不连续、不均匀的, 淀粉粒蛋白体和脂质球体交错并为蛋白体和脂肪质球体构成的网络结构所包围。

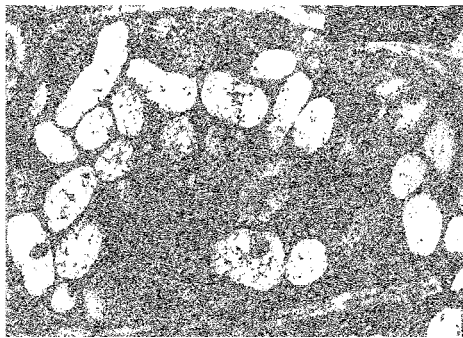


图 1 绿豆子叶切片透射电镜照片

Fig 1 TEM photo of cotyledon section of mung bean

绿豆淀粉颗粒呈肾形或长球形, 颗粒大小长为 8~25 μm, 宽为 5~12 μm, 电子显微镜下观察, 淀粉颗粒有许多“折”, 可能是淀粉昼夜周期的合成和沉积, 围绕一个中心或偏心形成脐点, 淀粉颗粒又围绕脐点沉积, 构成“壳层”。在壳层中, 直链淀粉分子与少量的支链淀粉分子辐射状排列, 在有些部位与氢键结合形成结晶区或胶质结构。于是, 由于电镜光源电子的二次散射, 形成了透射电子显微镜下的光学现象——“折”。

在浸泡中, 绿豆吸收水分, 其蛋白质网络结构吸收水分膨胀而成球形, 包裹淀粉的蛋白体崩解, 使其网络的各部分易于分离, 随着浸泡时间的延长, 蛋白质失去粘结淀粉粒的能力而分散, 及至细胞壁破裂, 淀粉颗粒逸出, 原来的网络结构不复存在。

2.3 以盐酸作浸泡剂分离、提取淀粉

为了提高绿豆淀粉收率, 缩短酸浆水生产绿豆淀粉的周期, 以一定浓度盐酸模拟传统酸浆沉淀法, 分离提取绿豆淀粉。

1) 试验因素设计及试验结果

表 3 盐酸为浸泡剂试验因素设计  
Table 3 Factors and levels of HCl as soaker

水 平	A 浸泡温度/	B 浸泡时间/h	C 盐酸用量/%
1	0~4	24	0.01
2	室温	48	0.05
3	30	96	0.2

2) 选用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交试验表, 试验结果如表 4

表 4 淀粉收率试验结果

Table 4 Results of starch extracting rate						
试验号	1 A	2 B	3 C	4 C	试验编号	试验指标
1	1	1	1	1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	79.4%
2	1	2	2	2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	91.0%
3	1	3	3	3	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	89.1%
4	2	1	2	3	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	89.3%
5	2	2	3	1	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	92.9%
6	2	3	1	2	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	83.3%
7	3	1	3	2	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	84.2%
8	3	2	1	3	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	60.6%
9	3	3	2	1	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	80.7%
K <sub>1</sub>	86.5	84.3	74.4	84.3		
K <sub>2</sub>	88.5	81.5	87.0	86.2		= 750.2
K <sub>3</sub>	75.2	84.3	84.3	79.7		

方差分析表明: 浸泡温度、浸泡时间对淀粉收率有显著影响, 盐酸浓度对绿豆淀粉收率影响未达到显著水平。选定对提高淀粉收率有利的水平 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> 为最优工艺条件, 其工程平均为 87.2, 进行区间估计, 确定变动半径为 3.0, 即在室温条件下, 用 0.05% HCl 溶液浸泡 96 h, 进行绿豆淀粉分离提取, 淀粉收率将在 84.2%~

90 2%。

表 5 方差分析表

Table 5    A n a l y s i s   o f   v a r i a n c e						
方差名称	D	偏差平方和	f	V 方差	F 值	显著性
A		310.2	2	155.1	19.27	*
B		365.4	2	182.7	22.70	*
C		67.4	2	33.7	4.19	
误差		16.1	2	8.1		

注:  $F_{0.05}(2, 2) = 19.10$ 。

盐酸浓度对淀粉收率的影响并未达到显著水平, 是因为在浸泡过程中, 绿豆充分吸水, 种皮破裂及至细胞壁破裂, 许多可溶性物质外渗, 如有机酸、游离氨基酸以及蛋白质部分降解, 可溶性糖的发酵等造成 pH 值下降, 从而抵消了盐酸的作用。为此, 进行了补充试验: 选绿豆 50 g, 加 100 mL pH 7.01 的蒸馏水浸泡, 观察 pH 值变化情况, 结果如图 2。

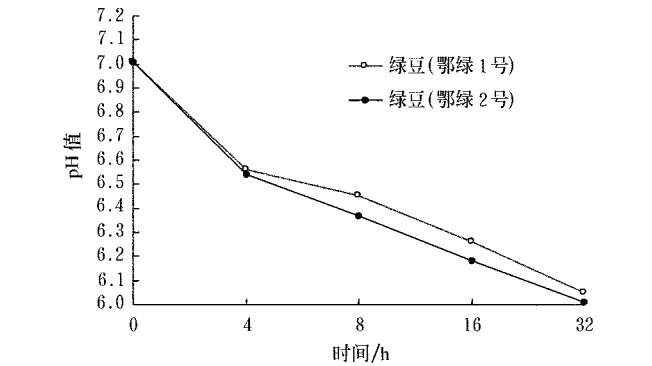


图 2 浸泡过程中 pH 值变化情况

Fig. 2 pH value changes during soaking

由图 2 可见: 最初 4 h 之内, 绿豆迅速吸水, 种皮破裂, 内容物外渗, 使 pH 值先快速下降, 随后缓慢下降, 说明浸渍过程中, 可溶性物不断外渗, 加上中后期(4 h 后)乳酸菌发酵, 使浸渍液 pH 值逐渐下降, 32 h 后, pH 值由 7.01 下降到 6.01, 抵消了低浓度氢离子对种皮的破坏以及蛋白质网络的破坏作用, 说明低浓度(0.01% ~ 0.20%)的盐酸对提高绿豆淀粉收率无显著影响。

2.4 以氢氧化钠作浸泡剂分离、提取淀粉

选用  $L_9(3^4)$  正交试验表, 试验结果列于表 8。

1) 极差分析与直观分析

极差分析表明: 浸泡温度 D 为主要因子, 其次为氢氧化钠的浓度和浸泡时间。可见, 影响淀粉收率的主次因子为: D - F - E。

表 6 NaOH 为浸泡剂试验因素设计

Table 6 Factors and levels of tests on using NaOH solution as soaker			
水平	D 浸泡温度/°C	E 浸泡时间/h	F 氢氧化钠浓度/%
1	0~4	12	0.04
2	室温	24	0.12
3	30	48	0.24

表 7 氢氧化钠浸泡试验结果

Table 7 Soaking results using NaOH solution as soaker						
试验号	D	E	F	试验编号	试验指标 干淀粉(g)/500 g 绿豆	
1	1	1	1	D <sub>1</sub> E <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	180	1
2	1	2	2	D <sub>1</sub> E <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	174	3
3	1	3	3	D <sub>1</sub> E <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	171	6
4	2	1	2	D <sub>2</sub> E <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	113	2
5	2	2	3	D <sub>2</sub> E <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	150	6
6	2	3	1	D <sub>2</sub> E <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	119	3
7	3	1	1	D <sub>3</sub> E <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	180	8
8	3	2	2	D <sub>3</sub> E <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	137	9
9	3	3	3	D <sub>3</sub> E <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	179	9

表 8 极差分析表

Table 8 Analysis of extreme difference			
极差	D	E	F
K <sub>1</sub>	127.7	145.8	170.2
K <sub>2</sub>	175.3	155.8	158.1
K <sub>3</sub>	166.2	167.9	140.9
R	47.6	21.9	29.3

经直观分析, 结果表明: 浸泡温度从 0~4 °C 室温 30 °C 变化中, 以室温(20 °C 左右)效果最佳, 浸泡时间 12~48 h, 以 48 h 为好; 氢氧化钠浓度超过 0.04%, 淀粉收率下降, 这一结果与玉米淀粉生产相似<sup>[6]</sup>; 使用 0.01M 氢氧化钠有利于淀粉分离与提取。

2) 方差分析结果见表 9。

表 9 氢氧化钠浸泡试验结果方差分析表

Table 9 Analysis of variance for NaOH soaking					
方差名称	S	f	V	F	显著性
D	3834.6	2	1917.3	170.4	**
E	721.1	2	360.6	32.1	*
F	1301.1	2	650.6	57.8	*
误差	22.5	2	11.3		

注:  $F_{0.05}(2, 2) = 19.00$ ;  $F_{0.01}(2, 2) = 99.01$ 。

方差分析表明: 浸泡温度对绿豆淀粉收率有极显著影响, 浸泡时间及氢氧化钠的浓度有显著影响。综合以上分析, 可以选定最优工艺条件为 D<sub>2</sub>E<sub>3</sub>F<sub>1</sub>, 即浸泡温度为室温(20 °C 左右), 浸泡时间为 48 h, 氢氧化钠浓度为 0.04%。该工艺条件的工程平均为 200.4, 进行区间估计, 确定变动半径为 5.1, 采用工艺条件 D<sub>2</sub>E<sub>3</sub>F<sub>1</sub>, 即 0.04% NaOH 在温室下浸泡 48 h, 淀粉收率将在 93.4% ~ 98.3% 之间。

2.5 盐酸、亚硫酸氢钠浸泡对比试验

在以盐酸、亚硫酸氢钠为浸泡剂分离提取绿豆淀粉的预备试验基础上, 为了初步探讨和比较这两种浸泡剂破坏绿豆子叶蛋白网状结构, 利于淀粉颗粒逸出, 便于淀粉分离、提取的作用机理, 设计了盐酸、亚硫酸氢钠浸泡对比试验。

1) 试验因素 设计及试验结果

表 10 浸泡剂对比正交试验因素设计

Table 10 Factors and levels of orthogonal test on soaker contrast			
浸泡剂(A)	浓度(B)	时间(C)	温度(D)
A <sub>1</sub> (HCl)	B <sub>1</sub> (0.1%)	C <sub>1</sub> (24 h)	D <sub>1</sub> (10 °C)
A <sub>2</sub> (NaHSO <sub>3</sub> )	B <sub>2</sub> (0.2%)	C <sub>2</sub> (48 h)	D <sub>2</sub> (30 °C)

选用 $L_8(2^7)$ 正交试验表, 试验结果列于表 11。

表 11 浸泡剂正交试验结果

Table 11 Results of orthogonal experiments for soaker

试验号	1	A 2	B 3	C 4	D 5	B × D 6	B × C 7	试验指标淀粉 (g)/500 g 豆
1	1	1	1	1	1	1	1	133.9
2	1	1	1	2	2	2	2	167.1
3	1	2	2	1	1	2	2	151.6
4	1	2	2	2	2	1	1	197.1
5	2	2	2	1	1	1	2	133.1
6	2	2	2	2	2	2	1	163.1
7	2	1	1	1	2	2	1	188.3
8	2	1	1	2	1	1	2	158.3
$K_1$	649.7	597.3	647.6	606.9	576.9	622.4	682.5	
$K_2$	642.9	695.3	645.0	685.7	715.7	670.2	610.7	$T = 1292.6$
$K_{1-2}$	6.8	-98	2.6	-78.8	-139	-47.8	-71.8	

表 12 方差分析表

Table 12 Analysis of variance

方差名称	S	f	V	F	显著性
A	1200.5	1	1200.5	181.9	**
B	0.85	1	0.85		
C	776.2	1	776.2	117.6	**
D	2415.1	1	2415.1	365.9	**
B × D	285.6	1	285.6	43.3	*
B × C	644.4	1	644.4	97.6	*
误差	5.8	1			
误差	6.6	2	6.6		

注:  $F_{0.05}(1, 2) = 18.51$ ;  $F_{0.01}(1, 2) = 98.49$ 。

方差分析表明: 盐酸和亚硫酸氢钠溶液对淀粉收率的影响有极显著差异; 浓度影响不显著, 说明浓度 0.1% 与 0.2% 的变动对淀粉收率的影响甚微; 浸泡时间和浸泡温度对淀粉得率也有极显著影响, 另外, 尽管 0.1% 和 0.2% 浓度对淀粉收率无显著影响, 但是, 浓度水平不同与浸泡时间和浸泡温度的交互作用是显著的。若要选出提高淀粉收率的工艺条件。需要计算 B × D 和 B × C 的各效应, 并加以比较, 通过二元计算, 结果表明: 浸泡浓度 B 和浸泡温度 D 的有利搭配是 B<sub>2</sub>D<sub>2</sub>; 浸泡浓度 B 与浸泡时间 C 的有利搭配以 B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> 为佳。从提高淀粉收率考虑, 可以取定 B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>, 此外, 因为 A 因子显著, 且 A<sub>2</sub> 水平效应为正, 取 A<sub>2</sub>。综合以上结果, 最终得到最佳工艺条件为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>; 其工程平均为 196.4, 进行区间估计, 确定其变动半径是 4.88, 即采用 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub> 工艺条件(0.2% 亚硫酸氢钠在 30 条件下浸泡 48 h), 将使淀粉收率保持在 91.6% ~ 96.3% 之间。从这些结果看出, 亚硫酸氢钠对提高淀粉得率比盐酸的影响要显著得多, 一方面可能是亚硫酸氢根(HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>)具有杀菌防腐作用, 能抑制其它杂菌产生, 只有耐酸性的乳酸杆菌才能生长繁殖, 形成以乳酸杆菌为主体的微生物群体。而微生物群体中只有乳酸杆菌才有凝集淀粉的能力<sup>[13]</sup>, 有利于淀粉的分离提取; 另一方面可能更主要的是亚硫酸氢根离子的还原性和弱酸性对子叶蛋白质网络的破坏作用, 使蛋白质变成可溶性转入浸渍液中, 便于淀粉粒

的分离。除了微酸性作用外, 更主要的是亚硫酸氢根离子对子叶蛋白质网络的破坏作用, 从而使淀粉易于分离, 类似于玉米淀粉生产中使用 0.2% ~ 0.5% 的亚硫酸水的浸渍过程。

2.6 吸水率对绿豆淀粉收率的影响

结合豆类粉丝的生产状况, 在探索浸泡剂种类、浸泡温度和浸泡时间的同时, 研究了吸水率对绿豆淀粉收率的影响(见表 13)。

表 13 绿豆吸水率对淀粉收率的影响

Table 13 Effects of mung bean water-absorbing on starch extraction

吸水率/%	淀粉收率/%
74	79.4
92.2	86.2
110	100
120	91.8

结果表明: 淀粉收率随吸水率增加而增加, 当吸水率达到 110% 时, 提取率最高, 当吸水达到饱和吸水率 120% 时, 淀粉提取率有所下降, 可能是由于过分吸水, 小分子的淀粉颗粒从蛋白网络中游离出来, 在磨浆前的冲洗中流失。同时, 经反复试验, 浸泡用水量是绿豆质量(2.0 ~ 3.0)倍时, 浸泡温度(T)与吸水率达到最佳吸水率 110% 左右时所需的浸泡时间(t)之间, 存在着以下关系, 见表 14。

表 14 吸水率达到 110% 时 T 与 t 的关系

Table 14 Relationship between T and t when water-absorbing rate was 110%

浸泡温度/ 时间/h	T	10	15	20	25	30
t		66	47	33	24	20

以上关系可用方程式:  $t(\text{小时}) = 905T^{-1.12}(r^{**} = -0.995)$  来表示, 利用该关系式, 便于绿豆浸泡的生产控制, 为实现机械化进行原料浸泡提供理论依据。

2.7 验证性试验

本研究的所有试验材料为绿豆, 获得最佳工艺条件

后,以绿豆和豌豆各 500 g 进行最佳工艺条件的验证性试验,结果表明绿豆和豌豆淀粉收率均在区间估计范围内。

### 3 讨 论

#### 1) 浸泡温度

浸泡温度是影响绿豆淀粉收率的主要因素。在一定温度范围内,水分在绿豆的渗透速度随温度升高而增加,20~30℃ 温度有利于绿豆在短时间内(20~32 h)充分吸水膨胀,导致蛋白质网络破坏,便于磨浆,使淀粉粒分离出来。温度过低,绿豆难吸水软化,浸渍时间延长,杂菌易于生长繁殖,不利于蛋白质网络的破坏;温度过高,乳酸菌的生长受到抑制,淀粉粒易变性<sup>[4]</sup>,给磨浆和过滤带来困难,也使绿豆种子渗透性减弱,蛋白质和各种可溶性物质较难溶出,还会使蛋白质变性程度增加,不利于综合利用。所以,实际生产中应取 20℃ 左右的温度进行浸泡,而且这种温度易掌握和控制,采用有较好保温效果的水泥池或大瓷缸即可。

#### 2) 浸泡剂种类及用量

选用不同浓度的盐酸、氢氧化钠和亚硫酸氢钠,在不同温度和不同时间下浸泡,结果表明:以 0.2% 以下的盐酸浸泡,效果不理想,与水浸泡的淀粉收率没有显著差异;以 0.04% 氢氧化钠作浸泡剂,可使传统工艺生产的淀粉收率(干淀粉)由 83.7% 左右提高到 93.4%~98.3%。试验还发现:以 NaOH 浸泡时,种皮吸水破裂的时间比以 0.2% 盐酸和水浸泡时间要短,可能是氢氧根离子(OH<sup>-</sup>)对种皮的纤维素和半纤维素有一定的破坏作用,利于种子吸水膨胀、软化,而且低浓度的氢氧化钠可以中和后期乳酸发酵产生的 H<sup>+</sup>,从而减弱蛋白质的酸变性程度;以亚硫酸氢钠为浸泡剂比以盐酸和水浸泡效果好,0.1% 和 0.2% 的亚硫酸氢钠对淀粉收率的影响没有显著差异,同时,适当浓度的亚硫酸氢钠对淀粉的色泽也有一定的保护作用,在外观上,成品淀粉比传统酸浆法生产的淀粉的白中带淡绿色要白一些。

氢氧化钠和亚硫酸氢钠对淀粉收率的影响作用不同,但对提高淀粉收率具有相似的效果,以 0.1% 亚硫酸氢钠溶液浸泡绿豆(温度 30℃ 左右,时间 48 h),可使淀粉收率从 83.7% 提高到 91.6%~96.3%;在室温下,0.04% 氢氧化钠的溶液浸泡 48 h 可使淀粉收率提高到 93.4%~98.3%。

#### 3) 浸泡时间

浸泡时间也是影响淀粉收率的主要因素之一。浸泡时间过短,绿豆不能充分吸水软化,蛋白质网络也不能松散、解体,不利于淀粉粒分离;时间过长,使生产周期

延长,不利于生产过程的连续化和自动化,而且时间过长,大量的可溶性物质如可溶性糖,游离的氨基酸等溶出,易产生杂菌,不利于蛋白质的综合利用。因此,浸泡时间以 24 h 至 48 h 之间为宜,也可以根据浸泡温度与浸泡时间的关系式  $t = 905T^{-1.12}(10 - T - 30)$  掌握好浸泡温度和时间。

### 4 结 论

1) 浸泡温度是影响绿豆淀粉收率的主要因素,实际生产宜取 20~30℃ 的温度进行浸泡。

2) 浸泡时间是影响绿豆淀粉收率的重要因素,以 24~48 h 为宜,也可根据浸泡温度与浸泡时间的关系式  $t = 905T^{-1.12}(10 - T - 30)$  掌握浸泡温度和时间。

3) 0.1% 亚硫酸氢钠溶液在 30℃ 左右,浸泡 48 h,可使绿豆淀粉收率从 83.7% 提高到 91.6%~96.3%;0.04% 氢氧化钠溶液在 20℃ 左右,浸泡 48 h,可使淀粉收率提取到 93.4%~98.3%。

4) 验证性试验表明,豌豆淀粉的分离、提取,可参考本浸泡工艺条件进行。

### [参 考 文 献]

- [1] 岑军建 薯类及玉米淀粉即食粉丝的开发研究[J] 食品科技,2000,(3): 20-21.
- [2] 谢兴坤 粉丝好吃不宜多[N] 中国食品报,1992-03-04
- [3] 王德培,潘慧生 干热处理对绿豆淀粉和豌豆淀粉化学组成的影响及其与粉丝品质的关系[J] 浙江农业大学学报,1997,23(S): 49-53
- [4] 沈建福 粮油食品工艺学[M] 北京:中国轻工业出版社,2002: 380-382
- [5] 魏凤鸣,等 提高龙口粉丝生产中淀粉收率的研究[J] 食品科学,1987,8: 34
- [6] 王德培,白卫东 粮油产品加工与贮藏新技术[M] 广州:华南理工大学出版社,2001: 117-120
- [7] J. E. Hammond 种子的物理特征[J] 种子世界,1983
- [8] 钱建亚译 绿豆、蚕豆淀粉及粉丝的理化性质[J] 日本食品工业学会志,1988,32(3).
- [9] 冯叙桥 粉丝的加工技术[J] 食品技术,1994,2,17-19
- [10] 熊立英,陈新运 利用豆类粉丝泔水生产蛋白质饲料[J] 粮食与饮料工业,1990,(2): 17-18
- [11] 巫东堂,周柏玲,卢健鸣,等 无铅粉丝(条)研制及生产工艺研究[J] 农业工程学报,2003,1(19): 162-164
- [12] 北京市粉丝厂,北京大学生物系 酸浆中乳链球菌的分离鉴定[J] 北京大学学报(自然科学版),1974,1: 57-66
- [13] 袁志发,周 静 试验设计与分析[M] 北京:高等教育出版社,2000

## Soaking technology for raising starch extraction ratio from mung bean during production of thin noodles from mung bean starch

Wang Depei<sup>1</sup>, Bai Weidong<sup>1</sup>, Li Zhixi<sup>2</sup>

(1. Department of Food Science, Zhongkai University of Agriculture and Technology, Guangzhou 510225, China;

2. College of Food Science and Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China)

**Abstract:** In order to raise the starch extraction ratio of mung bean during production of vermicelli, the effects of three kinds of soaker on separation and extraction of mung bean starch under different soaking conditions were studied through perpendicular contrast experiments. A new method and a new technology for extracting and separating starch from mung bean were obtained. The experimental results show that soaking temperature (°C) was the main factor affecting starch extraction from mung bean, which was about 20~30 in practical extraction. 0.2% HCl soaking was not obviously different from traditional water-extraction method. It showed that starch extraction ratio increased from 83.7% to 89.7%~96.2% if mung bean was soaked in 30°C, 0.2% NaHSO<sub>3</sub> solution during 48 h and increased from 83.7% to 93.4%~98.3% if soaked in 0.04% NaOH solution at 30°C during 48 h. Soaking time (h) was one of the main factors affecting starch extraction of mung bean, i.e., the best soaking period of soaking was from 24 h to 48 h, or adjusted soaking temperature  $T$  (°C) and soaking time  $t$  (h) by formula  $t = 905T - 1.12 (10 \leq T \leq 30)$ .

**Key words:** mung bean starch; separation; extraction; soaking time; soaking temperature