

玉米花粉超微粉碎破壁技术的试验研究

曹龙奎¹, 黄威¹, 王景会¹, 张学娟¹, 马毓霞¹, 孙洪斌¹, 李成华²

(1. 吉林省农业科学院, 公主岭 136100; 2. 沈阳农业大学农业工程学院, 沈阳 110161)

摘要: 在玉米花粉的加工过程中, 为使花粉营养物质能够得到充分利用, 采用自行研制的可调参数式行星球磨机对玉米花粉进行了超微化破壁试验研究。采用四因素二次回归正交旋转组合试验设计的方法, 建立了试验因素与试验指标间影响关系的数学模型, 通过优化计算得到玉米花粉超微化破壁的最佳工艺参数为: 公转转速 476 r/min, 粉碎时间 1.2 h, 球料比 7, 花粉含水率小于 5%, 此时花粉破壁率达 100%, 花粉粒径小于 8 μm, 为花粉的实际有效利用奠定了基础。

关键词: 玉米花粉; 超微粉碎; 破壁; 加工; 工艺参数

中图分类号: S513; Q944.42

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)06-0209-03

1 引言

花粉是高等植物的雄配子体, 也称花的雄性孢子, 是植物生命的精华, 是营养成分含量非常丰富的保健食品。在栽培作物中, 以玉米花粉最为丰富。我国玉米种植面积达 2 700 万 hm², 如果对其花粉进行隔行采集, 可得到玉米花粉近 110 万 t, 资源非常丰富。在玉米花粉的利用过程中, 为了使花粉的营养物质得到充分的利用, 要求将雄性孢子的孢子壁进行破碎, 以使孢子内的营养物质得以释放和被吸收利用, 因此本研究结合国家星火项目进行玉米花粉的超微粉碎破壁试验研究。

将玉米花粉孢子壁进行破碎的可能技术很多, 包括超微粉碎技术、温差法、酶降解法、发酵法等。据文献, 温差法、酶降解法和发酵法等虽可以进行玉米花粉破壁, 但破壁率低于 90%。而在理论上可用于花粉破壁的超微粉碎技术中有超音速气流粉碎、行星磨粉碎等。通过试验超音速气流粉碎技术虽能达到花粉破壁的目的, 但耗能大, 成本昂贵。为此我们拟采用自行设计制造的可调参数式行星球磨机进行花粉破壁的试验研究, 探讨花粉粉碎的优化参数和对粉碎指标的影响, 为玉米花粉的深加工和应用奠定基础。

2 试验材料及过程

玉米花粉采集于吉林省镇赉县。采集时, 将玉米雄穗剪下后插于潮湿的沙槽中, 待花粉成熟后, 自然散落或人工摇落于干净的纸上集中采收。采收的花粉含水率达 44%, 将其置于 40℃ 的电热恒温鼓风干燥箱中烘干, 使水分降到 10% 以下。采用自行研制的参数可调式行星球磨机进行超微化破壁, 使玉米花粉颗粒直径从原来的 80~100 μm 降至 10 μm 以下, 达到破壁的目的。采用电子显微镜观测玉米花粉的超微化破壁状态, 并利

用激光粒度分布仪检测玉米花粉颗粒径的分布, 同时检测花粉破碎后游离态氨基酸含量的变化, 以作为超微粉碎效果的评价指标。

3 试验方案与方法

通过分析, 影响可调参数式行星球磨机超微粉碎花粉破壁的主要因素有转速 (X_1)、超微粉碎的时间 (X_2)、磨球与花粉物料比 (X_3) 和花粉含水率 (X_4)。因此, 本研究以上述 4 个因素作为试验因素, 进行四因素二次回归正交旋转组合实验设计。评价超微粉碎破壁效果的指标为激光粒度分布仪检测的玉米花粉破壁后颗粒的直径, 同时采用电子显微镜观测超微化破壁率, 其计算是以被破壁的玉米花粉颗粒占参加破壁试验的玉米花粉的百分数表示。根据选择的 4 个因素的可能变化范围, 按照四因素二次回归正交旋转组合设计的要求, 对因素的水平进行编码如表 1 所示。

表 1 试验因素编码表

Table 1 Experimental factor code

码值 x_j	因 素			
	X_1 (转速) / r · min ⁻¹	X_2 (时间) / h	X_3 (球料比)	X_4 (水分) / %
r	500	2.5	8	1.0
1	425	2.0	7	8
0	350	1.5	6	6
-1	275	1.0	5	4
-r	200	0.5	4	2

按照二次回归正交旋转组合设计的要求安排试验, 并对每组粉碎试验后的花粉破壁后的颗粒直径进行测定。通过统计计算, 得到四因素二次回归正交旋转组合设计试验结果表格化计算表 2。

因此有回归方程:

$$y = 10.6 - 1.2x_1 - 2.6x_2 - 1.5x_3 + 2.38x_4 + 0.56x_1x_2 + 0.81x_1x_3 - 0.1x_1x_4 + 0.19x_2x_3 - 0.4x_2x_4 - 0.9x_3x_4 + 0.2x_1 + 0.2x_2 + 0.2x_3 + 1.57x_4 \dots (1)$$

实际实验研究的 4 个因素 (X_1, X_2, X_3, X_4) 与花粉破壁后的颗粒直径 (y) 之间回归关系的数学模型如下:

收稿日期: 2002-12-23

基金项目: 国家星火计划研究项目 (2002EA660002)

作者简介: 曹龙奎 (1965-), 男, 朝鲜族, 吉林省珲春人, 副研究员, 博士, 主要从事大豆、玉米及其他农产品的深加工应用研究。吉林省公主岭市西兴华街 6 号 吉林省农业科学院农产品加工研究中心, 136100

$$y = 57.94 - 0.09 X_1 - 11.8 X_2 - 4.85 X_3 + 0.057 X_4 + 0.11 X_1 X_2 + 0.008 X_1 X_3 - 0.0003 X_1 X_4 + 0.375 X_2 X_3 - 0.44 X_2 X_4 - 0.47 X_3 X_4 + 0.00002 X_1^2 + 0.799 X_2^2 + 0.2 X_3^2 + 0.394 X_4^2 \quad (2)$$

对回归方程的方差分析结果表明,回归关系显著水平达 95%。

表 2 试验结果表格化计算表
Table 2 Experimental results

处理	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_3 x_4$	x_1	x_2	x_3	x_4
B	383	- 29	- 63	- 35	57	9	13	- 1	3	- 7	- 15	6.39	6.39	6.39	50.4
d	36	24	24	24	24	16	16	16	16	16	16	32	32	32	32
b	10.6	- 1.2	- 2.6	- 1.5	2.38	0.56	0.81	- 0.1	0.19	- 0.4	- 0.9	0.2	0.2	0.2	1.57
U	4075	35	165	51	135	5.06	10.6	0.06	0.56	3.06	14.1	1.28	1.28	1.28	79.3

4 试验结果分析

4.1 试验因素对破壁的影响

采用 Mathematica 计算机应用软件中的图示方法,对选择的试验因素与玉米孢子破壁后直径间的关系及其影响规律进行双因素分析。在分析过程中,分别取两个因素的中心试验水平(即编码水平为 $x_i = x_j = 0$),则可得另外两个因素与花粉破壁后直径间的关系,例

如,在式(2)中,取 $X_3 = 6, X_4 = 6$, (即 $x_3 = x_4 = 0$),得转速(X_1)和时间(X_2)双因素与玉米花粉超微粉碎破壁后直径的关系为:

$$y = 57.94 - 0.09 X_1 - 11.8 X_2 + 0.011 X_1 X_2 + 0.00002 X_1^2 + 0.799 X_2^2 \quad (3)$$

采用相同的方法,可建立花粉破壁后直径与其他任意两个因素间的影响关系,其结果如图 1 所示。

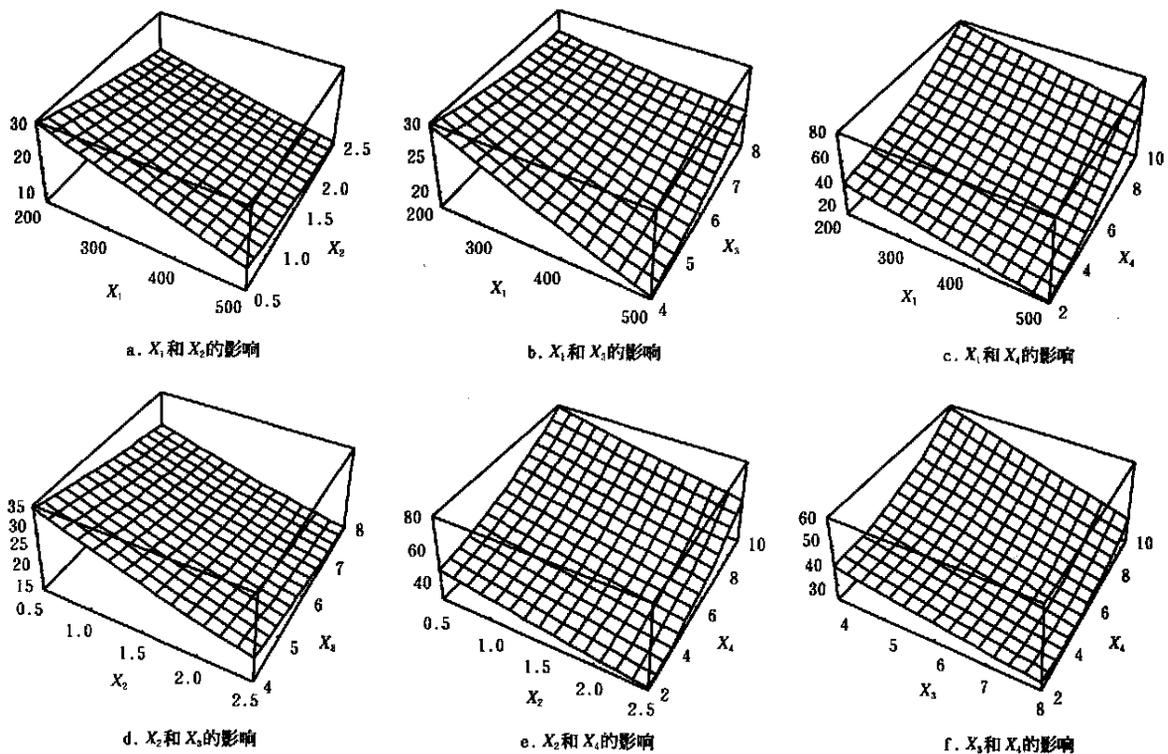


图 1 花粉直径与影响因素间的关系

Fig. 1 Relationship between the pollen diameter and influence factor

图 1 的分析结果表明,随着磨筒转速的增加,粉碎时间的加长,球料比的增加和玉米花粉水分的减小,玉米花粉超微粉碎后直径减小,破壁率会随之而提高。试验结果表明了影响因素与花粉破壁后直径大小间的数量关系。

4.2 工艺参数的优化计算

对式(2)中的 X_1, X_2, X_3 和 X_4 分别进行一阶偏导,联立求解方程组得到使花粉破壁后直径达到最小时的超微粉碎工艺参数为:转速 476 r/min;粉碎时间 1.2 h;球料比 7;花粉含水率 5%。在上述工艺参数组合下,花粉直径的最佳值达 8 μm (图 2),花粉破壁率达 100%。

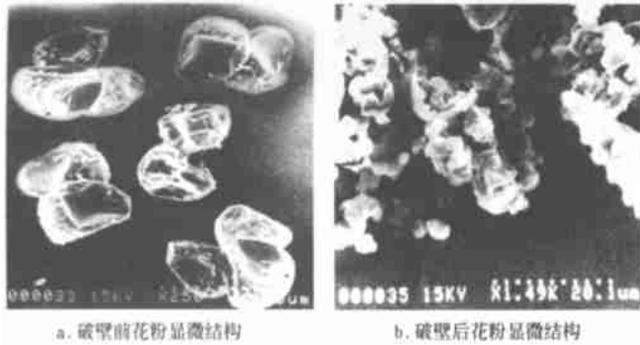


图 2 花粉颗粒超微粉碎前后对比
Fig. 2 Comparison of maize pollen before and after superfine grinding

4.3 破壁对花粉营养成分的影响

为了考察超微粉碎破壁对花粉有效营养成分的影响,对破壁前和破壁后花粉各种游离氨基酸含量进行化学实验分析,得到如表 3 所示的结果。玉米花粉孢子破壁后,各种游离氨基酸的含量均大于未破壁花粉的含量,因此,通过超微粉碎破壁提高玉米花粉有效营养成分的利用是非常必要的。

表 3 玉米花粉游离氨基酸含量对照表(g/100 g)

Table 3 Maize pollen amino acids content

氨基酸种类	破壁花粉	未破壁花粉	氨基酸种类	破壁花粉	未破壁花粉
天冬氨酸	3.503	0.248	酪氨酸	1.250	0.305
苏氨酸*	2.290	0.279	苯丙氨酸*	0.644	0.069
丝氨酸	1.300	0.299	赖氨酸*	1.643	0.296
谷氨酸	2.396	0.572	脯氨酸	4.046	0.884
甘氨酸	1.400	0.579	组氨酸	0.632	0.064
丙氨酸	1.911	0.398	精氨酸	0.834	0.066
胱氨酸	0.281	0.107	亮氨酸*	0.975	0.274
缬氨酸*	0.968	0.162	异亮氨酸*	1.111	0.302
色氨酸*	0.498	0.154	甲硫氨酸*	0.532	0.172

5 结 论

1) 通过研究和分析,确定了可调参数式行星球磨机的转速、超微粉碎时间、磨球与花粉物料比和玉米花

粉的含水率是影响玉米花粉超微化破壁的主要因素,并对这些因素的影响规律进行研究,以优化确定玉米花粉超微化破壁的工艺参数。通过优化计算,得到玉米花粉超微化破壁的最佳工艺参数为:转速 476 r/min,粉碎时间为 1.2 h,球料比为 7,花粉含水率控制在 5% 以下。此时花粉颗粒直径小于 8 μm,花粉破壁率达 100%。

2) 通过四因素二次回归旋转正交组合试验设计,建立了选择的因素与花粉破壁后直径间的数学模型,并以此为基础,分析了花粉超微粉碎后的直径变化规律,对于花粉机械破壁方法的研究具有参考意义。

3) 通过超微粉碎,使花粉颗粒直径达到 8 μm 以下,并且粒度分布均匀合理,适于将其直接添加到花粉营养口服液以及化妆品等功能保健品当中,不会产生沉淀或有较粗颗粒感觉,对于花粉的应用具有重要价值。

[参 考 文 献]

- [1] 何晓阳,蔡一林. 玉米花粉的营养价值及加工工艺[J]. 资源开发与保护, 1992, (8): 201 ~ 203.
- [2] 徐翠莲,黄晓书,王彩霞,等. 玉米花粉的采集、干燥和贮藏的初步研究[J]. 河南农业科学, 1996(8) 8 ~ 10.
- [3] Normura S. An analysis of the selection function for mill using balls as grinding media [J]. Powder Technology, 1991(68): 1 ~ 12.
- [4] 尹进,徐贝力,赵跃然,等. 玉米花粉的破壁处理及营养学研究[J]. 卫生研究, 23(4): 236 ~ 238.
- [5] 宛涛,赵晟,吴琳莉. 玉米花粉不同破壁方法的筛选[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1997(7): 34 ~ 37.
- [6] 苗前,董丽艳,杜红霞. 玉米花粉破壁的利弊[J]. 蜜蜂杂志, 1999(10): 3 ~ 4.
- [7] 籍保平,梁建芬. 玉米胚芽渣的微细化[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(4): 86 ~ 88.
- [8] 苗前,杜红霞,王文正. 玉米花粉几种机械破壁方法的研究[J]. 食品科学, 1997, 18(11): 43 ~ 44.
- [9] 雷志英,马峻岭,孟凡云. 玉米花粉对记忆力的影响[J]. 山东医药工业, 1993, 12(4): 5 ~ 7.
- [10] 邵凤君. 玉米雄穗加工利用的方法[P]. 中华人民共和国专利. 申请号: 93105825. 2.
- [11] 贺澄日,陈国平. 玉米花粉的产量及营养成分[J]. 华北农学报, 1991, 6(3) 55 ~ 60.

Superfine grinding for dilapidating walls of maize pollen

Cao Longkui¹, Huang Wei¹, Wang Jinghui¹, Zhang Xuejuan¹, Ma Yuxia¹, Sun Hongbin¹, Li Chenghua²

(1. Research Center of Farm Product Processing, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China;

2. College of Agricultural Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: In order to make good use of the maize pollen nourishment material, in the process of the maize pollen, a variable parameter ball mill which was made by ourselves was used to conduct a experiment on superfine grinding maize pollen. An orthogonal experimental design with four factors at two levels was adopted. A mathematical model describing effects of selected parameters on experiment criterion was developed. By means of optimal calculation a set of optimum parameters for the best superfine grinding of maize pollen was achieved with grinding drum rotation speed 476 r/min, grinding time 1.2 h, ratio of ball to maize pollen 7, and moisture content of the maize pollen below 5%. With those parameters, 100% of dilapidated walls for maize pollen were obtained and major diameter of maize pollen was below 8 micrometer, This research result laid a basic foundation for efficient utilization of maize pollen in food and cosmetic industry.

Key words: maize pollen; superfine grinding; dilapidated walls; processing; technological parameters