

不同粒径青香蕉粉的 粉体特性

周葵 张雅媛* 游向荣 王颖 李明娟 卫萍
(广西农业科学院农产品加工研究所, 广西南宁 530007)

摘要: 以不同粒径青香蕉粉为研究对象, 分析测定其填充性、休止角、滑角等粉体特性, 并考察青香蕉粉不同粒径对直接压片法制备青香蕉粉片剂的影响。结果表明, 90.07% 青香蕉粉粒径分布范围为 140~220 目。随着目数的增加(粒径的减少), 粉体的振实密度、松密度均减少, 压缩度增加, 休止角、滑角增大, 粉体填充性变差, 自由流动性减弱。此外, 青香蕉粉片剂的硬度随粉体目数的增大而增加, 高于 180 目时片剂硬度无显著差异($p > 0.05$), 160~180 目时片剂崩解时间最短。因此, 在青香蕉片剂制备时, 青香蕉粉碎目数不宜超过 180 目。该结论为青香蕉粉片剂型产品的开发提供数据基础。

关键词: 青香蕉 粉体特性 粒径

Properties of green banana powder in different particle sizes

ZHOU Kui, ZHANG Ya-yuan*, YOU Xiang-rong, WANG Ying, LI Ming-juan, WEI Ping

(Institute of Agro-products Processing Science and Technology Research,
Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China)

Abstract: Green banana powder with different particle sizes were taken as the research object. The powder characteristics were analyzed, such as the fillibity, repose angle and slip angle. The effect of different particle sizes of green banana powder on tablets by direct compression method was investigated. The results showed that the size distribution of 90.07% green banana powder ranged from 140 to 220 mesh. When mesh number of the powder increased, the tap density and bulk density reduced, the repose angle and compressibility increased. It reflected that fillibity and fluidity of the powder were worse. In addition, the hardness of green banana powder tablet increases with the mesh number increasing, the hardness of tablets had no significant difference ($p > 0.05$) when mesh number of the powder was over 180 mesh. The disintegration time of tablet was shortest when it was 160 to 180 mesh. The green banana powder should not be more than 180 mesh when it was applied to tablet preparation. The conclusion provides basic data for the development of green banana tablet products.

Key words: green banana; powder characteristics; particle diameter

中图分类号: TS201.1 文献标识码: A 文章编号: 1002-0306(2018)07-0006-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.07.002

引文格式: 周葵, 张雅媛, 游向荣, 等. 不同粒径青香蕉粉的粉体特性[J]. 食品工业科技, 2018, 39(7): 6-9, 14

香蕉作为一种热带和亚热带重要的经济作物和粮食作物, 也是世界上进出口贸易量最大的水果, 年交易量位居各类水果之首。2016年, 我国香蕉种植面积为 570 万亩, 收获面积为 490 万亩, 亩产为 1.82 吨, 年产量为 893 万吨, 年产值达到 246.7 亿元^[1]。目前, 我国香蕉以鲜销为主, 加之国外香蕉的冲击, 国内香蕉供应市场易达到饱和, 导致香蕉贱卖。为此, 若以一二级成熟度的青香蕉为研究对象, 进行产品开发应用, 既大幅度提高了香蕉利用率, 又有效地调整市场运作, 提高农民收入。近年来, 国内外学者

研究发现青香蕉营养价值高, 含有抗性淀粉(17.50%)、膳食纤维(14.52%)等营养成分^[2], 有助于调节机体血糖代谢平衡、预防肥胖症等。近年来, 多数研究集中于将青香蕉粉(1~2 级成熟度青香蕉经去皮、切片、烘干、粉碎、筛分制备)添加至面条、面包、冰淇淋等产品中, 分析其添加量对产品的影响。例如 Saifullah, R 等^[3]研究在面条制作过程中, 青香蕉粉部分替代小麦粉时, 对面条的理化特性及体外淀粉消化率均有一定的影响。将青香蕉以粉剂形式应用于产品中已有大量报道, 但缺乏对青香蕉粉的

收稿日期: 2017-09-04

作者简介: 周葵(1989-) 女, 硕士, 研究实习员, 研究方向: 农产品加工, E-mail: zhoukui@gsaas.net。

* 通讯作者: 张雅媛(1981-) 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 谷物与淀粉资源的开发与利用, E-mail: zyy810@yahoo.cn。

基金项目: 国家自然科学基金(31560437); 广西农业科学院项目(桂农科 20161Z21)。

粉体特性分析,而且青香蕉片剂型保健食品、胶囊、颗粒等固体制剂有待开发。

通常,粉体粒径的变化直接导致粉体表面积的改变,影响物料的填充性、可压性、润湿性等粉体特性的变化。而这些特性又对片剂的配方设计、片剂制备、质量控制、包装等都有重要的指导意义^[4-5]。例如王大为等^[6]通过分析6种粒度(100~200目)玉米皮膳食纤维的粉体特性,得出160目玉米皮膳食纤维粉适合膳食纤维片剂产品的生产。故本实验选用1级成熟度的青香蕉制备青香蕉粉,依次过100~220目间的七种标准筛网,研究各筛目之间青香蕉粉的分布情况,并选取质量占比多的青香蕉粉进行粉体学性质探讨,考察其填充性(松密度、振实密度、压缩度)、休止角、滑角、润湿性、吸湿性等,并通过直接压片法制备青香蕉片剂,旨在为青香蕉片剂型产品提供一定的指导作用。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

青香蕉 桂蕉6号,采自南宁市西乡塘区坛洛镇,1级成熟度;柠檬酸 食品级,中粮生物化学安徽股份有限公司。

太阳能热泵干燥设备 自主研发(自制单位:广西机电职业技术学院和广西农科院农产品加工研究所,专利号ZL201320617683.6);WND-200型高速中药粉碎机 浙江省兰溪市伟能达电器有限公司;振动筛粉机 人民电器集团有限公司;HSX-150智能恒温恒湿箱 上海南荣实验室设备有限公司;小型油压式粉末压片机 鹤壁市利鑫仪器仪表;CT3质构仪 美国BROOKFIELD公司。

1.2 实验方法

1.2.1 原料预处理 将青香蕉去皮,用切片机切成厚度约1~2cm的薄片,立即放入0.1%柠檬酸溶液中,浸泡20min左右(护色),然后放置于60℃太阳能热泵干燥设备中干燥。将干燥后的青香蕉进行粉碎,过80目筛,初步筛除黑色香蕉芯,制备得青香蕉粉(水分含量为5.39%)。

1.2.2 制备不同粒径青香蕉粉 将青香蕉粉(称重M)依次过100、120、140、160、180、200、220目筛网,得到100目以上(不能通过100目)、100~120、120~140、140~160、160~180、180~200、200~220、220目以下(通过220目)的8种粒径的粉末。重复3次。并称量各筛网间粉体的质量(M_i),按照 $[(M_i/M) \times 100\%]$ 计算质量占比。

1.2.3 粉体的填充性(包括松密度、振实密度、压缩度)测定 量筒干燥后称重(M_0),置漏斗颈下,量筒顶距漏斗顶部2cm,使漏斗和量筒同心,将样品(约20g)沿漏斗壁旋转倒入漏斗中,使样品连续流出,轻轻夷平粉末顶部,不压实,精密称定量筒和样品的总质量(M_1)并记录未处理的外观体积(V_0)。用机械轻叩装有样品的量筒,将量筒举起(10 ± 2)mm,让量筒自由落下,120次/min,轻叩量筒约500次,记录振实后体积(V_1),按公式 $[(M_1 - M_0) / V_0]$ 计算松密度,按 $[(M_1 - M_0) / V_1]$ 计算振实密度^[7], $[(\text{振实密度} - \text{松$

密度) $\times 100 / \text{振实密度}]$ 计算压缩度。重复操作多次,直至数据平行性好。

1.2.4 休止角、滑角测定 将漏斗垂直固定在桌面,下放一块玻璃平板,使漏斗尾端距玻璃平板5cm,使3.00g样品经漏斗垂直到玻璃平板上,形成圆锥体,测定圆锥体高度h和底面圆形半径r,通过反正切函数即可求出休止角 α , $\alpha = \arctan h/r$ 。另分别称取10.00g样品置于玻璃平板上,将平板倾斜至90%粉末移动,测定此时平板和水平面的夹角 θ 即为粉末的滑角。重复操作3次^[8]。

1.2.5 轻敲体积变化的测定 将青香蕉粉用漏斗匀速、缓慢注入已称质量的100mL量筒,记录其初始体积 V_0 。将装有粉末的量筒离水平桌面1cm高度向桌面自由落下,记录落下的次数n及相应的体积数V。计算粉体的相对体积减少分数C, $C = (V_0 - V) / V_0$,然后以n为横坐标、n/C为纵坐标作图,得直线斜率、截距。以川北方程 $(\frac{n}{C} = \frac{n}{a} + \frac{1}{ab})$ 进行数据分析,按照a=1/斜率、b=斜率/截距,计算相关参数a、b,用于反映粉体的流动性与填充性^[9]。

1.2.6 润湿性的测定 在直径为8.5cm的培养皿中,加入50mL水,再缓慢倒入0.1g样品粉末,使粉末平铺在水面上,测定粉末全部被水润湿的时间,重复测定3次。

1.2.7 吸湿性考察 底部盛有过饱和氯化钠溶液的干燥器在25℃恒温箱中放置24h,使其内部相对湿度恒定在75%左右(通过湿度计测定)。在已干燥至恒质量的称量瓶中放入高度约2~3mm厚的已干燥的样品各3份,精密称质量后置于上述干燥器中(称量瓶盖打开),于3、6、9、20、24、48、72、96、168h精确称量瓶与样品的质量(单位g),计算吸湿百分率^[10]。以时间为横坐标,吸湿百分率位纵坐标,绘制吸湿曲线。

$$\text{吸湿百分率}(\%) = (M - M_0) \times 100 / M_0$$

式中:M为吸湿后粉末样品质量/g; M_0 为吸湿前粉末样品质量/g。

1.2.8 硬度、崩解时间的测定 将微晶纤维素与不同粒径的青香蕉粉按3:4的比例混合^[11],加入0.1%硬脂酸镁,采用粉末直接压片法,在相同压片条件下压片,并测定片剂的硬度、崩解时间。采用质构仪进行硬度测定,具体方法为选择TPA模式,探头TA39(2mm),测试速度1mm/s,触发值10g、压缩程度10%。崩解时间测定方法如下:取待测片1片,置于烧杯中,加入37℃水150mL,同时开始计时,直至片剂从中间完全崩解^[12]。

1.2.9 数据处理 采用SPSS 18.0软件进行数据处理及差异性显著分析,Origin 8.6软件绘图。

2 结果与分析

2.1 青香蕉粉粒径分布

由表1可知,青香蕉粉的粒径主要集中在160~180目,质量占比最大,达到了49.73%。当粒径处于140~220目之间时,质量占比达到了90.07%。当粒径由0.154mm(100目)减少至0.065mm(220目)时,青香蕉粉中黑灰色芯含量逐步减少,而且当粒径低于

0.105 mm (140 目) 时,仅当粉体呈压缩状态时,才可以观察到超少部分的黑灰色芯。此外,0.098~0.065 mm (160~220 目) 处于微米级粉碎(1~100 μm),已达到超微粉碎的程度,有利于机体对营养成分的吸收^[13]。所以从均一性、质量比分布情况考虑,本实验选择 140~160、160~180、180~200、200~220 目这四种粒径范围的青香蕉粉进行粉体特性研究。

表 1 不同粒径的青香蕉粉质量比分布情况

Table 1 Mass ratio distribution of green banana powder with different particle sizes

青香蕉粉 粒径 (mm)	青香蕉粉 粒径 (目)	质量占比 (%)	黑色香蕉芯 含量
>0.154	小于 100	2.39	全部
0.154~0.125	100~120	2.16	大部分
0.125~0.105	120~140	4.19	少部分
0.105~0.098	140~160	21.69	极少部分
0.098~0.090	160~180	49.73	极少部分
0.090~0.075	180~200	7.31	超少
0.075~0.065	200~220	11.34	几乎不含
<0.065	小于 220	1.19	几乎不含

2.2 青香蕉粉填充性

松密度、振实密度、压缩度反映粉体的可压性和填充性能,压缩度越小,其填充性越强,即粉体越易流动^[14]。与 140~160 目相比,200~220 目青香蕉粉粉体的松密度由 0.54 g/mL 减少至 0.49 g/mL,振实密度由 0.77 g/mL 减少至 0.74 g/mL,压缩度由 30.42% 增加至 33.40% (见图 1)。这可能是由于当粉体目数增加(粒径减少)时,粉末间的粘聚力随之增大,因为青香蕉粉颗粒具有表面粗糙,形状不规则,颗粒大小不均匀,差异较大等特点^[15],比较容易出现架空、结拱、空洞等复杂堆积现象,导致粉末之间空隙增大,松密度减少^[16-17]。

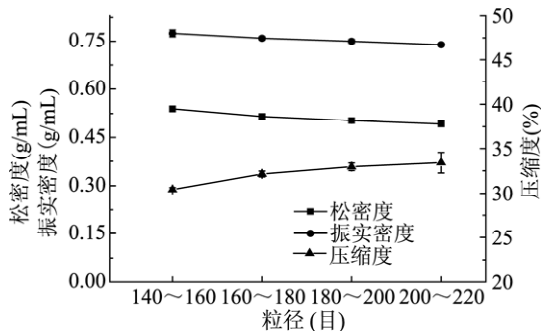


图 1 不同粒径的青香蕉粉的填充性

Fig.1 Fillability of green banana powder with different particle sizes

2.3 青香蕉粉的休止角、滑角

休止角、滑角反映了粉体流动性,其数值小代表具有良好的流动性。随着粒径由 140~160 目变为 200~220 目时,青香蕉粉的滑角逐步增加,休止角由 42° 增加至 51° (见图 2)。一般休止角为 41~45°,流动性合格;46~90°,流动性差^[18]。所以 140~160 目青香蕉粉流动性合格,而其余粒径范围的粉体流动性差。这可

能是由于随着粒径的减少,颗粒表面积增大,粉体分子引力、静电引力作用和粘着力增加,粒子间易吸附、结团,导致休止角、滑角增大,影响粉体的流动性^[19-20]。

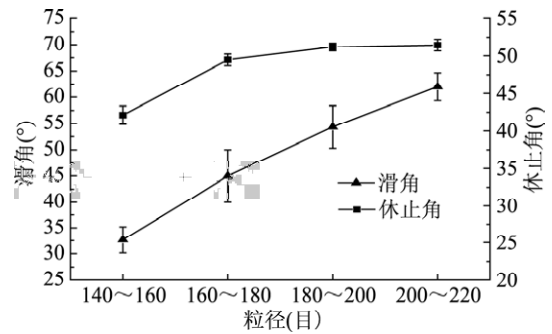


图 2 不同粒径的青香蕉粉的流动性

Fig.2 Fluidity of green banana powder with different particle sizes

2.4 青香蕉粉轻敲体积变化

运用川北方程考察分析青香蕉粉的流动性和可压片性,结果见表 2,趋势见图 3。由表 2 可知,随着粒径由 140~160 目变为 200~220 目时, a 值逐渐增大,证明其流动性逐步变差,这与本实验前面测定的流动性结果一致。1/b 表示将粉体压缩为原体积一半时所需压力,1/b 越小说明达到所能填充最小体积的轻敲次数越少,粉体的填充性越好^[21]。随着粒径由 140~160 目变为 200~220 目时,1/b 值逐渐增大,证明其填充性逐步变差。

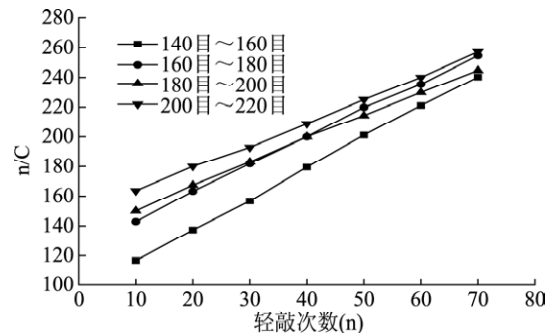


图 3 青香蕉粉的轻敲体积变化

Fig.3 Tapping volume of green banana powder

表 2 川北方程参数 a 和 b 值测定结果

Table 2 Treating results of Kawakita

青香蕉粉粒径 (目)	a	1/b	相关系数
140~160	0.4721	44.6429	0.9991
160~180	0.5473	68.9655	0.9992
180~200	0.6348	86.2069	0.9995
200~220	0.6373	93.4579	0.999

2.5 青香蕉全粉润湿性

润湿性是固体界面由固-气界面转变为固-液界面的现象。粉体的润湿性是与片剂、颗粒剂等固体制剂溶解性、崩解性有关的重要物理性质^[22-23]。由图 4 可知,随着粒径的减少,青香蕉粉的润湿时间逐渐减少,润湿性越好。可能原因是当青香蕉被逐步粉碎成粒度较小时,导致表面能增加,比表面积增大,

空隙率增加,活性点增多。

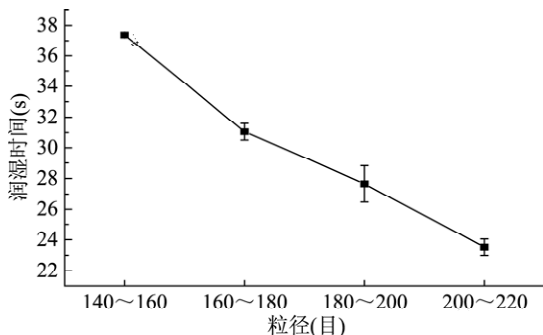


图4 不同粒径的青香蕉粉的润湿性

Fig.4 Wettability of green banana powder with different particle sizes

2.6 青香蕉全粉吸湿性

以吸湿时间为 X 轴,吸湿百分率为 Y 轴,采用 origin 制作不同粒径青香蕉粉吸湿过程图(如图 5),并进行吸湿曲线数学模型拟合,确定青香蕉粉吸湿曲线的动力学模型最接近对数模型数学。由表 3 可知,吸湿曲线方程的 R^2 值均不低于 0.9327,说明拟合程度较好。随着粉体目数的增加,吸湿速度常数由 2.2042 减少至 1.896,粉体的吸湿速度减少,越不易吸湿^[24]。可能原因是粉体彼此间的附着性和聚集作用相对较强,互相团聚,从而使接触空气面积减少^[25]。

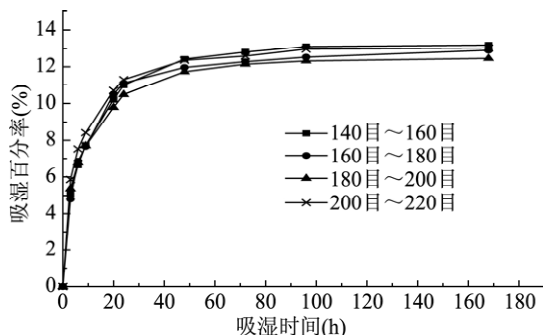


图5 不同粒径青香蕉粉吸湿过程图(T=25℃,RH=75%)

Fig.5 Hygroscopicity of green banana powder with different particle sizes(T=25℃,RH=75%)

表3 不同粒径的青香蕉粉吸湿拟合曲线方程

Table 3 Mass ratio distribution of green banana powder with different particle sizes

青香蕉粉粒径(目)	吸湿曲线方程	R^2
140~160	$Y = 2.2042 \ln(X) + 3.1174$	0.9520
160~180	$Y = 2.0776 \ln(X) + 3.3504$	0.9327
180~200	$Y = 1.9194 \ln(X) + 3.6534$	0.9553
200~220	$Y = 1.896 \ln(X) + 4.3973$	0.9426

2.7 青香蕉片剂的硬度、崩解时间

当青香蕉粉目数增大(粒径减少)时,片剂的硬度逐步增加,崩解时间呈现先降低再增加的趋势(见表 4)。由显著性分析可知,180~200 目与 200~220 目青香蕉粉片剂的硬度无显著差异($p > 0.05$),160~180 目青香蕉粉片剂的崩解时间最短。这可能是由于微晶纤维素一定程度上改善了青香蕉粉的流动性、填

充性,有利于硬度提高。但随着硬度的进一步提高,片剂内部的空隙率减少,造成崩解时间增加^[26]。

表4 不同粒径的青香蕉片剂的崩解时间、硬度

Table 4 Disintegration time and hardness of green banana powder tablet

青香蕉粉粒径(目)	崩解时间(s)	硬度(g)
140~160	24.44 ± 0.43^b	1101.33 ± 92.54^e
160~180	18.95 ± 0.46^d	1111.33 ± 94.49^e
180~200	26.24 ± 2.46^b	1349.67 ± 104.40^f
200~220	32.10 ± 3.08^c	1507.33 ± 136.56^f

注:采用 Duncan's multiple range test 方法分析,同一列不同字母表示显著性差异($p < 0.05$, $n = 3$)。

3 结论

青香蕉制粉后,90.07%的青香蕉粉粒径集中在 140~220 目,而且肉眼可见的黑灰色香蕉芯含量极小。随着粒度由 140~160 目变为 200~220 目时,粉体的振实密度减少,松密度减少,压缩度增加,休止角和滑角增大,反映了粉体的填充性变差,自由流动性减弱。而且片剂的硬度随目数的增大而增加,180 目以上青香蕉粉制备的片剂硬度无显著差异,160~180 目青香蕉粉片剂的崩解时间最短。所以在青香蕉片剂制备时,青香蕉粉碎目数不宜超过 180 目,同时需要添加适宜的辅料,以便制备的片剂符合生产要求。

参考文献

- [1]王芳,过建春,柯佑鹏,等.2016 年我国香蕉产业发展报告及 2017 年发展趋势[J].中国热带农业,2017(3):25-29.
- [2]Juarez-Garcia E, Agama-Acevedo E, Sáyago-Ayerdi S G, et al. Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour[J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2006, 61(3): 131-137.
- [3]Ramli S, Alkarkhi A F M, Shinyong Y, et al. Utilization of green banana flour as a functional ingredient in yellow noodle[J]. International Food Research Journal, 2009, 16: 373-379.
- [4]张志荣.药剂学(第二版)[M].北京:高等教育出版社,2014,186-197.
- [5]赵晓宏,陈迪华,斯建勇,等.中药新药片剂成型性研究的思路与方法[J].中药新药与临床药理,2002,13(5):327-329.
- [6]王大为,吴丽娟,孙丽琴.玉米膳食纤维的粉体特性[J].食品科学,2011,32(17):65-68.
- [7]梁少瑜,曾永长,朱咸阳,等.干燥对煮散颗粒粉体学特性的影响[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(13):38-40.
- [8]潘思轶,王可兴,刘强.不同粒度超微粉碎米粉理化特性研究[J].食品科学,2004,25(5):1-4.
- [9]孙强.当归超微粉直接压片工艺及其片剂质量标准研究[D].天津:天津大学,2007.
- [10]丁志平,乔延江.不同粒径黄连粉体的吸湿性实验研究[J].中国实验方剂学杂志,2004,10(3):5-7.
- [11]席延卫,黄桂华,李爱国,等.不同原材料制备的微晶纤维素性能比较[J].山东大学学报(医学版),2006,44(8):

(下转第 14 页)

面棱角锋利,形状不规则,表面损伤严重。而低温润米粉碎获得的珍桂大米粉在显微镜下表面相对平整,破坏程度低,低温润米粉碎磨粉可以改善大米粉的颗粒形态,双桂、桂朝和越南香米显微镜观察结果与珍桂大米粉末类似。本研究中因在光学显微镜下无法观察到偏光十字现象,故没有进行偏光下的观察。

3 结论

与干法粉碎相比,低温润米粉碎法粉碎的大米粉蛋白质损失少,淀粉破损少;珍桂、双桂、桂朝三种早籼米的胶稠度都属于较适合制作米粉的中胶稠度范围,而晚籼米越南香米在软胶稠度的范围内,不适合制作米粉;相比干法粉碎而言,低温润米粉碎法获得的大米粉具有糊化温度低,硬度高的特点,具有更好的糊化特性和质构特性。光学显微镜观察结果显示经低温润米粉碎法粉碎的大米淀粉颗粒表面损伤相比干法粉碎的大米淀粉颗粒表面损伤要小。总体而言,低温润米粉碎法显示出了干法无法比拟的优越性,今后可从品种入手,更深入的研究低温润米粉碎工艺及粉质特性,更系统的完善这种制粉方法,以期能够更好的取代传统耗时长、微生物易滋长的湿法制粉工艺,应用到实际生产中去。

参考文献

- [1] Fu B X. Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing [J]. Food Research International, 2008, 41(9): 888-902.
- [2] 佟立涛, 周素梅, 林利忠, 等. 常德鲜湿米粉发酵过程中菌群变化 [J]. 现代食品科技, 2013, 29(11): 2616-2620.
- [3] Ngamnikom P, Songsermpong S. The effects of freeze, dry, and wet grinding processes on rice flour properties and their energy consumption [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 104(4): 632-638.
- [4] Heo S, Lee S M, Shim J H, et al. Effect of dry- and wet-milled rice flours on the quality attributes of gluten-free dough and noodles [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 116(1): 213-217.
- [5] 高晓旭, 佟立涛, 钟葵, 等. 不同磨粉工艺对大米粉粉质特性的影响 [J]. 现代食品科技, 2015, 31(31): 194-199.
- [6] Tong L T, Gao X, Lin L, et al. Effects of semidry flour milling on the quality attributes of rice flour and rice noodles in china [J]. Journal of Cereal Science, 2015, 62: 45-49.
- [7] 刘也嘉, 林利忠, 林亲录. 半干法磨粉中润米时间对鲜湿米粉的影响 [J]. 现代食品科技, 2016, 32(4): 161-165.
- [8] Tong L T, Gao X, Zhou X, et al. Milling of glutinous rice by semidry method to produce sweet dumplings [J]. Journal of Food Process Engineering, 2015.
- [9] 岳崇慧, 刘明于, 国萍, 等. 大米淀粉组成与挤压膨化特性相关性研究 [C]. 中国食品科学技术学会第十二届年会暨第八届中美食品业高层论坛, 2015, 212-213.
- [10] 王娇. 不同制粉工艺对大米粉品质的影响 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2016.
- [11] 罗文波. 鲜湿米粉的品质评价、原料适应性及保鲜研究 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2012.
- [12] 张兆丽, 熊柳, 赵月亮, 等. 直链淀粉与糊化特性对米粉凝胶品质影响的研究 [J]. 青岛农业大学学报: 自然科学版, 2011, 28(1): 60-64.
- [13] 李里特, 成明华. 米粉的生产与研究现状 [J]. 食品机械, 2000, 12(3): 10-12.
- [14] 吴卫国, 张喻, 肖海秋, 等. 原料大米特性与米粉产品品质关系的研究 [J]. 粮食与饲料工业, 2005(9): 21-24.
- [15] 张本山, 张友全, 杨连生. 淀粉多晶体系结晶度测定方法研究 [J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2001, 29(5): 55-58.
- [16] Fredriksson H, Silverio J, Andersson R, et al. The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches [J]. Carbohydrate Polymers, 1998, 35(9): 119-134.
- [17] 李里特. 食物物性学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001, 203-205.
- [18] 王弘, 陈宜鸿, 马培琴. 粉体特性的研究进展 [J]. 中国新药杂志, 2006, 15(18): 1535-1539.
- [19] 章波, 冯怡, 徐德生, 等. 粉体流动性的研究及其在中药制剂中的应用 [J]. 中成药, 2008, 30(6): 904-907.
- [20] 郑慧. 苦荞麸皮超微粉碎及其粉体特性研究 [D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2007.
- [21] 陈盛君, 朱家壁, 祁小乐. 粉末直接压片常用辅料的粉体学性质评价 [J]. 中国医药工业杂志, 2013, 44(10): 1010-1013.
- [22] 潘亚平, 张振海, 蒋艳荣, 等. 中药粉体改性技术的研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2013, 38(22): 3808-3813.
- [23] 岳国超, 陈丽华, 管咏梅, 等. 新型直压辅料的粉体学性质评价 [J]. 中国药房, 2014(9): 833-836.
- [24] 何群, 滕久祥, 彭芝配, 等. 喷雾与减压干燥的秦香止泻干膏粉吸湿性及流动性比较 [J]. 中国现代应用药学, 2011, 28(3): 218-222.
- [25] 王念明, 张定堃, 杨明, 等. 超微粉碎对黄芩粉体学性质的影响 [J]. 中药材, 2013, 36(4): 640-644.
- [26] 吴奕生. 口腔速崩片的制备 [J]. 海峡药学, 2004, 16(5): 22-24.

(上接第9页)

860-861.

[12] 赵弘泰. 直接压片法制备口腔崩解片预混辅料的研制 [D]. 石家庄: 河北医科大学, 2007.

[13] 谢瑞红, 王顺喜, 谢建新, 等. 超微粉碎技术的应用现状与发展趋势 [J]. 中国粉体技术, 2009, 15(3): 64-67.

[14] 高春生, 单利, 崔光华, 等. 粉末直接压片工艺主要辅料的流动性研究 [J]. 科学技术与工程, 2004, 4(5): 367-370.

[15] 张雅媛, 游向荣, 洪雁, 等. 青香蕉全粉与淀粉理化性质及消化特性研究 [J]. 食品与机械, 2014(4): 50-53.

[16] 张磊, 袁信华, 徐一平, 等. 不同粒度鱼粉的物理特性研究 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(32): 10302-10304.

[17] 李里特. 食物物性学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001, 203-205.

[18] 王弘, 陈宜鸿, 马培琴. 粉体特性的研究进展 [J]. 中国新药杂志, 2006, 15(18): 1535-1539.

[19] 章波, 冯怡, 徐德生, 等. 粉体流动性的研究及其在中药