

糯米粉理化特性及与麻球品质的相关性

马鹏阔,周显青,张玉荣,李建飞

(河南工业大学 粮油食品学院,河南 郑州 450001)

摘要:为提高麻球产品质量,指导麻球工业化生产合理选择糯米粉原料。以16种糯米粉原料为研究对象,测定其理化特性(直链淀粉含量、粗蛋白含量、粗脂肪含量、破损淀粉含量、糊化特性)及麻球品质特性,同时通过分析糯米粉各品质指标与麻球品质的相关性,探讨糯米粉原料特性对麻球品质的影响。结果表明,糯米粉粗蛋白含量与麻球比容、色泽、硬度指标均呈显著负相关,与麻球形状和总分均呈极显著负相关;衰减值与麻球比容得分呈显著正相关,而峰值时间、糊化温度与麻球比容呈极显著负相关,最低粘度、最终粘度、回生值与麻球的外观均呈显著负相关。因此,在选择麻球生产原料糯米粉时,应综合考虑其粗蛋白含量和糊化特性。依据本研究所用的糯米粉,得出粗蛋白含量在6.80%以下,衰减值高于1 282 cP,最低粘度低于1 526 cP,最终粘度低于1 950 cP,回生值低于424 cP,峰值时间低于3.9 min,糊化温度低于76 ℃的原料,生产的麻球品质较好。

关键词:大米;糯米粉;麻球;品质评价;品质指标

中图分类号:TS 213.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2018)03-0001-06

Physicochemical properties of glutinous rice flour and its correlation with the quality of fried glutinous rice ball

MA Peng-kuo, ZHOU Xian-qing, ZHANG Yu-rong, LI Jian-fei

(College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan 450001)

Abstract: In order to improve the quality of the fried glutinous rice ball and offer a guideline for the reasonable selection of raw material of the fried glutinous rice ball industrial production, 16 kinds of glutinous rice flour were taken as the research object, the physicochemical properties, including amylose content, crude protein content, crude fat content, damaged starch content, the pasting properties of glutinous rice flour and the quality of the fried glutinous rice ball were determined. At the same time, the effect of the raw material properties of glutinous rice flour on the quality of the fried glutinous rice ball was explored through analyzing the correlation between the quality indexes of glutinous rice flour and the quality of the fried glutinous rice ball. The results showed that the crude protein content of glutinous rice flour was significant negative correlation with the specific volume, color and hardness, and was highly significant negative correlation with the shape and total score of the product, the attenuation value was significant positive correlation with the specific volume score, the peak time and gelatinization temperature were highly significant negative correlation with the specific volume score of the fried glutinous rice ball, the trough viscosity, the final viscosity, and the setback were all significant negative correlation with the outer appearance of the fried glutinous rice ball. Therefore, the crude fat content and gelatinization properties should be considered in the selection of glutinous rice flour. To the glutinous rice flour samples used in this research, the raw material whose crude protein content was less than 6.80%, the attenuation value was higher than 1 282 cP, the trough, final viscosity and setback were lower than 1 526 cP, 1 950 cP and 424 cP, the peak time was less than 3.9 min, gelatinization temperature was lower than 76 ℃ could

收稿日期:2017-10-30

作者简介:马鹏阔,1990年出生,男,硕士研究生.

通讯作者:周显青,1964年出生,男,博士,教授.

be used to produce the high quality fried glutinous rice ball.

Key words:rice; glutinous rice flour; fried glutinous rice ball; quality evaluation; quality index

麻球是以糯米粉为原料,加水成团后滚上芝麻,经油炸制得的一种经典传统油炸小吃。其具有外形滚圆饱满,色泽金黄,皮薄香脆,内瓤香糯的特点,在我国有着广泛的市场需求和群众基础,在广东及港澳地区是常见的贺年食品。麻球作为我国传统食品的一部分,虽然有着悠久的历史,但与汤圆、粽子、水饺等传统食品的工业化发展相比,则远远落后。其生产加工仍多为手工操作,机械化、自动化程度低、加工条件随意性大,没有标准化生产工艺及配方,以至于产品质量不稳定,难于实现规模化和标准化^[1]。而有关麻球的文献报道也较为有限。其中,在麻球的原料选择上,依据对一些有长期麻球制作经验的专业厨师的调研与交流发现^[2-3],粘性越好的糯米粉就越适合于麻球制作,但这仅为经验之谈,并无系统而深入的探索。糯米粉作为麻球制作的基础物料,其原料特性对于麻球的品质影响及机理的研究显得至关重要,但有关麻球用糯米粉的品质特性研究则是一片空白,而在其他类糯米制品与糯米粉原料特性的相关研究上有

一定文献报道。譬如,在汤圆用糯米粉的品质研究中,张国治^[4]研究指出汤圆用糯米粉对粒度和粘度有一定要求。周显青等^[5]研究发现,糯米粉蛋白、脂肪及直链淀粉含量对汤圆外观品质和蒸煮特性影响显著。因此,需要系统研究原料特性对麻球品质影响的内在因素进行研究。

本实验通过测定 16 种不同糯米粉的理化特性和糊化特性,同时将其制成麻球进行品质评价,采用相关性分析法对糯米粉各品质指标与麻球品质的相关性进行探究,旨在为麻球加工用糯米粉的原料选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 原料

16 种糯米粉原料的编号、名称、类型、产地等信息见表 1。小麦粉(特一粉):郑州金苑面粉有限公司;改良剂:郑州隆霄生物科技有限公司;白砂糖:广州太古糖业(中国)有限公司;精炼一级大豆油:秦皇岛金海食品工业有限公司。

表 1 糯米粉样品的基本信息

编号	品名	类型	糯米产地	生产/提供厂商	备注
1	糯米粉	粳	黑龙江	大连泰丰米业加工厂	商业糯米粉
2	糯米粉	粳	黑龙江	大连泰丰米业加工厂	商业糯米粉
3	糯米粉	粳	黑龙江	大连泰丰米业加工厂	商业糯米粉
4	糯米粉	粳	黑龙江	大连泰丰米业加工厂	商业糯米粉
5	糯米粉	粳	安徽	信阳黄国粮业有限公司	商业糯米粉
6	糯米粉	籼	泰国	信阳黄国粮业有限公司	商业糯米粉
7	糯米粉	籼	越南	信阳黄国粮业有限公司	商业糯米粉
8	糯米	粳	黑龙江	黑龙江龙盛米业有限公司	
9	糯米	粳	黑龙江	大连泰丰米业加工厂	
10	糯米	粳	黑龙江	大连泰丰米业加工厂	混米
11	糯米	籼	河南	信阳黄国粮业有限公司	
12	糯米	晚籼	江西	江西金林粮油食品厂	
13	糯米	早籼	江西	江西金林粮油食品厂	
14	糯米	籼	江西	江西金林粮油食品厂	
15	糯米	籼	越南	江西金林粮油食品厂	
16	糯碎米	籼	越南	东莞市万顷粮食有限公司	

1.2 主要试剂

乙醚,浓硫酸,氢氧化钠,硼酸,硫酸铵,盐酸,甲基红,溴甲酚绿,无水乙醇,甲醇,无水碳酸钠,硫代硫酸钠等,均为分析纯。

1.3 仪器设备

FW80 高速万能粉碎机:北京市永光明医疗仪器厂;722 紫外可见分光光度计:上海精密仪器科学有限公司;KDN-08 消化炉:上海精隆科学仪器有限公司;101C-3 电热鼓风干燥箱:上海实验仪器厂有限公司;KDN-08C 定氮仪:上海新嘉电子有限公司;RVA 快速粘度分析仪:波通瑞华科学仪器(北

京)有限公司;DS-1 高速组织捣碎机:上海标本模型厂;C21H1202 型电磁炉:青岛海尔成套家电服务有限公司;HHS 恒温水浴锅:上海医疗器械五厂;YF-12 型电热多功能油炸锅:瑞安市一方机械制造有限公司;BVM6630 型食品体积测定仪:波通瑞华科学仪器(北京)有限公司;CS-B5A 型和面机:希派克餐饮设备(上海)有限公司;直链淀粉测定仪:长春长光思博光谱技术有限公司;JMS-50DX 胶体磨:廊坊市廊通机械有限公司;JXFM110 锤式旋风磨:上海嘉定粮油仪器有限公司;SDmatic 破损淀粉仪:法国肖邦技术公司;CNS-2121 水分速测仪、

CNS-1211 超声波萃取仪和挥干仪;长春长光思博光谱技术有限公司。

1.4 实验方法

1.4.1 糯米粉制备

实验室糯米粉制作参照文献^[6-7]方法。糯米原料用蒸馏水浸泡,浸泡温度 35℃,浸泡时间 90 min。浸泡后糯米放入高速组织捣碎机进行粗磨,然后用胶体磨细磨 1 次。细粉浆于室温下静置 4 h,沉淀分层,取下层沉淀于 40℃下干燥至水分含量 14%左右,经粉碎制得糯米粉。

1.4.2 麻球制作

参考文献^[4]进行麻球制作。

粉团和制:称取 200 g 糯米粉,10 g 小麦粉,2 g 麻球改良剂,称取 30 g 白砂糖溶于 130 mL 水中,于和面钵中,用低速挡和制 3 min,揉搓成团。

粉团煮制:称取 36 g 上述粉团,放入沸水中煮 10 min。

面团和制:取出煮制后的熟粉团,沥水,与剩余的生粉团一起揉匀。

饧面:将面团分割成每个 55 g 的剂子,用保鲜膜密封,于室温下饧面 3 h。

低温炸制:调整油温至 100℃,将生坯浸入油中,待麻球周身不断有气泡溢出时调高油温至 120℃。

恒温炸制:油炸温度 120℃,油炸时间 20 min,用汤勺不断将油淋在麻球表面上,并不时翻动麻球使其受热均匀。

高温定型:调高油温至 160℃,炸制约 1 min,使麻球外壳上色,定型,捞出沥油。

1.4.3 糯米粉理化指标测定

水分:按照 GB5009.3—2016 中的直接干燥法进行测定^[8];粗蛋白:按照 GB 5009.5—2010 的仪器测定法进行测定^[9];粗脂肪:按照 GB/T 5512—2008 中的索氏抽提法进行测定^[10];直链淀粉含量:采用直链淀粉测定仪进行测定;破损淀粉:使用 SDmatic 破损淀粉仪进行测定;糊化特性:按照 GB/T 24852—2010 大米及米粉糊化特性测定 快速粘度仪法^[11]。

1.4.4 麻球比容测定及品质评价

比容测定:采用食品比容测定仪进行测定。

品质评价:参考文献^[12-13],依据模糊数学理论,运用二元对比法建立了麻球品质评价方法。由经培训的 5 人组成品评组,在感官评定实验室内对麻球进行感官评价,评分规则见表 2。

表 2 评分规则

项目	评分/分
	1
	1.6-2.0
比容(15)	2.1-2.4
	2.5-2.8
	>2.9
	15
形状(5)	呈规则球形
	呈略微扁圆形
	形状不规则,球体开裂,塌陷,或有气泡凸起等现象
	5
	3~4
	1~2
外观(5)	表面平整光滑无裂纹
	表面不平整,有轻微裂纹
	表面不平整,裂纹明显
	5
	3~4
	1~2
色泽(10)	色泽金黄、颜色均匀
	色泽淡黄或深黄、颜色较均匀
	色泽微黄或暗红,颜色不均匀
	8~10
	4~7
	1~3
气味(5)	有油炸风味和糯米香味,无异味
	有轻微油炸风味和糯米香味,无异味
	无油炸风味和糯米香味,有异味
	5
	3~4
	1~2
酥脆性(15)	表皮酥脆,咬断时有清晰的“咔嚓”声
	表皮有一定韧性,咬断时有轻微的“咔嚓”声
	表皮坚韧,咬断时无“咔嚓”声
	11~15
	6~10
	1~5
硬度(10)	软硬适中
	稍软或稍硬
	硬度太大或太小
	8~10
	4~7
	1~3
黏度(10)	爽口,不黏牙
	不爽口,稍黏牙
	不适口,黏牙
	8~10
	4~7
	1~3
咀嚼性(10)	经过适当咀嚼即可下咽
	咀嚼时间稍长才可下咽
	长时间咀嚼才可下咽,感到费力
	8~10
	4~7
	1~3
滋味(15)	有油炸风味和糯米香味,甜度适中,无异味
	有轻微油炸风味和糯米香味,甜度稍重或稍淡,无异味
	无油炸风味和糯米香味,甜味过重或过淡,有异味
	11~15
	6~10
	1~5

1.4.5 数据处理

运用 Excel 2010 软件进行数据整理,SPSS 16.0 软件对数据进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 糯米粉主要化学成分

糯米粉的主要化学成分测定结果见表 3。由表 3 可看出,糯米粉的粗蛋白含量变化范围为 6.30%~7.96%。糯米粉中蛋白质影响着大米淀粉的结构特性、糊化特性以及流变学特性^[14]。且蛋白质还能够抑制淀粉颗粒的吸水膨胀,使糯米粉的峰值温度升高。同时可增强糯米粉淀粉的凝胶网络结构^[15]。直链淀粉含量变化范围为 2.99%~6.00%。其中,1、10、12、13、16 号糯米粉样品直连淀粉含量偏高(>5%),其原因可能是含有少量其他非糯米成分。直链淀粉含量可影响淀粉的热力学性质,并能够使淀粉的结晶度降低,熔融温度增大^[16]。粗脂肪含量

与破损淀粉含量变化范围分别为 0.46% ~ 1.28% 和 2.89% ~ 9.58%。其中,实验室湿法磨制的糯米粉比工业生产的糯米粉破损淀粉含量高^[17]。总体

表 3 糯米粉的主要化学成分含量 %

项目	粗蛋白	直链淀粉	粗脂肪	破损淀粉
1	6.59 ± 0.13ab	5.40 ± 0.31e	0.94 ± 0.57bcd	3.04 ± 0.06a
2	6.74 ± 0.07bc	3.96 ± 0.24b	0.46 ± 0.57a	8.12 ± 0.14f
3	7.00 ± 0.21cd	3.77 ± 0.29b	0.99 ± 0.51a	2.89 ± 0.16a
4	7.38 ± 0.10de	2.99 ± 0.34a	1.18 ± 0.16cdef	8.48 ± 0.33g
5	7.36 ± 0.13de	4.21 ± 0.13bcd	1.02 ± 0.03bcdef	4.54 ± 0.11b
6	6.35 ± 0.32ab	4.63 ± 0.27d	1.00 ± 0.07bcde	7.48 ± 0.13e
7	6.35 ± 0.14a	4.49 ± 0.21cd	1.22 ± 0.10cdef	8.72 ± 0.27g
8	6.34 ± 0.18ab	4.10 ± 0.10bc	0.50 ± 0.06a	9.37 ± 0.16h
9	8.32 ± 0.11h	3.25 ± 0.04a	1.00 ± 0.04bcde	7.46 ± 0.10e
10	6.30 ± 0.17a	5.09 ± 0.10e	1.28 ± 0.11def	3.00 ± 0.56a
11	6.61 ± 0.40ab	4.18 ± 0.21bcd	1.35 ± 0.11ef	7.74 ± 0.14e
12	7.88 ± 0.13fg	5.36 ± 0.14bcd	0.84 ± 0.18abc	4.72 ± 0.18b
13	7.58 ± 0.85ef	5.45 ± 0.24e	1.01 ± 0.08bcde	7.05 ± 0.07d
14	7.96 ± 0.04gh	4.23 ± 0.07bcd	0.74 ± 0.08ab	6.17 ± 0.11c
15	6.56 ± 0.14ab	3.93 ± 0.11b	1.42 ± 0.20f	9.58 ± 0.17h
16	7.62 ± 0.17ef	6.00 ± 0.18f	1.15 ± 0.17cdef	4.77 ± 0.14b
R	6.30 ~ 8.32	2.99 ~ 6.00	0.46 ~ 1.42	2.89 ~ 9.58
Av ± SD	7.06 ± 0.67	4.44 ± 0.83	1.01 ± 0.27	6.45 ± 2.31
CD/%	9.49	18.77	27.14	35.88

注:同一列字母不同则有显著性差异(P < 0.05);R:变幅范围;Av ± SD:均值 ± 标准差,CD:变异系数。下同。

来看,16 份样品的各指标数值达到较宽范围,说明所选样品具有代表性。

2.2 糯米粉的糊化特性

糯米粉的糊化特性测定结果见表 4。从表可看出,糊化温度变幅为 20.5 ℃,大部分样品间糊化温度有显著差异,而峰值时间的变幅则相对较小,且 80% 以上的样品的峰值时间分布在 4 min 以下。其中,11 号和 14 号糯米粉显得较为突出,其糊化温度和峰值时间均达到 80 ℃ 及 5 min 以上,显著高于其他糯米粉,这预示着其淀粉糊化过程需要耗费更多能量,可能与其蛋白质含量及淀粉晶体结构相关。不同样品间其粘度特性指标值差异明显,其中 16 号样品的峰值粘度、最低粘度、最终粘度、回生值均为最低,且衰减值也相对较低,表明与整米相比,越难粉碎糯米所制的糯米粉热糊及冷湖稳定性相对更强,但淀粉膨胀程度较低。其次是 10 号糯米粉,虽然混有一定比例的非糯米,但由于混入比例较小,因而对其糊化特性影响并不明显。另外 12 号糯米粉其衰减值显著低于其他样品,表明其淀粉热糊稳定性相对最强。

表 4 糯米粉的糊化特性

项目	糊化温度/℃	峰值时间/min	峰值粘度/cP	最低粘度/cP	最终粘度/cP	衰减值/cP	回生值/cP
1	68.90 ± 0.64ab	3.73 ± 0.11bdef	2 442 ± 98.99d	1 160 ± 42.43c	1 521 ± 63.64c	1 282 ± 70.71cd	361 ± 43.84cde
2	72.90 ± 1.98def	3.87 ± 0.99def	2 265 ± 84.85cd	747 ± 28.28b	1 020 ± 66.47b	1 518 ± 38.18e	273 ± 14.14cd
3	66.50 ± 1.41a	3.47 ± 0.14ab	5 033 ± 142.84j	2 503 ± 56.57k	3 139 ± 84.85i	2 530 ± 53.74i	636 ± 70.71g
4	66.50 ± 1.13a	3.27 ± 0.07a	4 789 ± 113.14j	1 518 ± 35.36e	1 852 ± 91.92d	3 271 ± 59.40k	334 ± 65.05cde
5	69.60 ± 0.57bc	3.60 ± 0.12bcd	3 591 ± 106.07gh	1 646 ± 19.80gh	2 089 ± 113.14ef	1 945 ± 31.11g	443 ± 52.33ef
6	72.90 ± 1.56def	4.00 ± 0.11f	4 978 ± 155.56j	2 226 ± 14.14j	2 826 ± 98.99i	2 752 ± 59.40j	600 ± 63.64g
7	74.40 ± 1.70ef	3.93 ± 0.17ef	3 197 ± 134.35f	1 472 ± 25.46de	1 912 ± 70.71def	1 725 ± 45.25f	440 ± 38.18def
8	74.40 ± 0.85ef	3.80 ± 0.06cdef	3 996 ± 132.23i	1 882 ± 22.63i	2 418 ± 73.54g	2 114 ± 55.15h	536 ± 56.57fg
9	71.95 ± 1.56cde	3.67 ± 0.21bcde	4 079 ± 178.19i	1 410 ± 42.43d	1 811 ± 108.89d	2 669 ± 57.98j	401 ± 45.25cde
10	70.40 ± 1.41bcd	3.53 ± 0.08ab	2 018 ± 101.82bc	748 ± 16.97b	953 ± 53.74b	1 270 ± 59.40cd	205 ± 31.11ab
11	82.20 ± 1.13h	5.00 ± 0.10g	3 381 ± 113.14fg	1 681 ± 21.21h	2 116 ± 87.68f	1 700 ± 59.40f	435 ± 50.91def
12	79.15 ± 1.70g	5.33 ± 0.08h	1 871 ± 104.65b	1 193 ± 32.53c	1 480 ± 106.07c	678 ± 18.38a	287 ± 59.40bc
13	71.25 ± 0.71cd	3.67 ± 0.04bcde	2 845 ± 118.79e	1 463 ± 38.18de	1 871 ± 76.37d	1 382 ± 28.28d	408 ± 29.70de
14	87.00 ± 1.84i	5.27 ± 0.18gh	2 806 ± 140.01e	1 588 ± 31.11fg	2 129 ± 86.27f	1 218 ± 59.40c	541 ± 59.40fg
15	75.95 ± 0.57f	3.93 ± 0.14ef	3 698 ± 101.82h	1 526 ± 42.43ef	1 950 ± 72.12de	2 172 ± 55.15h	424 ± 43.84def
16	75.35 ± 0.99f	3.93 ± 0.21ef	1 417 ± 89.10a	405 ± 21.21a	525 ± 53.74a	1 012 ± 35.34b	120 ± 22.63a
R	66.50 ~ 87.00	3.27 ~ 5.33	1 417 ~ 5 033	405 ~ 2 503	525 ~ 3 139	678 ~ 3 271	120 ~ 636
Av ± SD	73.71 ± 5.49	4.00 ± 0.63	3 275 ± 1 121.53	1 148 ± 532.30	1 851 ± 665.96	1 827 ± 713.76	402 ± 139.16
CD/%	7.45	15.73	34.24	36.76	35.98	39.06	34.55

2.3 麻球品质评价

麻球的品质评价结果见表 5。由表可看出,麻球比容得分的变化范围为 2.2 ~ 20 分,总分为 45.6 ~

87.8 分,变幅较大,其中 2 号样品的感官总分最高,13 号样品的最低。且各样品间各感官评价指标所得评分差异显著。说明原料差异对麻球品质影响显著。

表 5 麻球的品质评分

分

项目	比容	形状	外观	色泽	气味	酥脆性	硬度	黏度	咀嚼性	滋味	总分
1	15.2±0.84h	4.8±0.45f	5.0±0e	7.8±0.84ef	3.6±0.55de	12.2±0.84efg	5.0±0h	9.8±0.45e	9.6±0.55fg	14.0±0.71ef	8.7±1.73g
2	15.8±0.84h	4.0±0.71de	4.2±0.84d	9.0±0.71gh	4.8±0.45gh	11.0±0.71def	5.0±0.45gh	9.6±0.55de	9.8±0.45g	14.8±0.45f	87.8±1.30g
3	10.2±0.84e	1.6±0.54ab	1.8±0.45ab	5.8±0.84bc	3.8±0.84ef	4.0±0.71a	3.2±0.45cd	6.0±0.71a	7.4±0.55cd	13.0±0.71cde	56.8±2.68b
4	19.8±0.45j	1.0±0a	2.0±0.71b	7.2±1.48de	5.0±0h	4.6±0.55a	2.0±0.71ab	6.2±0.84a	6.2±0.84ab	14.8±0.45f	68.8±2.39d
5	15.2±1.48h	1.2±0.45ab	3.0±0.71c	6.0±0.71bc	3.8±0.45ef	11.8±0.84def	3.4±0.55de	8.0±1.00bc	8.4±0.55de	12.8±0.84cd	73.6±2.70e
6	18.0±0.71i	3.0±0.71c	1.2±0.4ab5	7.8±1.10ef	1.6±0.55a	12.4±1.14fg	4.4±0.55fgh	8.0±0.71bc	7.8±0.84cde	8.0±0.71b	72.2±1.92e
7	20.0±0j	3.0±0.71c	1.2±0.45ab	8.0±1.00efg	4.6±0.55fgh	8.2±1.10c	3.2±0.84cd	6.4±0.55a	5.6±0.55a	12.2±1.10cd	72.4±2.07e
8	12.2±0.84f	4.4±0.55ef	3.0±0.71c	5.0±0.71b	2.4±0.55bc	10.8±1.48de	4.0±0.71ef	7.0±1.00ab	8.2±0.45de	8.0±0.71b	65.0±2.55e
9	8.6±0.55d	1.0±0a	1.0±0a	7.2±0.84de	1.6±0.55a	11.6±1.67def	4.2±0.45fg	8.6±0.55cd	8.2±0.84de	4.8±0.44a	56.8±2.77b
10	15.0±0.71h	3.0±0.71c	4.8±0.45de	7.4±0.55def	4.2±0.84hg	7.6±0.55c	4.6±0.55fgh	9.6±0.55de	9.8±0.45g	13.2±0.45de	79.2±1.30f
11	8.0±1.00d	3.2±0.45c	2.0±0.71b	8.4±0.55fg	2.8±0.45bc	14.8±0.45h	4.8±0.45gh	9.0±0.71cde	8.8±0.84ef	8.6±1.14b	70.4±3.44de
12	8.2±0.45d	1.2±0.45ab	1.0±0a	3.8±0.45a	3.0±0.71cd	12.2±0.84efg	3.4±0.55de	6.4±0.55a	8.0±1.00de	8.0±0.71b	55.2±1.92b
13	3.2±0.45b	3.4±0.54cd	1.8±0.45ab	5.4±0.55bc	2.2±0.45ab	10.4±1.14d	1.8±0.45a	6.8±0.84a	6.0±1.00a	4.6±0.55a	45.6±1.82a
14	2.2±0.45a	1.8±0.45b	1.2±0.45ab	6.4±0.55cd	4.2±0.45efgh	12.0±1.58efg	2.6±0.55bc	6.4±1.14a	5.4±0.55a	12.0±0.71c	54.2±2.49b
15	13.2±0.84g	4.2±0.45ef	1.8±0.84ab	9.8±0.45h	4.0±0.71efg	13.4±0.54g	5.0±0h	8.6±0.55cd	8.4±0.55de	13.3±0.84de	81.6±2.61f
16	5.8±0.45c	1.4±0.55ab	3.4±0.55c	6.4±1.14cd	4.0±0.71efg	6.0±0.71b	2.6±0.55bc	7.0±0.71ab	7.0±0.71bc	12.2±0.84cd	55.8±2.59b
R	2.2~20.0	1.0~4.8	1.0~5.0	3.8~9.8	1.6~5.0	4.0~14.8	1.8~5.0	6.0~9.8	5.4~9.8	4.6~14.8	45.6~87.8
Av±SD	11.9±5.6	2.6±1.3	2.4±1.3	7.0±1.5	3.5±1.1	10.2±3.2	3.7±1.1	7.7±1.3	7.8±1.4	10.9±3.4	67.6±12.6
CD/%	46.65	50.09	56.03	22.33	31.23	31.17	29.21	17.43	18.32	31.00	18.71

2.4 相关性分析

2.4.1 糯米粉成分与麻球品质的相关性

糯米粉化学成分与麻球品质评分的相关性分析结果见表 6。由表 6 可看出,糯米粉的粗蛋白含量与麻球的比容、色泽、硬度均呈显著负相关,与麻球的形状和总分均呈极显著的负相关。由此可见,粗蛋白含量对麻球的最终品质影响最大。其中,高温下蛋白质与糖类物质发生的美拉德反应,可能是造成麻球色泽得分随蛋白质含量的增高而

下降的原因所在。另外,有文献报道^[17-18]糯米粉中的醇溶蛋白能够使 RVA 的衰减值显著增加,导致凝胶硬度和粘度显著降低,而谷蛋白则可以增加大米粉凝胶的粘度。但蛋白含量影响麻球比容和形状的机理尚未见报道。粗脂肪、破损淀粉和直链淀粉含量与麻球品质则均无显著相关性。因此,在麻球用糯米粉的选择上,粗蛋白含量可作为一项筛选指标。依据本研究所用糯米粉,为保证麻球质量,粗蛋白含量最好在 6.80% 以下。

表 6 糯米粉化学成分与麻球品质评分之间的相关性

指标	比容	形状	外观	色泽	气味	酥脆性	硬度	黏度	咀嚼性	滋味	总分
粗蛋白	-0.607 *	-0.745 * *	-0.420	-0.517 *	-0.163	-0.007	-0.554 *	-0.361	-0.457	-0.322	-0.683 * *
粗脂肪	0.134	-0.150	-0.105	0.348	0.155	-0.130	0.032	0.086	-0.071	0.084	0.081
直链淀粉	-0.321	0.137	0.300	-0.308	-0.138	0.016	-0.013	0.040	0.132	-0.138	-0.153
破损淀粉	0.193	0.203	-0.428	0.354	-0.125	0.273	0.022	-0.078	-0.242	-0.224	0.065

注: * 显著性水平, $P < 0.05$; * * 显著性水平, $P < 0.01$ 。下同。

2.4.2 糯米粉糊化特性与麻球品质的相关性

糯米粉糊化特性与麻球品质指标间的相关性分析结果见表 7。由表 7 可看出,麻球感官总分与糯米粉糊化特性中各指标均无显著相关性,而比容、酥脆性和外观受糯米粉糊化特性的影响显著,

其中,峰值时间和糊化温度与麻球的比容均呈极显著负相关;最低粘度、最终粘度、回生值与麻球的外观均呈显著负相关;而衰减值与麻球的比容呈显著正相关。因此,在麻球用糯米粉的糊化特性指标选择上,应选择衰减值较高,最低粘度、最终粘度、回

生值、峰值时间、糊化温度较低的糯米粉。依据本研究所用糯米粉,在选取原料时,衰减值应高于1 282 cP,最低粘度应低于1 526 cP,最终粘度应低

于1 950 cP,回生值应低于424 cP,峰值时间应低于3.9 min,糊化温度应低于76 ℃。

表7 糯米粉糊化特性与麻球品质评分之间的相关性

指标	比容	形状	外观	色泽	气味	酥脆性	硬度	黏度	咀嚼性	滋味	总分
峰值时间	-0.668 *	0.164	-0.287	-0.09	-0.310	0.464	-0.099	-0.096	-0.347	-0.401	-0.387
糊化温度	-0.631 *	0.131	-0.328	0.001	-0.227	0.535 *	0.039	-0.084	-0.330	-0.32	-0.308
峰值粘度	0.389	-0.159	-0.465	0.115	-0.157	-0.090	-0.112	-0.262	-0.181	-0.054	0.006
最低粘度	0.100	-0.035	-0.524 *	-0.093	-0.308	0.069	-0.162	-0.387	-0.267	-0.205	-0.179
最终粘度	0.091	-0.014	-0.527 *	-0.084	-0.304	0.100	-0.141	-0.380	-0.264	-0.200	-0.168
衰减值	0.536 *	-0.223	-0.340	0.249	-0.017	-0.193	-0.055	-0.123	-0.085	0.068	0.142
回生值	0.050	0.067	-0.515 *	-0.045	-0.274	0.219	-0.053	-0.339	-0.244	-0.174	-0.119

3 结论

糯米粉的粗蛋白含量与比容、色泽、硬度3项指标呈现显著负相关,与麻球的形状和总分均呈极显著负相关,说明粗蛋白含量对麻球品质的影响较大。依据本研究所用糯米粉,在麻球用糯米粉的选择上,蛋白质含量在6.80%以下可作为糯米粉原料选择标准。衰减值与麻球的比容得分呈显著正相关,而峰值时间和糊化温度与麻球的比容得分均呈极显著负相关。最低粘度、最终粘度和回生值均与麻球的外观呈显著负相关。依据本研究所用糯米粉,在麻球用糯米粉的选择上,宜选取衰减值高于1 282 cP,最低粘度低于1 526 cP,最终粘度低于1 950 cP,回生值低于424 cP,峰值时间低于3.9 min,糊化温度低于76 ℃的原料。

参考文献:

[1]周显青,邓峰,陈志芳,等. 糯米淀粉的老化及其调控技术研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2014, 35(2):98-102.

[2]曹东升. 空心大麻球的最新做法[J]. 四川烹饪, 2009(11):86-87.

[3]杨新华. 空心大麻球[J]. 四川烹饪, 2007(6):11.

[4]张国治. 糯米粉的品质分析及速冻汤圆品质改良[J]. 冷饮与速冻食品工业, 2006, 12(2):39-42.

[5]周显青,王娴,张玉荣,等. 糯米粉组分对速冻汤圆粉团蒸煮特性的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2015, 12(10):21-26.

[6]夏稳稳. 糯米粉加工关键工艺参数优化及工艺设计[D]. 郑州:河南工业大学, 2013.

[7]高佳敏. 糯米粉制备工艺对其淀粉损伤和特性的影响[D]. 郑州:河南工业大学,2016.

[8]GB 5009.3—2016, 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].

[9]GB 5009.5—2010, 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].

[10]GB/T 5512—2008, 食品安全国家标准 粮油检验粮食中粗脂肪含量测定[S].

[11]GB/T 24852—2010,大米及米粉糊化特性测定 快速粘度仪法[S].

[12]张志超,周显青,张乃建,等. 模糊数学感官评价法优化糯米团制作工艺[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(3):1-6.

[13]王铃钊,周显青,张玉荣. 基于模糊数学感官评价的碎米制作米豆腐的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2015, 36(2):74-78.

[14]Martin M, Frtzgerald. Proteins in rice grains influence cooking properties [J]. Journal of Cereal Science, 2002, 36(3):285-294.

[15]Chang Y H, Lin J H. Effects of molecular size and structure of amylopectin on the retrogradation thermal properties of waxy rice and waxy cornstarches [J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21(4):645-653.

[16]孙秀萍,于九皋,刘延奇. DSC分析方法在淀粉凝胶化研究中的应用[J]. 化学通报, 2003, 66:1-8.

[17]Chrastil J. Protein ~ starch interactions in rice grains; Influence of storage of oryzenin and starch[J]. Journal Agric Food Chem, 1990(38):1804-1809.

[18]Baxter G, Blanchard C, Zhao J. Effects of prolamin on the textural and pasting properties of rice flour and starch[J]. Journal Cereal Sci, 2004, 40(3):205-211. 完