

不同淀粉类原料对青团品质的影响

唐溶雪 宋鲁青 李明 阮征

南昌大学食品学院/食品科学与技术国家重点实验室,南昌 330047

摘要 青团是一种传统糯米制品,存在黏性较高和易塌陷等问题。在传统青团原料中添加葛根、红薯、小麦和小米等4种淀粉类原料,考察其对青团感官指标和质构特性的影响,利用Pearson法分析原料、质构指标与青团感官之间的相关性,二次旋转正交组合法得出青团的最佳配方。研究结果显示:质构指标对青团感官评分的影响大小顺序为:黏性>硬度>弹性>咀嚼性;4种淀粉类原料对硬度指标呈极显著正相关($P<0.01$);直链淀粉/总淀粉、直链淀粉/支链淀粉的比值可分别作为评价青团硬度($r=0.503, P<0.05$)、黏性($r=0.468, P<0.05$)的优选指标;感官评分最高的青团最优配方为,葛根粉17.1%、红薯粉5.0%、小麦粉10.0%、大米粉30.0%。研究结果表明,以糯米粉为基础添加富含直链淀粉的原料能改善青团感官品质。

关键词 青团;直链淀粉;凝胶特征;感官评价;质构指标;糯米制品

中图分类号 TS 210.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2019)05-0130-07

青团是我国长江以南一带的传统糯米制品,曾是春季时令小吃,现正日益受到大众喜爱而成为一年四季的传统小吃^[1]。目前,青团食品生产中面临以下2个问题:一是主要原料是糯米粉,其支链淀粉含量高导致青团黏性较强、口感较差;二是复蒸后的青团易出现塌陷^[2-3]。因此,改善青团黏度以及形成更强的凝胶网络结构,能承受高热加工而不塌陷,是至关重要的^[4]。

支链淀粉加热糊化后,分子中的链较为松散,具有较高的黏度,而直链淀粉由于其为线性结构,使得面团黏性降低^[5]。Sitakali等^[6]发现蒸煮大米的黏性与直链淀粉的含量呈负相关。

直链淀粉因其线性结构在凝胶形成中起着关键作用,使其具有较强的凝胶强度和较高的耐热性,并使其不易塌陷^[7-8]。张志超^[2]发现高直链淀粉含量有助于糯米团形成高强度、高稳定性的凝胶网状结构,可降低其塌陷度和粘着性,增强硬度、回复性和咀嚼性。葛根、红薯中淀粉含量较高,且富含氨基酸、维生素、微量元素、黄酮类物质等^[9],大米粉、小麦粉为常见淀粉原料,多添加到米糕、年糕、面包等面制食品中。熊焰等^[10]研究表明,将葛根粉添加到面条中,使面条柔软爽口不粘牙。祁攀等^[11]研究发

现,大米直链淀粉能改善米发糕的感官品质,使米发糕硬度增加且不塌陷。随着现代加工工艺的进步,寻求不同原料的营养保健成分相结合成为研究的热点^[12]。目前,通过增加富含直链淀粉又含多种保健成分的原料加入到青团产品的研究并不多见。

葛根粉、红薯粉、小麦粉及大米粉等4种原料均含有直链淀粉,在水中糊化后,不稳定,会迅速老化而形成凝胶体^[13],能改善青团的黏性且不易塌陷。本试验通过单因素试验筛选出含有直链淀粉的葛根粉、红薯粉、小麦粉及大米粉在青团中的添加量,考察青团感官与质构指标的相互关系,研究淀粉类原料对青团感官指标和质构性质的影响,再通过二次旋转组合确定新型青团的最佳配方,为改善传统糯米青团的品质及工业化生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

糯米粉(直链淀粉0%、支链淀粉77.7%),泰国初兴米粉厂有限公司;艾草粉,慈溪市岗墩艾草粉有限公司;大米粉(直链淀粉21.6%、支链淀粉52.1%),鄱阳县农泊农业发展有限公司;小麦粉(直链淀粉23.7%、支链淀粉59.9%),河南新乡良润全谷物食

收稿日期:2019-02-20

基金项目:江西省重点研发计划项目(20171BBF60048)

唐溶雪,硕士研究生。研究方向:食品加工与安全。E-mail: 1229655184@qq.com

通信作者:阮征,博士,教授。研究方向:分子营养与功能食品。E-mail: ruanzheng@ncu.edu.cn

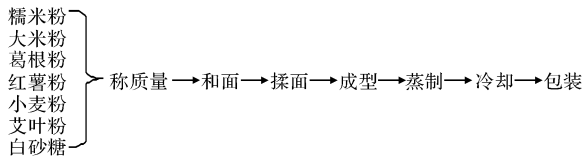
品有限公司;红薯粉(直链淀粉32.1%、支链淀粉43.5%)、葛根粉(直链淀粉18.3%、支链淀粉77.2%),南昌市老友食品厂。

1.2 仪器与设备

电子天平,常熟市天量仪器有限责任公司;三角牌电磁炉、蒸锅,广东省湛江市家用电器工业有限公司;TA.XT plus 物性测试仪,超技仪器有限公司。

1.3 试验方法

1) 青团制作工艺流程。



2) 操作步骤。根据试验设计,称取一定量的糯米粉、葛根粉、红薯粉、小麦粉、大米粉、艾叶粉、白砂糖,将所有原辅材料混合均匀后加入适量水,揉搓成团后,切取40g面团,捏成扁圆形后放入模具中成型,在底部抹适量油,置于蒸锅纱布上,水温达100℃后,将成型后的青团放入蒸锅里蒸12min,关火后,自然冷却。

1.4 青团品质评价方法

1) 感官评价。参考文献[14],本试验将蒸熟后的青团室温放置5min后,进行感官评价,以6人为1组,采用百分制计分方法,对青团的感官指标进行评定。

2) 青团质构分析。参考文献[15-16],每次将青团成品取样后,将样品放置在40℃的恒温干燥箱中,样品待测,选择质构分析参数:黏性、硬度、弹性、咀嚼性。

1.5 试验设计

1) 单因素试验设计。根据前期预试验,以糯米粉为基准(100%)时,分别添加不同比例的大米粉、葛根粉、红薯粉及小麦粉,加水量为所有粉末质量的65%,加糖量为所有粉末质量10%。分别考查大米粉、葛根粉、红薯粉、小麦粉的添加量对青团感官评分及质构指标(黏性、硬度、弹性、咀嚼性)的影响。其中,葛根粉、红薯粉、小麦粉、大米粉的添加量(质量分数)均设5%、10%、20%、30%、40%等5个水平[13]。

2) 二次回归旋转组合设计。以单因素试验结果为依据,分别以大米粉(X_1)、葛根粉(X_2)、红薯粉(X_3)、小麦粉(X_4)的添加量为自变量,利用四元二次通用旋转组合设计优化青团的配方。

1.6 统计分析

采用IBM SPSS Statistics 22.0软件分析单因素结果、Duncan's 进行显著分析和Design-Expert 8.0.6系统对二次旋转正交试验进行统计学分析。

2 结果与分析

2.1 添加不同淀粉类原料对青团感官评分影响

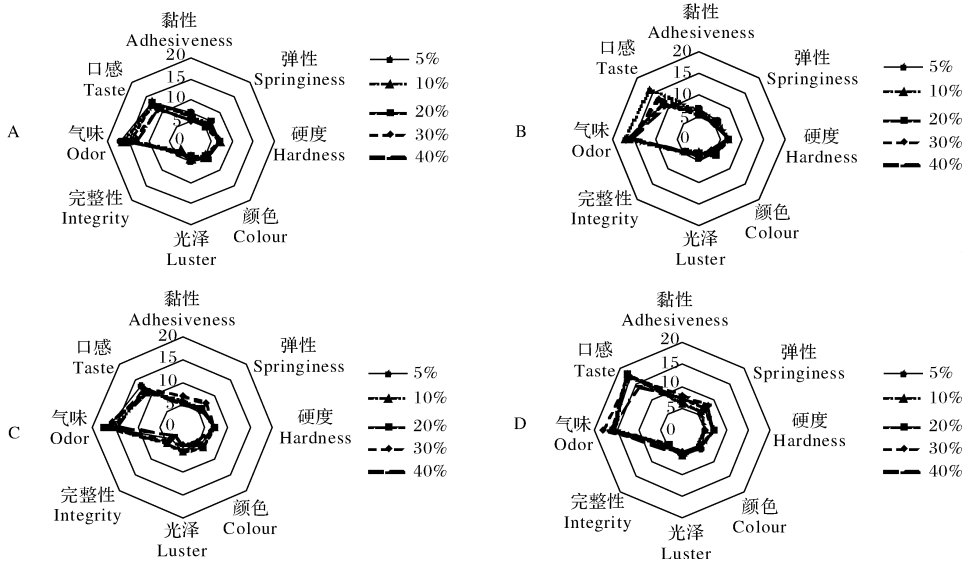
由图1可知,随着葛根粉添加量的增加,青团的总体感官评分逐渐下降,其中气味、口感指标得分明显下降(图1A)。添加5%葛根粉时感官评分最高,可能由于葛根粉的原料粒径较粗,大量添加会导致青团口感粗糙[17-18]。随着红薯粉添加量的增加,青团感官评分呈先上升后下降的趋势,其中添加10%红薯粉时,其感官评分最高(图1B)。评分上升原因可能是随着红薯粉的增加,其特殊风味逐渐凸显[19],评分下降的原因可能是红薯粉直链淀粉含量高,面团形成凝胶网络越致密,导致青团硬度大,感官评分低[20]。随着小麦粉添加量的增加,青团的感官评分变化趋势不大,小麦粉的添加量在20%、30%时青团感官评分最高,软硬适中,适口性刚好(图1C)。随着大米粉添加量的增加,青团的总体感官评分先上升后下降,但其中颜色、光泽、完整性、气味评分相差不大。大米粉的添加量为30%时,其感官评分最高(图1D)。

2.2 添加不同淀粉类原料对青团质构指标的影响

硬度反映青团的软硬程度。研究表明,硬度与直链淀粉含量有关,即直链淀粉含量越高,青团硬度越高。随着淀粉添加量的增加,4种淀粉类原料对青团硬度指标总体呈上升趋势。添加20%、30%大米粉的青团硬度显著高于对应的5%组。随着葛根粉添加量增加,青团硬度指标均显著增加,原因可能一是葛根粉颗粒粒径较大,制作过程颗粒大小不均一,这与Lazaridou等[21]研究结果相似,粒径越大,导致面团硬度越高。二是面团的硬度与粉质吸水率有关[17],葛根粉粉质吸水率大,形成面团时需要更多的水,在加水量相同的条件下,部分葛根粉未能完全与水发生水合作用,导致其硬度高,难以咀嚼;红薯粉添加量为40%时,青团硬度显著高于其他红薯粉添加组;小麦粉的添加量分别为10%、20%、30%、40%时,青团硬度显著高于对应的5%组。对于黏性指标,随着大米粉的添加,青团黏性呈先升后降的趋势;添加30%、40%的大米粉的青团黏性显著低于对应的5%组。添加30%小麦粉的青团的黏

性显著低于其他组。对于弹性指标,当大米粉的添加量超过 10%时,青团的弹性均显著低于对应的 5%组;当葛根粉添加量 5%~10%时,其青团弹性最高;添加 20%、30%、40%红薯粉的青团弹性显著低于对应的 5%、10%组;当小麦粉的添加量在 40%时,青团的弹性值较其他组显著降低。对于咀嚼性指标,大米粉添加量在 30%、40%时,青团的咀嚼性

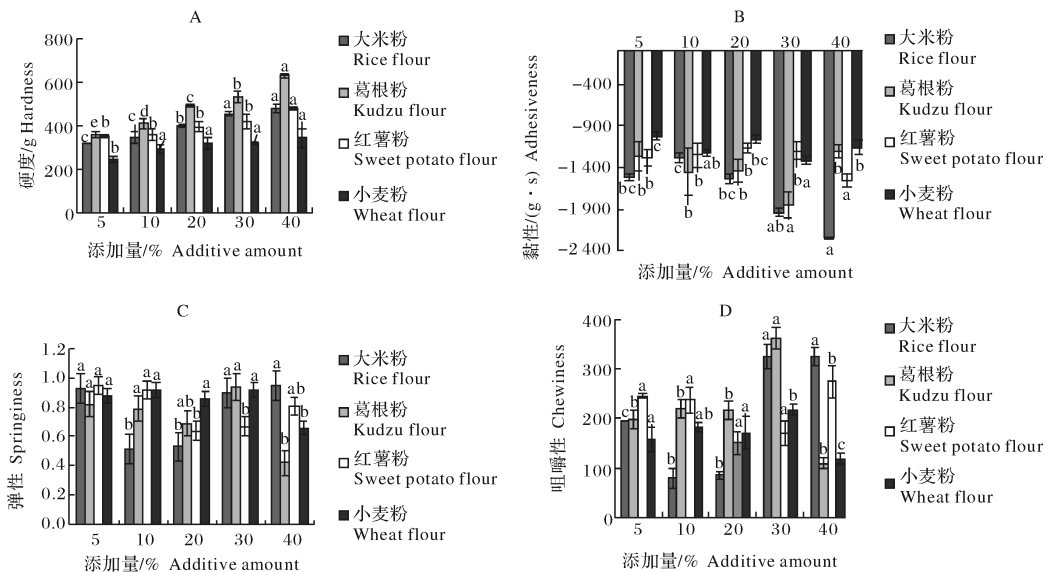
显著升高;葛根粉添加量为 5%~20%时,其咀嚼性均较高;红薯粉添加量为 5%~30%时,其青团各组咀嚼性无显著差异;添加 30%的小麦粉其咀嚼性较对应的 5%和 20%组显著升高。综合以上分析,4 种淀粉类原料的最适添加范围,分别为大米粉 10%~30%、葛根粉 5%~20%、红薯粉 5%~20%、小麦粉 10%~30%。



感官评分结果均为平均值, $n=6$ 。The sensory scores were all average values, $n=6$ 。A: 葛根粉 Kudzu flour; B: 红薯粉 Sweet potato flour; C: 小麦粉 Wheat flour; D: 大米粉 Rice flour.

图 1 青团感官评分的雷达图

Fig.1 The radar map of Qingtuan sensory score



同系列中不同字母表示有显著性差异 ($P < 0.05$), 其中 $n=3$ 。There are significant differences between the different letters in the same series ($P < 0.05$), $n=3$ 。

图 2 不同淀粉类原料对青团质构特性的影响

Fig.2 Effect of different starch materials on Qingtuan texture

2.3 相关性分析

由表 1 知,葛根粉、红薯粉、小麦粉、大米粉的添加量均与青团的硬度呈极显著正相关($P < 0.01$),葛根粉、红薯粉与青团感官评分呈显著负相关($P < 0.05$),说明在青团制作过程中尽量少添加葛根粉、红薯粉,硬度、黏性与感官评分的相关系数为负,弹性、咀嚼性与感官评分的相关系数为正,青团硬度越大,黏性越大,其感官评分可能越低,因此,质构分析的结果与青团感官评价结果存在一致性^[22]。根据相关系数的绝对值大小,质构的 4 个指标对感官评

分的影响大小分别是黏性>硬度>弹性>咀嚼性,黏性和硬度这两个指标在青团的评价方面起着重要作用,在生产过程中应注重选择黏性较低的青团。

由表 2 可知,直链淀粉/总淀粉以及直链淀粉/支链淀粉的比值与硬度均呈显著正相关($P < 0.05$),与黏性均呈显著负相关($P < 0.05$),与卢丹妮^[23]研究结果一致。根据相关系数绝对值的大小,对硬度来说,直链淀粉/总淀粉的比值对硬度的影响力更大;直链淀粉/支链淀粉的比值更能反映青团的黏性指标。

表 1 原料、感官评分与青团品质的相关系数

Table 1 Correlation coefficient between raw material, sensory score and Qingtuan quality

项目 Item	硬度 Hardness	黏性 Adhesiveness	弹性 Springiness	咀嚼性 Chewiness	感官评分 Sensory score
葛根粉 Kudzu flour	0.99**	-0.18	-0.52	0.06	-0.95*
红薯粉 Sweet potato flour	0.96**	-0.50	-0.58	-0.03	-0.91*
小麦粉 Wheat flour	0.94**	-0.50	-0.66	-0.19	-0.30
大米粉 Rice flour	0.99**	-0.82	0.30	0.66	0.72
感官评分 Sensory score	-0.338	-0.413	0.272	0.109	1.000

注:**在 0.01 水平上(双侧)极显著相关;*在 0.05 水平上(双侧)显著相关。Note:** is significantly correlated at the 0.01 level (both sides); * is significantly correlated at the 0.05 level (both sides).

表 2 淀粉特性与青团品质的相关性分析

Table 2 Correlation analysis between starch properties and Qingtuan quality

项目 Item	硬度 Hardness	黏性 Adhesiveness	弹性 Springiness	咀嚼性 Chewiness
直链淀粉/总淀粉 Amylose/total starch	0.503*	-0.459*	-0.184	0.219
直链淀粉/支链淀粉 Amylose/amylopectin	0.498*	-0.468*	-0.171	0.084

2.4 配方优化

根据单因素的分析结果,采用二次旋转组合设计对青团的配方进行优化试验,其中大米粉(X_1)、葛根粉(X_2)、红薯粉(X_3)、小麦粉(X_4)的添加量作为自变量,感官评分(Y)为因变量,因素水平见表 3。

表 3 因素水平表

Table 3 Factor level table

因素 Factor	水平 Level				
	-2	-1	0	1	2
X_1	10	15	20	25	30
X_2	5	10	15	20	25
X_3	5	10	15	20	25
X_4	10	15	20	25	30

注: X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别表示大米粉、葛根粉、红薯粉及小麦粉的添加量。Note: X_1 、 X_2 、 X_3 and X_4 indicate the addition amount of rice flour, kudzu flour, sweet potato flour, and wheat flour respectively.

1) 回归方程的建立与检验。采用回归正交旋转组合试验设计对青团配方进行优化,对表 4 结果进行统计分析,从而得到感官评分(Y)的回归方程为:

$$Y = 71 - 1.06X_1 + 0.3X_2 - 2.10X_3 + 0.38X_4 + 0.28X_1X_2 - 2.77X_1X_3 - 2.27X_1X_4 + 0.67X_2X_3 - 0.75X_2X_4 + 1.62X_3X_4 - 0.28X_{12} - 1.20X_{22} - 0.79X_{32} + 0.11X_{42}$$

对以上回归结果进行方差分析,结果见表 5。

由感官评价的方差分析可知, $F_{\text{回归}} = 13.40194 > F_{0.01}(14, 15) = 2.42$,回归方程的检验达到了极显著相关,表明此回归方程模型是合适的,对回归方程的回归系数进行显著性检验,在 $P = 0.01$ 去除不显著项后,简化后的回归方程为:

$$Y = 71 - 1.06X_1 - 2.10X_3 - 2.77X_1X_3 - 2.27X_1X_4 + 1.62X_3X_4 - 1.20X_{22}$$

青团的感官评分与大米粉、葛根粉、红薯粉、小麦粉的相关系数为 0.926 0,表明该数学模型中 4 个因素对感官评分的影响占 92.60%。

表4 二次正交旋转组合设计及试验结果

Table 4 Quadratic regression rotation combination design and test results

试验编号 Test number	X_1	X_2	X_3	X_4	感官评分(Y) Sensory score
1	-1	-1	1	-1	64.00
2	1	-1	1	-1	62.80
3	0	-2	0	0	65.50
4	0	0	0	-2	71.0
5	-1	1	1	1	74.50
6	-2	0	0	0	70.70
7	-1	1	-1	1	70.00
8	1	1	-1	-1	77.75
9	0	0	0	0	71.00
10	0	0	0	0	71.00
11	0	0	0	0	71.00
12	0	0	0	0	71.00
13	1	-1	1	1	61.30
14	1	1	1	-1	63.50
15	1	-1	-1	-1	73.62
16	-1	-1	-1	1	71.20
17	-1	-1	-1	-1	69.00
18	0	2	0	0	66.30
19	0	0	0	0	71.00
20	0	0	-2	0	73.10
21	1	-1	-1	1	70.50
22	0	0	0	0	71.00
23	1	1	-1	1	67.00
24	-1	-1	1	1	76.75
25	0	0	2	0	62.00
26	1	1	1	1	65.00
27	2	0	0	0	68.50
28	-1	1	1	-1	70.00
29	0	0	0	2	71.30
30	-1	1	-1	-1	67.00

2) 主因子及单因子效应分析。对回归方程采用降维分析, 将其余因子固定在零水平, 依次得到 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 相对应 Y 的回归方程, 大米粉的添加量 $Y_1 = 71 - 1.06X_1 - 0.28X_{12}$, 葛根粉的添加量 $Y_2 = 71 + 0.3X_2 - 1.20X_{22}$, 红薯粉的添加量 $Y_3 = 71 - 2.10X_3 - 0.79X_{32}$, 小麦粉的添加量 $Y_4 = 71 + 0.38X_4 + 0.11X_{42}$, 根据回归系数绝对值的大小可知, 4 个因素对感官评分的影响顺序是红薯粉 (X_3) > 大米粉 (X_1) > 小麦粉 (X_4) > 葛根粉 (X_2)。

3) 验证试验。以感官指标作为优选指标时, 使用 Design-Expert 8.0.6 数据处理软件得出感官评分最高时, 最佳配方为葛根粉 17.1%、红薯粉 5.0%、小麦粉 10.0%、大米粉 30.0%, 计算得出最高感官评分为 95.37。按照此配方, 进行 3 组平行试验, 最终感官评分平均值为 90.5, 差异很小, 说明该模型拟合性较好。

3 讨论

质构指标对青团感官评分的影响大小顺序为: 黏性 > 硬度 > 弹性 > 咀嚼性; 直链淀粉/总淀粉的比值、直链淀粉/支链淀粉的比值可分别作为评价青团硬度 ($r = 0.503$, $P < 0.05$)、黏性 ($r = 0.468$, $P < 0.05$) 的优选指标。潘治利等^[24] 研究表明, 淀粉的凝胶特性对马铃薯粉感官品质的影响为: 黏性 > 硬度 > 回复性 > 弹性; 王展等^[25] 研究表明, 支链淀

表5 感官评分(Y)试验结果方差分析

Table 5 Variance analysis of sensory score (Y) experimental results

变异来源 Variation source	平方和 Square sum	自由度 df	均方 Mean square	F	P
X_1	26.839	1	26.839	11.014	0.004 7
X_2	2.148	1	2.148	0.881	0.362 7
X_3	105.920	1	105.920	43.469	<0.000 1
X_4	3.511	1	3.511	1.441	0.248 6
X_1X_2	1.254	1	1.254	0.515	0.484 1
X_1X_3	122.770	1	122.770	50.380	<0.000 1
X_1X_4	82.446	1	82.446	33.834	<0.000 1
X_2X_3	7.182	1	7.182	2.948	0.106 6
X_2X_4	9.120	1	9.120	3.743	0.072 1
X_3X_4	41.990	1	41.990	17.232	0.000 9
X_{12}	2.087	1	2.087	0.856	0.369 4
X_{22}	39.552	1	39.552	16.231	0.001 1
X_{32}	17.046	1	17.046	6.995	0.018 4
X_{42}	0.342	1	0.342	0.140	0.713 2
回归 Regression	457.210	14	32.658	13.402	<0.000 1
剩余 Remaining	36.552	15	2.437		
失拟 Misfit	36.552	10	3.655		
误差 Error	0.000	5	0.000		
总和 Sum	493.760	29			

粉/直链淀粉的比值与馒头的综合性状有很大的影响,与硬度呈显著负相关,与黏性呈正相关;卢丹妮^[23]研究发现,直链淀粉与支链淀粉的比值与馒头的硬度呈正相关;付苗苗^[26]研究结果表明,直链淀粉与支链淀粉含量的比值与馒头的硬度呈现正相关。以上结果表明硬度、黏性等质构指标均能影响淀粉及淀粉制品感官评分,且黏性指标对感官评分影响更大。淀粉制品的黏性与硬度指标与淀粉中直链淀粉及支链淀粉的含量相关。

根据单因素试验确定大米粉、葛根粉、红薯粉、小麦粉等4种淀粉类原料的添加量分别为10%~30%、5%~20%、5%~20%、10%~30%。葛根粉、红薯粉、小麦粉、大米粉的添加均与硬度的提升呈极显著正相关,葛根粉、红薯粉的添加量与感官评分呈负相关;可能原因是淀粉原料在糊化后易形成凝胶,淀粉类原料添加量越高,其直链淀粉含量也会增加,产生更多的氢键,淀粉分子通过氢键交联聚合使得凝胶强度越大,硬度越高,而葛根粉、红薯粉由于其粒径稍大,导致其硬度增加,难以咀嚼,感官评分降低^[27-30]。Lazaridou等^[21]研究表明粉质粒径越大,面团口感越粗糙,感官评分较低。王展等^[25]研究表明,随着直链淀粉含量的增加,馒头的硬度逐渐上升。Li等^[31]研究发现,米饭中直链淀粉的含量与硬度成正相关。熊焰等^[10]发现,通过添加直链淀粉含量19%以上的糙米时,面包硬度提高、侧面不易崩塌。以上研究均表示直链淀粉含量能促进水分吸收,使其易于糊化,且直链淀粉分子聚合度低,其分子运动阻力降低,有利于凝胶的形成,面团硬度增加,使得面团不易塌陷。本试验研究结果与以上研究结果类似。

本研究通过二次旋转正交试验,发现4种原料对青团感官评分的影响顺序为:红薯粉>大米粉>小麦粉>葛根粉,通过回归方程得到最优配方为:葛根粉17.1%、红薯粉5.0%、小麦粉10.0%、大米粉30.0%。通过反复验证,配方稳定可行,最终获得的新型青团感官评分好,软硬适中,黏性低,不易塌陷。添加含有直链淀粉的不同来源的原料能改善青团的黏度、促进凝胶的形成,使其不易塌陷。今后还需进一步探讨不同淀粉原料中的其他成分对青团感官评分的影响以及直链淀粉和支链淀粉影响青团的黏性、硬度变化的作用机制。

参 考 文 献

[1] 刘亚伟.淀粉生产及其深加工技术[M].北京:中国轻工业出版社

社,2001:211-213.

- [2] 张志超.糯米团凝胶特性的研究[D].郑州:河南工业大学,2016.
- [3] 姚艾东.糯米团糕及其冷冻制品品质研究[D].北京:中国农业大学,2002.
- [4] SHAHSAVANI M L, RAFE A. Rheological characteristics of binary composite gels of wheat flour and high amylose corn starch[J]. *Journal of texture studies*, 2018, 49: 320-327.
- [5] KEERATIPIBUL S, LUANGGSAKUL N, LERTSATCHAYARN T. The effect of Thai glutinous rice cultivars, grain length and cultivating locations on the quality of rice cracker (arare)[J]. *LWT-food science and technology*, 2008(41): 1934-1943.
- [6] SITAKALIN C, MEULLENET J F C. Prediction of cooked rice texture using an extrusion test in combination with partial least squares regression and artificial neural networks[J]. *Cereal chemistry*, 2001, 78(4): 391-394.
- [7] FOO W T, LIONG M T, EASA A M. Textural and structural breakdown properties of selected hydrocolloid gels[J]. *Food research international*, 2013, 52: 401-408.
- [8] MANINGAT C C, SEIB P A. Understanding the physicochemical and functional properties of wheat starch in various foods[J]. *Cereal chemistry*, 2010, 87(4): 305-314.
- [9] 何胜生.红薯葛根复合糊的工艺优化研究[J]. *食品与生物技术学报*, 2016, 35(4): 443-447.
- [10] 熊焰,陈琦辉,陈木兰.葛粉面条及其品质控制研究[J]. *东南园艺*, 2013, 1(5): 10-15.
- [11] 祁攀,鲁静,刘英.大米基本成分与米发糕品质间相关性探讨[J]. *粮食与饲料工业*, 2012(3): 25-29.
- [12] 张灿,孙梦洋,胡凯,等.黑白两种糯米米糠可溶性膳食纤维的特性及对淀粉体外消化吸收的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2017, 36(5): 81-89.
- [13] 丁文平,王月慧,夏文水.理化指标对大米粉胶凝特性的影响[J]. *粮食与饲料工业*, 2005(5): 7-8; 1.
- [14] 欧全文.叶儿粑工业化技术研究[D].成都:西华大学,2013.
- [15] 张立.大米胡萝卜粑加工与保存技术研究[D].长沙:湖南农业大学,2013.
- [16] 王玮琼.青稞年糕工艺参数优化及其贮藏特性研究[D].成都:四川农业大学,2015.
- [17] 谷玉娟,林江涛,窦孟珂,等.面团硬度与面粉品质特性的关系研究[J]. *粮食与油脂*, 2017, 30(3): 65-67.
- [18] 洪文龙,曹森,耿婉.不同淀粉对面团流变学特性的影响[J]. *农产品加工*, 2016(15): 1-4; 7.
- [19] 高雪丽,樊震江,张晖.红薯蛋糕的开发[J]. *农业机械*, 2013(6): 72-75.
- [20] LUO Z G, HE X W, FU X, et al. Effect of microwave radiation on the physicochemical properties of normal maize, waxy maize and amylo maize V starches[J]. *Starch-starke*, 2006, 58: 468-474.
- [21] LAZARIDOU A, MARINOPOULOU A, BILIADERIS C G. Impact of flour particle size and hydrothermal treatment on dough rheology and quality of barley rusks[J]. *Food hydrocol-*

- loids, 2019, 87: 561-569.
- [22] 魏春磊, 杨航, 王月慧, 等. 糯米基本成分与糍粑品质的相关性研究[J]. 食品科技, 2018, 43(7): 158-163.
- [23] 卢丹妮. 不同淀粉对面团特性及馒头品质的影响研究[D]. 无锡: 江南大学, 2018.
- [24] 潘治利, 张焱, 艾志录, 等. 马铃薯淀粉糊化和凝胶特性与马铃薯粉品质的关系[J]. 食品科学, 2017, 38(5): 197-201.
- [25] 王展, 印兆庆. 面粉中淀粉及其组分的含量与馒头品质关系的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2005(3): 13-14.
- [26] 付苗苗. 面粉中淀粉及其组分对馒头质构特性影响的研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(9): 20-23.
- [27] 余树玺, 邢丽君, 木泰华, 等. 4种不同甘薯淀粉成分、物化特性及其粉条品质的相关性研究[J]. 核农学报, 2015, 29(4): 734-742.
- [28] HEO H, BAIL B K, KANG C S, et al. Influence of amylose content on cooking time and textural properties of white salted noodles[J]. Food science and biotechnology, 2012, 21(2): 345-353.
- [29] 丁文平, 王月慧, 丁霄霖. 大米淀粉胶凝和回生机理的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2003(3): 11-13; 16.
- [30] 林顺顺, 庞凌云, 祝美云. 板栗的淀粉复合物与糯性关系综述[J]. 食品科学, 2012, 33(11): 308-311.
- [31] LI H, PRAKASH S, NICHOLSON T M, et al. The importance of amylose and amylopectin fine structure for textural properties of cooked rice grains [J]. Food chemistry, 2016, 196: 702-711.

Effects of starch raw materials on the qualities of Qingtuan

TANG Rongxue SONG Luqing LI Ming RUAN Zheng

State Key Laboratory of Food Science and Technology/

College of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China

Abstract Qingtuan is a traditional glutinous rice product with problems of high viscosity and easy collapse. The effects of adding four kinds of starch materials including pueraria, sweet potato, wheat and rice on the sensory index and texture characteristics of Qingtuan were investigated. The Pearson method was used to analyze the correlation between starch raw materials, texture indicators and the sensory sense of Qingtuan. Then the second rotation orthogonal combination method was used to obtain the best formula of Qingtuan. The results showed that effect of texture characteristics on the sensory score of Qingtuan was in the order of adhesiveness > hardness > springiness > chewiness. The four kinds of starch materials were significantly and positively correlated with the hardness index ($P < 0.01$). The ratio of amylose/total starch and amylose/amylopectin could be used as a preferred index for evaluating Qingtuan hardness ($r = 0.503, P < 0.05$) and adhesiveness ($r = -0.468, P < 0.05$). The best formula of Qingtuan with the highest sensory score was 17.1% pueraria flour, 5.0% sweet potato flour, 10.0% wheat flour, and 30.0% rice flour. Adding amylose-rich raw materials based on glutinous rice flour improved the sensory quality of Qingtuan. It will provide further reference for developing Qingtuan.

Keywords Qingtuan; starch; gel property; sensory evaluation; texture index; glutinous rice products

(责任编辑: 陆文昌)