

# 杂粮—小麦混合粉流变学特性及 杂粮馒头品质与体外消化速度研究

柴松敏, 杨业栋

(河南兴泰科技实业有限公司, 河南 郑州 450001)

**摘要:**分析了不同杂粮添加量和杂粮与小麦粉混合而成的杂粮—小麦混合粉粉质指标和RVA糊化特性,对混合粉制成的馒头进行了品质评价和体外消化研究。结果表明,小麦粉中添加20%的杂粮粉对面团流变学特性的不利影响较小,制作的馒头评分值较高,并能降低馒头的体外消化速度和最终的消化率。

**关键词:**杂粮—小麦混合粉;粉质指标;糊化特性;馒头;体外消化

**中图分类号:**TS 210.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2016)04-0023-04

## Research on rheological properties of coarse cereals – wheat mixed flour and quality and in vitro digestion of the steamed bread

CHAI Song – min , YANG Ye – dong

(Henan Xingtai S&T Co. ,LTD, Zhengzhou Henan 450001)

**Abstract:**The farinograph indexes and RVA pasting properties of coarse cereals – wheat mixed flour with different proportion were analyzed. The quality evaluation and in vitro digestion of the steamed bread prepared from the mixed flour was researched. Results showed that after adding 20% coarse cereals flour, the effect on dough rheological properties was not obvious, the steamed bread can get a good score, and its in vitro digestion rate and the final digestibility can be reduced.

**Key words:**coarse cereals – wheat mixed flour; farinograph index; pasting property; steamed bread; in vitro digestion

近30年来,我国居民生活实现了由温饱到小康的跨越,饮食结构也发生了重大变化。与饮食结构转变相伴的是糖、脂、酸“三大代谢紊乱症”的出现,慢性疾病增多,公共健康问题突出,其中糖尿病最为严重。国家卫生计生委发布的《中国居民营养与慢性病状况报告(2015)》指出我国糖尿病和糖尿病前期的患病率分别为9.7%和16.2%,确诊患病人数在1.5亿人以上,另有2.5亿糖代谢异常者。

我国大部分居民以米制品和面制品为主食,研究认为,当前糖尿病发病率高与米面加工精度高,维生素、矿物质流失多,膳食纤维含量低,碳水化合物含量过高有关。杂粮中富含多种营养成分,因而杂粮的加工应用成为当前研究的热点<sup>[1-5]</sup>。但应该看到杂粮有一个共同点,就是不含面筋蛋白,无法直接

制作成类似于馒头、面条的主食,因而极大影响了杂粮的应用。要进一步推广杂粮应用,就要开发出能够满足消费者饮食习惯的杂粮食品。我国是面制主食的生产和消费大国,资料统计我国每年小麦产量为0.9~1.1亿t,居世界第一位,馒头、面条等传统面制主食消耗占小麦粉总产量的75%,其中馒头作为深受我国居民喜欢的主食品种,占据小麦粉消费总量的30%以上<sup>[6-7]</sup>。要通过增加杂粮摄入量改善我国居民的健康状况,杂粮与传统主食结合必不可少。

研究表明人体血糖水平在很大程度上与食物中碳水化合物的消化速度相关,而体外消化速度实验可以有效地反映样品中碳水化合物的消化速度,并在某种程度上预测血糖指数<sup>[8-10]</sup>。本研究将玉米粉、荞麦粉、绿豆粉、黄豆粉等常见杂粮粉加入小麦粉中制作成特色馒头,通过研究小麦粉与不同杂粮粉混合的面团粉质特性研究混合粉的加工性能,通

收稿日期:2016-04-10

作者简介:柴松敏,1977年生,男,工程师。

通讯作者:通讯作者:杨业栋,1970年生,男,工程师。

过 RVA 分析混合粉的糊化性能,通过馒头成品评价研究人们对杂粮添加比例的接受程度,通过体外模拟消化法研究添加杂粮对杂粮馒头消化率的影响。旨在探索杂粮的主食化可行性,为改善我国居民特别是糖尿病人的健康饮食提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

金苑馒头粉:郑州金苑面粉厂;低糖鲜酵母:安琪酵母股份有限公司;玉米粉、荞麦粉、黄豆粉、绿豆粉:市售。

### 1.2 主要试剂

胰酶、淀粉葡萄糖苷酶、转化酶:Sigma 公司;无水乙醇:分析纯,洛阳市化学试剂厂;3,5-二硝基水杨酸试剂:分析纯,开封开化总厂。

### 1.3 仪器设备

AY220 型电子分析天平:日本岛津公司;SM-101 型搅拌机、SM-307 型压片机:新麦机械(无锡)有限公司;SP-18S 型醒发箱:珠海三麦机械有限公司;游标卡尺:上海三圈工具;馒头体积测定仪、蒸箱:河南兴泰科技实业有限公司;SHA-C 型水浴恒温振荡器:江苏省金坛市医疗仪器厂;TDL-40B 离心机:上海安亭科学仪器厂;722N 型紫外可见分光光度计:上海精密科学仪器有限公司;870200-

BRABENDER 粉质仪:美最时富乐斯多公司;RVA-Ezi 快速粘度测定仪:澳大利亚 Newport Scientific Pty Ltd.。

### 1.4 试验方法

#### 1.4.1 粉质指标测定

按照 GB/T 14614—2006《小麦粉 面团的物理特性 吸水量和流变学特性的测定 粉质仪法》的规定分别测定金苑馒头粉、金苑馒头粉 90% + 玉米粉 10%、金苑馒头粉 80% + 玉米粉 20%、金苑馒头粉 70% + 玉米粉 30%、金苑馒头粉 80% + 荞麦粉 20%、金苑馒头粉 80% + 绿豆粉 20%、金苑馒头粉 80% + 黄豆粉 20% 的粉质指标。

#### 1.4.2 糊化特性测定

按照国际谷物科学与技术协会的方法(ICC Standard No. 162)和美国谷物化学家协会的方法(AACC66—21)进行测定。分别测定金苑馒头粉、金苑馒头粉 80% + 玉米粉 20%、金苑馒头粉 80% + 荞麦粉 20%、金苑馒头粉 80% + 绿豆粉 20%、金苑馒头粉 80% + 黄豆粉 20% 五种粉的糊化特性。

#### 1.4.3 混合粉馒头的制作及评价

参照 LS/T 3204—1993《馒头用小麦粉》附录 A 的方法制作馒头,并据此测量、计算馒头比容、高径比;参照其评价方法制定表 1 的评价标准。

表 1 馒头评价标准

评价指标	分值	评价标准
比容	10 分	北方馒头 $\geq 2.5$ 满分;降 0.1 扣 1 分
高径比	10 分	$\geq 0.7$ 满分;降 0.1 扣 1 分
表皮色泽	10 分	均匀自然 8~10 分;中等 5~7 分;颜色不正 1~4 分
表皮光泽	10 分	光亮 8~10 分;光但亮度差 5~7 分;灰暗 3~5 分;更差 0~3 分
表皮状态	10 分	起斑扣 1~2 分;起泡扣 1~2 分;收缩扣 2~4 分
内部结构	5 分	气孔细小,均匀 4~5 分;气孔均匀但粗大 3 分;气孔粗糙不均匀 1~2 分
松软度	10 分	松软度好 8~10 分;较松软 5~7 分;硬,松软度差 3~5 分
口感	15 分	爽口、有咬劲、不粘牙 12~15 分;不粘牙、咬劲差 8~11 分;无咬劲、粘牙、粗糙 3~7 分
风味	10 分	有杂粮香味或发酵香味 8~10 分;香味较小,但无异味 5~7 分;有异味 1~4 分
滋味	10 分	后味香甜 8~10 分;后味稍有甜味 5~7 分;后味发酸 1~4 分

#### 1.4.4 体外模拟消化馒头样品制作及前处理

按照国标 GB5009.3 测定样品含水量,计算干物质含量。样品称量,根据不同样品的干物质含量而定,使每份样品的干物质含量保持在 700~900 mg。

#### 1.4.5 消化酶液制备

将 1.800 g 胰酶溶于 30.0 mL 水中,0.320 g 转化酶溶于 4.00 mL 水中,50  $\mu$ g 淀粉葡萄糖苷酶溶于 3.95 mL 水中,分别振荡后离心(3 000 r/min、10 min),然后取上清液 27.0 mL,胰酶、1.80 mL 转化酶和 3.00 mL 淀粉葡萄糖苷酶,将这 3 种

酶混合备用。

#### 1.4.6 体外模拟消化

##### 1.4.6.1 样品的酶消化

在 150 mL 锥形瓶内加入 10.00 g 样品、30.0 mL 浓度为 1 mg/mL 的瓜尔豆胶磷酸缓冲液以及 10 mL 酶液,加 5 个玻璃珠,37  $^{\circ}$ C 水浴回旋振动;于加入酶液的 0、2、5、10、30、60、120、180 min 取样,取样量为 0.20 mL,加入 4.00 mL 无水乙醇,3 000 r/min 离心 25 min,取上清液。用 3.00 mL 水洗涤沉淀,3 000 r/min 离心 10 min,取上清,与

第一次上清液合并,震荡混匀。取 2.00 mL 清液,加入 1.50 mL 3,5-二硝基水杨酸试剂,沸水浴反应 7 min,冷却 3 min,用水补至 25.0 mL,测定 520 nm 吸光值,计算水解所得还原糖浓度。每组样品至少重复 3 次。

1.4.6.2 样品消化指标的计算

碳水化合物水解率/% = (水解碳水化合物量/总碳水化合物量) × 100

1.5 数据处理

实验结果以两次以上实验的平均值 ± 标准偏差表示,应用 Excel 图表分析。

2 结果与分析

2.1 杂粮—小麦混合粉粉质特性

通过表 2 可以得出,小麦粉中添加一定量的玉米粉,会降低吸水率,对面团的形成时间、稳定时间和弱化度产生影响。添加 10% 和 20% 玉米粉时粉质图形和面团状态具备普通小麦粉面团的特征。当玉米粉添加量达到 30% 时,混合粉的加水量大幅降低,面团的形成时间大幅增加,此时面团的加工性能已经不能满足发酵食品的要求。按照粉质指标的标准测试方法,玉米粉添加量达到 30% 时加水量只有 55.3,面团稠度大,搅拌剪切不易变稀,弱化度反而较小。20% 玉米添加量的面团还保持小麦粉面团的粉质特点,添加量适中,因而本实验选择 20% 作为合适的杂粮添加比例,进一步研究不同品种杂粮混合粉的特点。

表 2 玉米—小麦混合粉的粉质特性

玉米粉添加量/%	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/FU
0	61.8 ± 0.4	3.7 ± 0.2	5.4 ± 0.1	110 ± 5
10	60.6 ± 0.5	1.7 ± 0.2	1.6 ± 0.1	160 ± 5
20	59.4 ± 0.3	1.7 ± 0.2	2.3 ± 0.2	160 ± 10
30	55.3 ± 0.5	5.1 ± 0.3	5.2 ± 0.4	90 ± 8

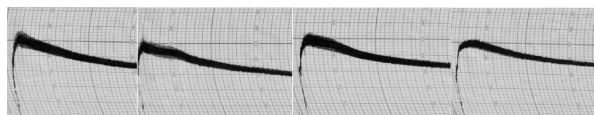


图 1 不同杂粮—小麦混合粉的粉质图

注:从左到右依次为金苑馒头粉 80% + 玉米粉 20%、金苑馒头粉 80% + 荞麦粉 20%、金苑馒头粉 80% + 绿豆粉 20%、金苑馒头粉 80% + 黄豆粉 20%。

图 1 和表 3 表明,不同种类的杂粮对混合面团的粉质特性影响有较大差别,其中黄豆粉显著区别于其他杂粮品种。对比其他品种,黄豆—小麦混合粉的主要区别在于其粉质图形明显变窄,说明面团

面筋网络弹性变差,筋力变弱,可能会影响到发酵面团的持气性能和终产品的体积。

表 3 杂粮—小麦混合粉的粉质特性

样品	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/FU
混合粉(玉米粉 20%)	59.4 ± 0.5	1.7 ± 0.2	2.3 ± 0.3	160 ± 10
混合粉(荞麦粉 20%)	63.1 ± 0.4	1.5 ± 0.1	2.9 ± 0.2	160 ± 7
混合粉(绿豆粉 20%)	62.2 ± 0.3	2.0 ± 0.1	3.6 ± 0.3	145 ± 6
混合粉(黄豆粉 20%)	63.3 ± 0.5	2.7 ± 0.2	3.5 ± 0.4	105 ± 9

2.2 杂粮—小麦混合粉糊化特性

从图 2 和表 4 可以看出,不同杂粮—小麦混合粉糊化特性存在较大差异。添加黄豆粉的混合粉糊化特性主要表现为峰值粘度、最低粘度、最终粘度大幅降低,糊化温度升高,可能与黄豆粉中油脂、蛋白质含量高、碳水化合物含量低有关,这种变化不利于馒头蒸制时通过淀粉糊化增大馒头体积。另外,添加荞麦粉的混合粉糊化曲线也有突出特点,荞麦粉整体提升了粘度指标,最终粘度高也表明面团具有较高的凝胶强度。

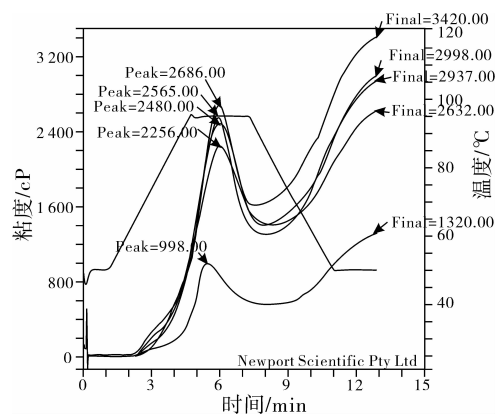


图 2 杂粮—小麦混合粉 RVA 糊化特性曲线

注:自上而下(最终粘度)依次为金苑馒头粉 80% + 荞麦粉 20%、金苑馒头粉 80% + 玉米粉 20%、金苑馒头粉、金苑馒头粉 80% + 绿豆粉 20%、金苑馒头粉 80% + 黄豆粉 20%。

表 4 杂粮—小麦混合粉 RVA 糊化特性指标

样品	峰值粘度/cp	最低粘度/cp	衰减度/cp	最终粘度/cp	回生值/cp	峰值时糊化时间/min	糊化温度/°C
金苑馒头粉 80% + 玉米粉 20%	2 565	1 319	1 246	2 998	1 679	5.9	71
金苑馒头粉 80% + 黄豆粉 20%	998	567	431	1 320	753	5.4	88
金苑馒头粉 80% + 绿豆粉 20%	2 256	1 410	846	2 632	1 222	6.0	74
金苑馒头粉 80% + 荞麦粉 20%	2 686	1 614	1 072	3 420	1 806	6.0	67
金苑馒头粉 100%	2 480	1 405	1 075	2 937	1 532	6.0	67

2.3 添加杂粮粉对馒头品质的影响

添加不同的杂粮粉都会对馒头的比容产生不利影响,添加黄豆粉对馒头比容的影响尤为突出,这可能与黄豆中油脂含量高有关。添加杂粮粉会赋予馒头杂粮特有的色泽和口感滋味,从表5可以看出,添加玉米粉使馒头在色泽和风味等方面的得分有所提高。总体而言,添加20%的谷物杂粮粉可以制作出品质中等的馒头。

表5 杂粮—小麦混合粉馒头评分表

评价 指标	金苑 馒头粉	金苑馒头粉 80% + 玉 米粉 20%	金苑馒头粉 80% + 荞 麦粉 20%	金苑馒头粉 80% + 绿 豆粉 20%	金苑馒头粉 80% + 黄 豆粉 20%
比容	10	9	9	9	7
高径比	9	9	9	9	9
表皮色泽	8	9	7	7	7
表皮光泽	9	8	8	8	8
表皮状态	8	9	8	8	7
内部结构	4	3	3	3	4
松软度	9	8	8	8	6
口感	13	12	12	12	10
风味	8	9	7	8	8
滋味	8	9	7	7	7
总分	86	85	78	79	73

2.4 添加杂粮粉对馒头体外消化率的影响

从图3的结果中可以看出,杂粮的添加会对馒头的体外消化率产生较大影响。主要体现在相对于小麦粉馒头,添加杂粮的混合粉馒头在前一个小时的消化率较低,最终消化率也低于小麦粉馒头,说明添加杂粮粉有利于降低馒头的水解速率,一定程度上起到平稳餐后血糖的作用。同时也应看到,不同的杂粮对消化率的影响也存在加大差异。结合表5、图3的结果,可以推测碳水化合物含量低,膳食纤维含量高的杂粮对降低消化率更为有利。

表6 所用原料主要成分及能量一览表<sup>[11]</sup>

品种	能量/ (kJ/100 g)	蛋白质/ (g/100 g)	脂肪/ (g/100 g)	碳水化合物/ (g/100 g)	膳食纤维/ (g/100 g)
小麦粉	1439	11.2	1.5	71.5	2.1
玉米粉	1427	8.1	3.3	69.6	5.6
荞麦粉	1356	9.3	2.3	66.5	6.5
黄豆粉	1749	32.7	18.3	30.3	7.0
绿豆粉	1381	20.8	0.7	60.0	5.8

结合图2和图3可以看到,荞麦—小麦混合粉与黄豆—小麦混合粉的糊化曲线存在较大差异,但二者体外消化速率相近,可能和杂粮自身组分的结合方式

有关。不同杂粮对糊化特性影响不同,不仅仅与碳水化合物含量有关,还可能与淀粉的结构、以及与蛋白质等其他组分的结合形式有关,还需进一步研究。

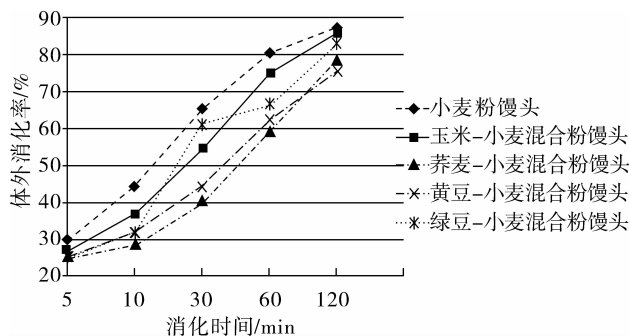


图3 不同杂粮品种对杂粮—小麦混合粉馒头碳水化合物体外消化率的影响

3 结论

添加20%以下杂粮含量的杂粮—小麦混合粉对馒头加工过程的不利影响较小,其粉质特性符合制作馒头的要求,糊化性能也与小麦粉差异不大,制作的馒头品质在可接受范围内,馒头也一定程度上具有了杂粮的特点,可以取得较好的评分。

添加杂粮会降低馒头的体外消化速率和最终的消化比例,有利于平稳人体餐后血糖波动,其中添加荞麦粉、黄豆粉对降低馒头的消化速度更为有效。

参考文献:

[1] 彭芸,陈洁,吕莹果,等. 苦荞粉添加量对面团性质及馒头品质的影响[J]. 粮油食品科技,2015,23(1): 47-50.  
 [2] 凌家煜,姜薇莉. 用快速粘度分析仪评价专用小麦粉的质量[J]. 粮油食品科技,2002,10(1): 30-32.  
 [3] 周显青,张玉荣. 影响馒头面团发酵性能的因素研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2006,27(3):21-25.  
 [4] 汪丽萍,田小红,刘明,等. 苦荞超微粉对苦荞小麦混合粉及其挂面品质的影响[J]. 粮油食品科技,2015,23(1): 1-4.  
 [5] 李园园,章绍兵,牛巧娟,等. 燕麦-小麦混合粉面团的制备与品质改良研究[J]. 粮油食品科技,2015,23(6): 7-11.  
 [6] 刘长虹. 馒头生产技术[M]. 北京: 化学工业出版社,2012:7.  
 [7] 柴松敏. 论推进主食馒头工业化之途径[J]. 粮食与食品工业,2007,14(6):5-10.  
 [8] 刘芳,范志红,刘波,等. 红小豆-粳米混合食物的碳水化合物体外消化速度研究[J]. 中国粮油学报,2007,2: 42-46.  
 [9] 曾悦,刘芳,刘波,等. 一种淀粉类食品消化速度体外测定法的探讨及应用[J]. 食品与发酵工业,2005,31(5):114-117.  
 [10] 杨月欣. 食物血糖生成指数[M]. 北京: 北京大学医学出版社,2013.  
 [11] 杨月欣,王光亚,潘兴昌,等. 中国食品成分表[M]. 北京: 北京大学医学出版社,2009.