

University of Texas Rio Grande Valley

**ScholarWorks @ UTRGV**

---

School of Earth, Environmental, and Marine  
Sciences Faculty Publications and  
Presentations

College of Sciences

---

2017

## **Effect of Different Debranning Degrees on the Qualities of Whole Wheat Flour and Chinese Steamed Bread**

Jikai Zhao

Fengcheng Wang

Wenjun Fu

Mengjie Wang

Follow this and additional works at: [https://scholarworks.utrgv.edu/eems\\_fac](https://scholarworks.utrgv.edu/eems_fac)



Part of the [Earth Sciences Commons](#), [Environmental Sciences Commons](#), and the [Food Science Commons](#)

---

# 轻碾脱皮对全麦粉及其馒头品质的影响

赵吉凯, 王凤成\*, 付文军, 王梦杰

(河南工业大学粮油食品学院, 河南 郑州 450001)

**摘要:**以强筋、中强筋、中筋小麦为原料,采用干法轻碾脱皮,研究了不同轻碾脱皮比例对小麦籽粒、全麦粉及其馒头品质的影响。结果表明:随着轻碾脱皮比例的增加,小麦籽粒的灰分含量、硬度指数、千粒质量分别降低了0.17%、1.0~1.5、1.74~1.82 g,容重增加了22.0~23.4 g/L;全麦粉的灰分和损伤淀粉含量分别降低了0.12%~0.14%、1.0~2.1 UCDC;不溶性膳食纤维、总膳食纤维含量分别降低了0.38%~0.49%、0.13%~0.17%,而可溶性膳食纤维含量增加了0.22%~0.33%;全麦粉的糊化指标呈上升趋势,稳定时间延长了0.3~0.7 min,而弱化度降低了9~25 FU;全麦粉馒头的硬度、胶着性、咀嚼度分别降低了732~1 114 g、335~549、147~346,而弹性和回复性分别增加了0.030~0.031、0.049~0.066,另外亮度 $L^*$ 值及感官评价总分增加,从而表明轻碾脱皮处理能有效改善全麦粉的流变学特性及其馒头品质。

**关键词:**轻碾脱皮;全麦粉;膳食纤维;全麦粉馒头

Effect of Different Debranning Degrees on the Qualities of Whole Wheat Flour and Chinese Steamed Bread

ZHAO Jikai, WANG Fengcheng\*, FU Wenjun, WANG Mengjie

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

**Abstract:** Strong gluten, middle-strong gluten and middle gluten wheat were used as raw materials to obtain whole wheat flour by dry debranning process, and the effect of different debranning degrees on the quality of wheat kernel, whole wheat flour and Chinese steamed bread was evaluated. The results showed that the ash content, hardness index and thousand kernel weight of wheat kernels were decreased with increasing debranning degree by 0.17%, 1.0–1.5 and 1.74–1.82 g, respectively, whereas the volume weight was increased by 22.0–23.4 g/L. The contents of ash and damaged starch in whole wheat flour were decreased by 0.12%–0.14% and 1.0–2.1 UCDC, respectively; insoluble dietary fiber and total dietary fiber were decreased by 0.38%–0.49% and 0.13%–0.17%, respectively, while soluble dietary fiber was increased by 0.22%–0.33% with increasing debranning degree. Besides, the pasting properties of whole wheat flour were increased with increasing debranning degree, the stability time was prolonged by 0.3–0.7 min, and the degree of softening was decreased by 9–25 FU. The hardness, gumminess and chewiness of steamed bread were decreased by 732–1 114 g, 335–549, and 147–346 respectively, and the springiness and resilience were increased by 0.030–0.031, and 0.049–0.066, respectively. At the same time, the overall sensory score and  $L^*$  value of steamed bread were increased, indicating that debranning treatment can significantly improve the rheological properties of whole wheat flour, and efficiently improve the quality of steamed bread.

**Key words:** debranning; whole wheat flour; dietary fiber; steamed bread made from whole wheat flour

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201721025

中图分类号: TS211.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2017)21-0158-07

引文格式:

赵吉凯, 王凤成, 付文军, 等. 轻碾脱皮对全麦粉及其馒头品质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(21): 158-164.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201721025. <http://www.spkx.net.cn>

ZHAO Jikai, WANG Fengcheng, FU Wenjun, et al. Effect of different debranning degrees on the qualities of whole wheat flour and Chinese steamed bread[J]. Food Science, 2017, 38(21): 158-164. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201721025. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-09-10

作者简介: 赵吉凯(1991—), 男, 硕士, 研究方向为粮食深加工。E-mail: 910491287@qq.com

\*通信作者: 王凤成(1963—), 男, 教授, 博士, 研究方向为粮食深加工。E-mail: wangxiaoling74@163.com

目前,消费者对全谷物食品的营养功能<sup>[1-3]</sup>已逐渐开始了解。据国际谷物协会公布的数据显示,全球获准使用全谷物食品标签的产品总数已超过8 600种,其中以烘焙食品、早餐麦片和休闲食品居多,而全麦粉馒头、面条等蒸煮类食品较少<sup>[4]</sup>。人们对产品品质和品种的需求不断增加,使全麦粉的使用范围不断扩大,而不同的产品对其原料要求不同,因此全麦粉的优劣直接影响到产品的品质。

全麦粉品质优劣除了受原料品质的影响外,主要是受到加工技术的影响。全麦粉口感差<sup>[5]</sup>、储藏稳定性低<sup>[6]</sup>、卫生安全等问题亟待解决。目前国内外已有一些将脱皮技术应用到小麦制粉的研究中:陈志成等<sup>[7]</sup>研究发现小麦脱皮程度越高,其硬度就越小,产生的麦渣、麦芯比例呈上升趋势;李林轩<sup>[8]</sup>、邹恩坤<sup>[9]</sup>、石琴琴<sup>[10]</sup>和罗斐斐<sup>[11]</sup>等研究发现剥皮制粉在简化工艺、提高生产力及出粉率的同时,可以有效减少农药、重金属残留,并强化面粉的营养;Bottega等<sup>[12]</sup>研究发现随着脱皮率的增加,面粉中的矿物质成分会减少,但面粉品质与传统制粉方式并无差异,且可以有效降低面粉中的微生物含量;Aureli等<sup>[13]</sup>研究发现脱皮可以有效地减少小麦籽粒及副产品麸皮中的T-2和HT-2(三线镰刀菌产生的单端孢霉烯族化合物)毒素含量;邹恩坤等<sup>[14]</sup>研究发现脱皮对面粉的灰分和白度影响显著,不同的脱皮率对矿物质含量的影响显著;Lin Qin等<sup>[15]</sup>研究发现随着脱皮率的增加,面粉的出粉率提高,产生的损伤淀粉含量适合制作中国馒头,而且脱皮能够改善面粉及面制品馒头的品质。然而现如今对轻碾脱皮制备全麦粉及其对面制品品质影响的研究还鲜有报道。

本实验采用干法轻碾脱皮,研究了不同脱皮比例处理后小麦籽粒的理化品质差异;以脱皮后的小麦为原料,制备成全麦粉及其面制品馒头,研究了不同轻碾脱皮比例对全麦粉基本理化品质、膳食纤维含量、糊化特性、粉质特性及其馒头色度、质构等影响,以期能提高全麦粉及其馒头的品质,为轻碾脱皮处理应用于全麦粉工业化生产提供参考。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

强筋小麦在河南省平顶山鲁山县当地购买;中强筋小麦 一加一天然面粉有限公司;中筋小麦 思丰粉业有限公司。

碘化钾、硫酸铜、酚酞、邻苯二甲酸氢钾、无水乙醇天津市科密欧化学试剂有限公司;硼酸、氢氧化钾盐酸、氢氧化钠、苯、硫代硫酸钠 洛阳市化学试剂厂。

### 1.2 仪器与设备

电热鼓风干燥箱 上海树立仪器仪表有限公司;

MLU-202型实验磨粉机 瑞士布勒公司;粉筛、小麦硬度指数测定仪 无锡锡粮机械制造有限公司;TBJS-40×170YM燕麦碾刷剥皮除菌机、QGWFJ-30水冷粗粮全谷物微粉机(出料口配备吸风装置) 鲁山县万通机械制造有限公司;面筋仪 瑞典Perten仪器公司;电子粉质仪、电子拉伸仪 德国布拉班德公司;SDmatic破损淀粉仪 法国肖邦公司;RVA-TecMaster快速黏度测试仪 波通澳大利亚有限公司;Kjeltec8400自动定氮仪 丹麦FOSS公司;MICGIA型测色仪 日本佐竹公司;JWXL物性测试仪 北京东孚久恒仪器有限公司;和面机、醒发箱 北京孚德技术发展中心。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 小麦籽粒品质特性测定

容重:参照GB/T 5498—2013《粮油检测 容重测定》<sup>[16]</sup>;水分含量的测定:参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》<sup>[17]</sup>;灰分含量的测定:参照GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》,以干基计<sup>[18]</sup>;千粒质量的测定:参照GB/T 5519—2008《谷物与豆类 千粒重的测定》<sup>[19]</sup>;小麦籽粒硬度测定:参照GB/T 21304—2007《小麦硬度测定 硬度指数法》<sup>[20]</sup>。

#### 1.3.2 面粉的制备方法

采用MLU-202型实验磨粉机,润麦水分的质量分数为15%,出粉率控制在70%左右,制成面粉,作为对照组(CK)。

#### 1.3.3 全麦粉制备

##### 1.3.3.1 全麦粉制备流程

小麦→清理→轻碾脱皮→微粉碎→全麦粉

##### 1.3.3.2 不同轻碾脱皮比例全麦粉的制备

采用干法轻碾脱皮,将清理后的小麦样品倒入喂料槽,设置燕麦碾刷剥皮除菌机参数(功率15 kW、32.8~33.0 Hz、400 r/min、压力阀调至78.5 mm),控制进料口均匀喂料,在出料口收集轻碾脱皮0.7%的小麦;重复以上操作,将压力阀调整至55 mm,得到轻碾脱皮1.4%的小麦。随后将轻碾脱皮(0.0%、0.7%、1.4%)的小麦倒至水冷粗粮全谷物微粉机,配置80目的筛网,得到不同轻碾脱皮程度的全麦粉。

#### 1.3.4 面粉及全麦粉理化品质测定

白度测定:参照GB/T 22427.6—2008《淀粉白度测定》<sup>[21]</sup>;湿面筋含量测定:参照GB/T 5506.1—2008《小麦和小麦粉 面筋含量 第1部分:手洗法测定湿面筋》<sup>[22]</sup>;破损淀粉测定:参照肖邦破损淀粉仪的操作流程;粗蛋白含量测定:参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》<sup>[23]</sup>。糊化特性测定:参照GB/T 24853—2010《小麦、黑麦及其粉类和淀粉糊化特性测定快速粘度仪法》<sup>[24]</sup>;粉质特性测定:参照GB/T 14614—2006《小麦粉 面团的物理特性 吸水性和流变学特性

的测定 粉质仪法》<sup>[25]</sup>；总膳食纤维含量测定：参照GB/T 5009.88—2014《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》<sup>[26]</sup>。

### 1.3.5 馒头制作及其品质测定

#### 1.3.5.1 馒头制作方法

普通面粉馒头的制作方法：参照GB/T 20571—2006《小麦储存品质判定规则》<sup>[27]</sup>中馒头的制备方法并略作改进，醒发条件：于38℃、相对湿度80%~85%的醒发箱中醒发30 min。全麦粉馒头的制作方法：采用一次发酵工艺，参考周素梅等<sup>[28]</sup>的馒头制作方法并略作改进，醒发条件：于38℃、相对湿度80%~85%的醒发箱中醒发45 min。

#### 1.3.5.2 馒头品质测定

馒头色度测定：用面包刀将馒头竖向切成20 mm厚的均匀薄片，利用MICGIA型便携测色仪测定馒头外表皮和内部的亮度 $L^*$ 、红绿度 $a^*$ 、黄蓝度 $b^*$ 值。馒头质构测定：参照毛根武等<sup>[29]</sup>的方法，压缩程度设置为30%；馒头的感官评价：参照GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》<sup>[30]</sup>。

### 1.4 数据统计分析

测定和分析结果采用SPSS V20.0、Origin 8.5和Excel 2010软件进行数据处理，部分结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示，指标内部的平均值比较采用单因素方差分析，多重比较采用Turkey法，95%置信度（ $P < 0.05$ ）。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同轻碾脱皮处理对小麦籽粒品质特性的影响

表1 不同轻碾脱皮处理对小麦籽粒的基本品质影响

Table 1 Effect of different debranning degrees on physicochemical parameters of wheat kernels

小麦品种	轻碾脱皮比例/%	水分含量/%	灰分含量/%	硬度指数	千粒质量/g	容重/(g/L)
强筋小麦	0.0	12.88±0.05 <sup>d</sup>	1.65±0.03 <sup>cd</sup>	56.0±0.2 <sup>c</sup>	47.95±0.12 <sup>b</sup>	842.4±3.2 <sup>c</sup>
	0.7	12.86±0.04 <sup>d</sup>	1.57±0.02 <sup>b</sup>	55.5±0.1 <sup>b</sup>	47.35±0.14 <sup>b</sup>	855.7±2.8 <sup>f</sup>
	1.4	12.87±0.06 <sup>d</sup>	1.48±0.04 <sup>a</sup>	55.0±0.1 <sup>a</sup>	46.13±0.09 <sup>b</sup>	865.8±1.5 <sup>e</sup>
中强筋小麦	0.0	12.79±0.04 <sup>cd</sup>	1.68±0.04 <sup>d</sup>	64.7±0.1 <sup>i</sup>	45.86±0.15 <sup>d</sup>	791.8±1.7 <sup>a</sup>
	0.7	12.76±0.06 <sup>bc</sup>	1.60±0.01 <sup>bc</sup>	64.1±0.2 <sup>h</sup>	45.28±0.07 <sup>c</sup>	804.3±2.3 <sup>b</sup>
	1.4	12.75±0.03 <sup>bc</sup>	1.51±0.03 <sup>b</sup>	63.2±0.2 <sup>g</sup>	44.12±0.12 <sup>c</sup>	813.8±2.1 <sup>c</sup>
中筋小麦	0.0	12.68±0.02 <sup>ab</sup>	1.66±0.02 <sup>d</sup>	57.9±0.2 <sup>f</sup>	46.39±0.13 <sup>f</sup>	801.5±1.8 <sup>b</sup>
	0.7	12.65±0.04 <sup>a</sup>	1.58±0.02 <sup>b</sup>	57.3±0.1 <sup>e</sup>	45.81±0.11 <sup>d</sup>	814.2±2.4 <sup>c</sup>
	1.4	12.62±0.08 <sup>a</sup>	1.49±0.05 <sup>a</sup>	56.5±0.2 <sup>d</sup>	44.63±0.07 <sup>b</sup>	823.8±1.9 <sup>d</sup>

注：同列肩标字母不同表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。下同。

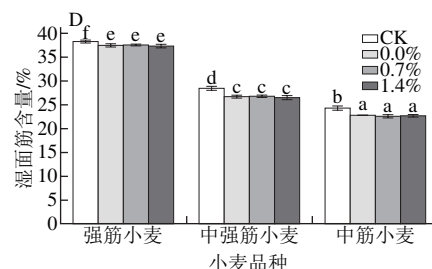
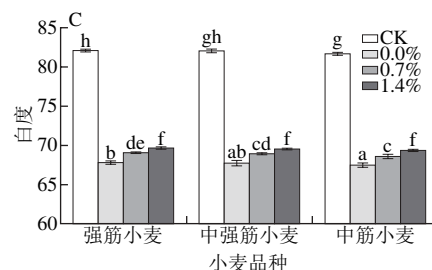
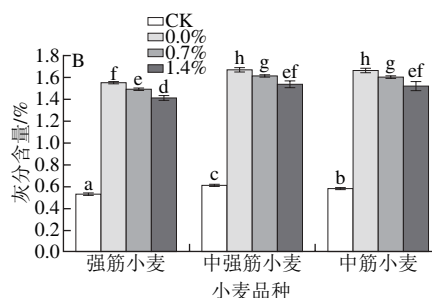
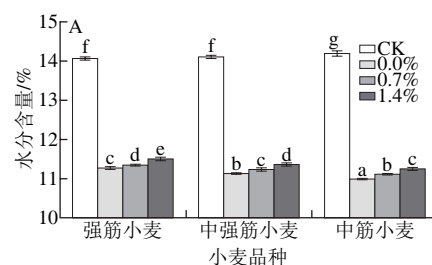
由表1可知，不同小麦品种之间的水分含量存在差异，这主要取决于小麦原料本身的水分含量差异；随着轻碾脱皮比例的增加，小麦籽粒的水分含量无显著差异（ $P > 0.05$ ），由于采用干法轻碾脱皮，小麦在储藏过程中，其麸皮、胚乳和胚的水分含量基本无变化，因此轻碾脱皮处理不会对小麦籽粒的水分含量造成影响。

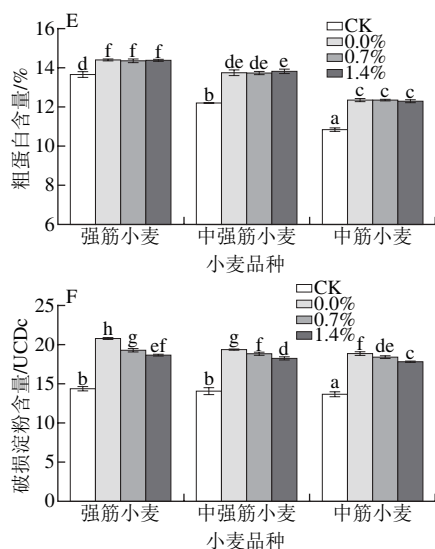
相同小麦品种，随着轻碾脱皮比例的增加，小麦籽粒的灰分含量显著降低了0.17%（ $P < 0.05$ ），这可能是由于小麦的灰分含量主要存在于麸皮<sup>[31]</sup>，经过测定麸皮中含有灰分大约为6%，而小麦中心胚乳的灰分含量仅为0.45%左右，采用轻碾脱皮处理后，小麦籽粒的外部皮层部分被去除，致使小麦籽粒的灰分含量降低。

小麦的硬度变化对小麦制粉流程中各系统的再制品数量和质量、各设备工作效率、各系统的动力消耗、面粉的出粉率及质量等均会产生影响<sup>[7]</sup>。随着轻碾脱皮比例的增加，小麦籽粒的硬度指数降低了1.0~1.5，即小麦籽粒更易被粉碎成粉状。不同小麦品种间千粒质量差异显著（ $P < 0.05$ ），随着轻碾脱皮比例的增加，小麦籽粒的千粒质量降低了1.74~1.82 g；不同小麦品种间容重差异显著（ $P < 0.05$ ），随着轻碾脱皮比例的增加，小麦籽粒的容重增加了22.0~23.4 g/L。

### 2.2 不同轻碾脱皮处理对全麦粉品质的影响

#### 2.2.1 对全麦粉理化品质的影响





A.水分含量; B.灰分含量; C.白度; D.湿面筋含量; E.粗蛋白含量; F.破损淀粉含量。不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图1 不同轻碾脱皮处理对全麦粉理化品质的影响

Fig. 1 Effect of different debranning degrees on physicochemical properties of whole wheat flour

图1A显示, 3种小麦在直接粉碎制备全麦粉过程中水分损失均超过1%, 由于采用干法轻碾脱皮, 面粉(CK)的水分含量显著高于全麦粉 ( $P < 0.05$ ); 随着轻碾脱皮比例的增加, 全麦粉的水分含量增加了0.23%~0.27%, 研究发现, 由于果皮(外果皮、中果皮、内果皮)中80%以上为纤维素、阿拉伯木聚糖等半纤维素, 将其粉碎至80目需要更长的时间和更多的能耗, 在此过程中产生的热量是水分散失的根本原因<sup>[32]</sup>。

由图1B可知, 随着轻碾脱皮比例的增加, 全麦粉的灰分含量显著降低了0.12%~0.14% ( $P < 0.05$ ); 灰分含量是衡量面粉加工精度及色泽的一个重要指标, 混入到面粉中麸皮的含量越高, 面粉的白度就越低<sup>[33]</sup>。如图1C所示, CK的白度显著高于全麦粉 ( $P < 0.05$ ), 随着轻碾脱皮比例的增加, 全麦粉的白度显著增加了1.8%~1.9% ( $P < 0.05$ )。

面筋由麦醇溶蛋白质和麦谷蛋白质组成, 是评价面粉品质、区别小麦分类的重要指标<sup>[34]</sup>, 由图1D、E可知, 不同小麦品种的湿面筋、粗蛋白含量差异显著 ( $P < 0.05$ ), 随着轻碾脱皮比例的增加, 全麦粉的湿面筋、粗蛋白含量无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

破损淀粉主要由小麦籽粒中的淀粉颗粒在研磨过程中受到机械损伤而产生的<sup>[35]</sup>。如图1F所示, 全麦粉中破损淀粉含量比CK高4.2~6.4 UCDc, 这可能是因为微粉机与胚乳颗粒的接触时间相对于辊磨更长、接触面积更大, 随着轻碾脱皮比例的增加, 全麦粉的破损淀粉含量下降1.0~2.1 UCDc, 由于轻碾脱皮比例越高, 小麦籽粒越容易被粉碎, 所需的时间及接触面积越小, 因此破损淀粉含量相对减小。

2.2.2 对全麦粉膳食纤维含量的影响

表2 不同轻碾脱皮处理的全麦粉的膳食纤维含量

Table 2 Dietary fiber contents of whole wheat flour with different debranning degrees

小麦品种	轻碾脱皮比例	不溶性膳食纤维含量/%	可溶性膳食纤维含量/%	总膳食纤维含量/%
强筋小麦	CK	1.08 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.71 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.79 ± 0.01 <sup>a</sup>
	0.0%	9.78 ± 0.02 <sup>e</sup>	1.01 ± 0.01 <sup>e</sup>	10.79 ± 0.01 <sup>e</sup>
	0.7%	9.61 ± 0.01 <sup>e</sup>	1.10 ± 0.03 <sup>e</sup>	10.71 ± 0.02 <sup>e</sup>
	1.4%	9.32 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.34 ± 0.02 <sup>e</sup>	10.66 ± 0.01 <sup>cd</sup>
中强筋小麦	CK	1.02 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.75 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.77 ± 0.01 <sup>a</sup>
	0.0%	9.74 ± 0.03 <sup>f</sup>	1.07 ± 0.02 <sup>d</sup>	10.81 ± 0.01 <sup>e</sup>
	0.7%	9.58 ± 0.01 <sup>d</sup>	1.16 ± 0.01 <sup>f</sup>	10.74 ± 0.00 <sup>f</sup>
	1.4%	9.36 ± 0.04 <sup>c</sup>	1.29 ± 0.03 <sup>e</sup>	10.65 ± 0.01 <sup>e</sup>
中筋小麦	CK	1.05 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.77 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.82 ± 0.00 <sup>b</sup>
	0.0%	9.81 ± 0.03 <sup>e</sup>	1.04 ± 0.01 <sup>d</sup>	10.85 ± 0.02 <sup>b</sup>
	0.7%	9.63 ± 0.01 <sup>e</sup>	1.13 ± 0.03 <sup>cd</sup>	10.76 ± 0.02 <sup>f</sup>
	1.4%	9.32 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.36 ± 0.04 <sup>e</sup>	10.68 ± 0.01 <sup>d</sup>

膳食纤维是指不能被人体消化道酵素分解的多糖类及木质素, 主要来自于动植物的细胞壁, 包括纤维素、木质素、蜡、甲壳质、果胶、β-葡聚糖、菊糖和低聚糖等, 通常分为非水溶性膳食纤维及水溶性膳食纤维两大类<sup>[36]</sup>。表2显示, 全麦粉的总膳食纤维含量显著高于CK 8.86%~9.04% ( $P < 0.05$ ); 随着轻碾脱皮比例的增加, 全麦粉中不溶性膳食纤维、总膳食纤维含量分别降低了0.38%~0.49%、0.13%~0.17%, 而可溶性膳食纤维含量增加了0.22%~0.33%, 这有可能是由于轻碾脱皮处理使小麦籽粒最外层果皮(主要含有纤维素、半纤维素、木质素)部分被去除, 即不溶性膳食纤维部分被去除, 而可溶性膳食纤维如果胶、植物胶、黏胶等被释放, 使全麦粉中可溶性膳食纤维含量增加。

2.2.3 对全麦粉糊化特性的影响

表3 不同轻碾脱皮处理对全麦粉的糊化特性影响

Table 3 Effect of different debranning degrees on pasting properties of whole wheat flour

小麦品种	轻碾脱皮比例	峰值黏度/cP	谷值黏度/cP	衰减值/cP	最终黏度/cP	回升值/cP	峰值时间/min	糊化温度/°C
强筋小麦	CK	1887 ± 13 <sup>a</sup>	1160 ± 16 <sup>a</sup>	727 ± 3 <sup>b</sup>	2169 ± 23 <sup>b</sup>	1009 ± 7 <sup>c</sup>	6.03 ± 0.02 <sup>e</sup>	87.23 ± 0.05 <sup>a</sup>
	0.0%	1131 ± 8 <sup>a</sup>	657 ± 4 <sup>a</sup>	474 ± 4 <sup>a</sup>	1411 ± 11 <sup>a</sup>	754 ± 7 <sup>a</sup>	5.90 ± 0.02 <sup>bc</sup>	90.43 ± 0.03 <sup>c</sup>
	0.7%	1164 ± 11 <sup>b</sup>	672 ± 8 <sup>b</sup>	492 ± 3 <sup>b</sup>	1433 ± 7 <sup>b</sup>	761 ± 1 <sup>a</sup>	5.90 ± 0.01 <sup>bc</sup>	90.45 ± 0.02 <sup>c</sup>
	1.4%	1184 ± 6 <sup>c</sup>	704 ± 13 <sup>c</sup>	480 ± 7 <sup>c</sup>	1485 ± 14 <sup>c</sup>	781 ± 3 <sup>b</sup>	5.87 ± 0.03 <sup>b</sup>	90.39 ± 0.04 <sup>c</sup>
中强筋小麦	CK	1762 ± 14 <sup>b</sup>	1166 ± 12 <sup>cd</sup>	596 ± 2 <sup>c</sup>	2285 ± 18 <sup>d</sup>	1119 ± 6 <sup>d</sup>	6.17 ± 0.03 <sup>f</sup>	89.28 ± 0.02 <sup>c</sup>
	0.0%	1326 ± 16 <sup>d</sup>	712 ± 5 <sup>cd</sup>	614 ± 11 <sup>f</sup>	1520 ± 9 <sup>d</sup>	808 ± 4 <sup>c</sup>	5.74 ± 0.02 <sup>e</sup>	92.13 ± 0.02 <sup>f</sup>
	0.7%	1365 ± 13 <sup>e</sup>	728 ± 7 <sup>d</sup>	637 ± 6 <sup>e</sup>	1544 ± 8 <sup>e</sup>	816 ± 4 <sup>d</sup>	5.75 ± 0.02 <sup>e</sup>	92.09 ± 0.04 <sup>f</sup>
	1.4%	1388 ± 7 <sup>f</sup>	763 ± 11 <sup>f</sup>	625 ± 4 <sup>f</sup>	1600 ± 21 <sup>f</sup>	837 ± 10 <sup>f</sup>	5.74 ± 0.03 <sup>e</sup>	92.10 ± 0.03 <sup>f</sup>
中筋小麦	CK	1429 ± 21 <sup>e</sup>	883 ± 17 <sup>e</sup>	546 ± 4 <sup>c</sup>	1663 ± 19 <sup>e</sup>	780 ± 2 <sup>b</sup>	6.01 ± 0.01 <sup>c</sup>	87.34 ± 0.04 <sup>b</sup>
	0.0%	1550 ± 17 <sup>b</sup>	997 ± 8 <sup>b</sup>	553 ± 9 <sup>c</sup>	1916 ± 11 <sup>b</sup>	919 ± 3 <sup>d</sup>	5.93 ± 0.02 <sup>cd</sup>	89.45 ± 0.02 <sup>d</sup>
	0.7%	1595 ± 15 <sup>c</sup>	1020 ± 10 <sup>f</sup>	575 ± 5 <sup>d</sup>	1946 ± 13 <sup>c</sup>	926 ± 3 <sup>d</sup>	5.94 ± 0.01 <sup>d</sup>	89.41 ± 0.03 <sup>d</sup>
	1.4%	1623 ± 8 <sup>d</sup>	1068 ± 15 <sup>f</sup>	555 ± 7 <sup>c</sup>	2015 ± 17 <sup>d</sup>	947 ± 2 <sup>b</sup>	5.93 ± 0.02 <sup>cd</sup>	89.39 ± 0.05 <sup>d</sup>

不同制粉工艺、小麦蛋白质、淀粉的种类<sup>[37]</sup>和颗粒大小、碳水化合物、食盐<sup>[38]</sup>、酸度等均会影响淀粉的

糊化特性。由表3可知,不同小麦品种间面粉及全麦粉的淀粉糊化特性差异显著( $P<0.05$ ),全麦粉的峰值黏度、谷值黏度、最终黏度、回升值表现为:强筋小麦<中强筋小麦<中筋小麦,差异显著( $P<0.05$ ),这与姜小苓等<sup>[39]</sup>的研究结果相一致,随着面筋蛋白含量的增加,淀粉含量降低,峰值黏度等指标降低。随着轻碾脱皮比例的增加,全麦粉的峰值黏度、谷值黏度、最终黏度、回升值呈现上升趋势,分别增加了53~73、47~71、74~99、27~29 cP,这可能是由于随着轻碾脱皮比例的增加,全麦粉的破损淀粉含量显著减少( $P<0.05$ ),而破损淀粉越多,支链淀粉的破坏越严重,导致全麦粉在发生糊化时,支链淀粉的氢键缔合作用减弱,造成黏度下降<sup>[40]</sup>,除此之外,全麦粉中麸皮越多,纤维素通过水分的吸附和膨胀对糊化体系中可利用水的转运影响越显著,造成糊化黏度等指标降低;随着轻碾脱皮比例的增加,相同小麦品种间全麦粉的峰值时间、糊化温度无显著差异( $P>0.05$ )。

#### 2.2.4 对全麦粉粉质特性的影响

表4 不同轻碾脱皮处理对全麦粉的粉质特性影响

Table 4 Effect of different debranning degrees on farinograph characteristics of whole wheat flour

小麦品种	轻碾脱皮比例	吸水量/%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/FU	粉质质量指数
	CK	49.9	1.8	3.9	70	43
强筋小麦	0.0%	67.1	2.5	2.4	112	39
	0.7%	66.6	3.0	2.5	94	41
	1.4%	66.0	2.7	2.7	87	44
中强筋小麦	CK	60.2	6.7	8.4	75	97
	0.0%	73.0	9.9	7.3	41	123
	0.7%	72.4	9.5	7.6	36	127
	1.4%	71.7	9.2	8.0	32	135
中筋小麦	CK	55.0	3.0	2.8	87	51
	0.0%	73.4	4.5	2.3	91	54
	0.7%	72.8	4.3	2.4	77	57
	1.4%	72.1	4.2	2.6	71	62

由表4可知,全麦粉面团的粉质吸水量(66.0%~73.4%)高于CK(49.9%~60.2%),表明麸皮可以增加面团的吸水量<sup>[41]</sup>,另外,全麦粉面团的形成时间比CK长0.7~3.2 min,而稳定时间降低了0.2~1.5 min。这主要是由于全麦粉中含有大量的麦麸纤维,而膳食纤维中含有大量羟基,可以通过氢键与水发生水合作用,且麸皮中的戊聚糖也能凭借其凝胶特性吸收水分,增加面团的吸水量<sup>[42]</sup>,与此同时,由于麸皮对面筋网络的形成与发展具有阻碍作用,从而降低了全麦粉中面筋的质量。

随着轻碾脱皮比例的增加,全麦粉的粉质吸水量下降1.1%~1.3%,这是因为,轻碾脱皮处理使小麦皮层部分被剥去,麸皮变少,吸水量降低,另外,随着轻碾脱皮比例的增加,全麦粉的损伤淀粉含量降低,吸水率降低,损伤

淀粉含量与吸水量的规律已经被研究证实<sup>[43]</sup>。中强筋和中筋小麦全麦粉的形成时间随着轻碾脱皮比例的增加逐渐缩短,而强筋小麦全麦粉的形成时间在轻碾脱皮比例为0.7%时最长;随着轻碾脱皮比例的增加,全麦粉的稳定时间延长0.3~0.7 min,而弱化度降低9~25 FU,面团稳定时间长,反映其对剪切力降解有较强的抵抗耐力,意味着其麦谷蛋白的二硫键结合牢固,不易打开,稳定时间越长、韧性越好,面筋的强度越大,则面团操作性能越好,而弱化度表示面团在搅拌过程中的破坏速率,弱化度越大,面筋越弱,面团越易流变,操作性能差,从而说明轻碾脱皮处理有助于提高全麦粉的粉质质量。

#### 2.3 不同轻碾脱皮处理对全麦粉馒头品质的影响

##### 2.3.1 对全麦粉馒头色度的影响

表5 不同轻碾脱皮处理对全麦粉馒头色度的影响

Table 5 Effect of different debranning degrees on color parameters of steamed bread

小麦品种	轻碾脱皮比例	外表			内部		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
	CK	87.04±0.05 <sup>i</sup>	-0.42±0.01 <sup>f</sup>	15.30±0.04 <sup>g</sup>	86.62±0.05 <sup>k</sup>	-0.02±0.01 <sup>c</sup>	16.73±0.04 <sup>l</sup>
强筋小麦	0.0%	69.13±0.02 <sup>d</sup>	6.66±0.02 <sup>j</sup>	28.76±0.02 <sup>e</sup>	63.09±0.03 <sup>a</sup>	5.08±0.03 <sup>f</sup>	23.72±0.03 <sup>f</sup>
	0.7%	69.40±0.03 <sup>e</sup>	6.39±0.03 <sup>h</sup>	28.09±0.03 <sup>c</sup>	65.45±0.04 <sup>d</sup>	4.93±0.02 <sup>d</sup>	23.51±0.05 <sup>e</sup>
	1.4%	69.79±0.04 <sup>f</sup>	5.74±0.05 <sup>d</sup>	27.90±0.01 <sup>d</sup>	66.35±0.06 <sup>b</sup>	4.68±0.05 <sup>e</sup>	23.26±0.02 <sup>d</sup>
中强筋小麦	CK	90.33±0.06 <sup>k</sup>	-1.49±0.04 <sup>d</sup>	24.01±0.04 <sup>c</sup>	85.40±0.07 <sup>j</sup>	-0.54±0.02 <sup>b</sup>	20.37±0.05 <sup>b</sup>
	0.0%	68.41±0.03 <sup>a</sup>	7.11±0.03 <sup>k</sup>	29.93±0.03 <sup>k</sup>	63.35±0.05 <sup>b</sup>	5.25±0.04 <sup>e</sup>	25.08±0.02 <sup>g</sup>
	0.7%	68.63±0.02 <sup>b</sup>	6.84±0.05 <sup>i</sup>	29.28±0.05 <sup>j</sup>	65.31±0.02 <sup>d</sup>	5.04±0.03 <sup>e</sup>	24.83±0.04 <sup>b</sup>
	1.4%	68.97±0.04 <sup>c</sup>	6.35±0.02 <sup>f</sup>	28.96±0.07 <sup>h</sup>	66.25±0.03 <sup>b</sup>	4.78±0.05 <sup>e</sup>	24.59±0.05 <sup>e</sup>
中筋小麦	CK	88.78±0.03 <sup>j</sup>	-0.74±0.04 <sup>b</sup>	21.09±0.05 <sup>b</sup>	85.40±0.06 <sup>j</sup>	-1.10±0.04 <sup>d</sup>	22.62±0.05 <sup>c</sup>
	0.0%	68.95±0.05 <sup>c</sup>	6.47±0.05 <sup>h</sup>	29.18±0.04 <sup>k</sup>	63.67±0.05 <sup>c</sup>	5.20±0.01 <sup>e</sup>	26.27±0.03 <sup>l</sup>
	0.7%	69.52±0.04 <sup>f</sup>	6.22±0.03 <sup>e</sup>	28.58±0.06 <sup>f</sup>	65.74±0.03 <sup>f</sup>	5.01±0.03 <sup>e</sup>	25.94±0.05 <sup>k</sup>
	1.4%	69.94±0.02 <sup>h</sup>	5.69±0.05 <sup>d</sup>	28.12±0.03 <sup>e</sup>	66.83±0.04 <sup>d</sup>	4.72±0.02 <sup>e</sup>	25.65±0.04 <sup>j</sup>

表5显示不同小麦品种面粉及全麦粉馒头的外表及内部色度差异显著( $P<0.05$ ),CK外表和内部的L\*值均大于全麦粉馒头,而a\*和b\*值小于全麦粉馒头;随着轻碾脱皮比例的增加,全麦粉馒头外表及内部的L\*值分别增加0.56~0.99、2.90~3.26,而外表及内部的a\*和b\*值呈显著下降趋势( $P<0.05$ ),由于研究发现L\*值与馒头感官评价色泽值呈正相关<sup>[44]</sup>,这表明轻碾脱皮处理能有效改善全麦粉馒头的表面色泽。

##### 2.3.2 对全麦粉馒头质构的影响

硬度和胶着性可以较好反映面条、馒头的感官适口性,弹性和回复性能部分反映馒头及面条的黏性和光滑性,但尚不能完全代替感官评价<sup>[45]</sup>。如表6所示,随着轻碾脱皮比例的增加,全麦粉馒头的硬度、胶着性、咀嚼度分别降低了732~1114 g、335~549、147~346,弹性和回复性分别增加了0.030~0.031、0.049~0.066,这可能是由于小麦籽粒最外层粗纤维果皮被部分除去,使全麦粉面筋网络更易形成和发展,持气性增强。研究发现,弹性和回复性与馒头的感官品质显著相关,弹性与

回复性数值越大,馒头品质越好,这充分表明轻碾脱皮处理对全麦粉馒头的质构有显著改善效果。

表6 不同轻碾脱皮处理对全麦粉馒头质构的影响

**Table 6 Effect of different debranning degrees on steamed bread texture**

小麦品种	轻碾脱皮比例	硬度/g	黏性	弹性	黏聚性	胶着性	咀嚼度	回复性
强筋小麦	CK	2 502	-1.056	0.910	0.798	1 996	1 815	0.473
	0.0%	7 621	-0.536	0.915	0.753	5 735	5 247	0.392
	0.7%	7 167	-0.114	0.928	0.778	5 576	5 174	0.420
	1.4%	6 507	-1.173	0.945	0.797	5 186	4 901	0.458
中强筋小麦	CK	2 602	-0.519	0.892	0.886	2 304	2 056	0.585
	0.0%	6 208	-0.634	0.872	0.810	5 028	4 385	0.429
	0.7%	5 824	-0.247	0.884	0.832	4 846	4 283	0.454
	1.4%	5 476	-0.879	0.903	0.857	4 693	4 238	0.481
中筋小麦	CK	4 332	-1.687	0.894	0.889	3 849	3 441	0.594
	0.0%	7 205	-1.035	0.891	0.862	6 211	5 534	0.426
	0.7%	6 747	-0.568	0.908	0.877	5 917	5 373	0.448
	1.4%	6 359	-0.932	0.921	0.894	5 685	5 236	0.475

2.3.3 对全麦粉馒头品质指标的影响

表7 不同轻碾脱皮处理对全麦粉馒头品质指标影响

**Table 7 Effect of different debranning degrees on quality parameters of steamed bread**

小麦品种	轻碾脱皮比例	直径/mm	高度/mm	质量/g	体积/mL	高径比	比容/(mL/g)
强筋小麦	CK	95.49	52.36	92.8	223	0.55	2.4
	0.0%	73.94	52.50	95.7	145	0.71	1.5
	0.7%	73.14	49.74	83.1	138	0.68	1.7
	1.4%	79.97	50.38	94.6	174	0.63	1.8
中强筋小麦	CK	84.06	48.99	94.7	218	0.58	2.3
	0.0%	65.86	43.47	91.4	146	0.66	1.6
	0.7%	70.38	43.64	93.6	159	0.62	1.7
	1.4%	73.18	43.92	94.8	180	0.60	1.9
中筋小麦	CK	84.83	46.09	91.8	220	0.54	2.4
	0.0%	65.41	37.28	89.8	144	0.57	1.6
	0.7%	73.24	39.55	90.3	154	0.54	1.7
	1.4%	77.54	40.32	92.1	166	0.52	1.8

由表7可知,全麦粉馒头的比容均低于CK,其原因可能是麦麸膳食纤维易吸水膨胀,膨胀后的麦麸形成空间障碍从而限制了面筋网络的形成与扩展,另一方面,全麦粉中面筋蛋白的含量被麸皮稀释,导致面团形成面筋网络结构的能力减弱,从而劣化了馒头的品质<sup>[46]</sup>。全麦粉馒头的高径比大于CK,这可能与手工揉制的差异有关,除此之外,全麦粉中由于麸皮纤维的存在,揉制的馒头胚更加坚实,而CK胚较柔软,在发酵过程中,易向四周扩张。随着轻碾脱皮比例的增加,全麦粉馒头的比容增加了0.1~0.3 mL/g,比容越大,馒头的品质越好,这可能是由于轻碾脱皮处理使小麦籽粒外部不易被粉碎、粗糙的果皮部分去除,减小了对面筋网络形成的阻碍作用,从而表明轻碾脱皮处理对全麦粉馒头比容具有提高作用。

2.3.4 对全麦粉馒头感官品质的影响

表8 不同轻碾脱皮处理对全麦粉馒头感官品质的影响

**Table 8 Effect of different debranning degrees of wheat kernels on sensory evaluation of steamed bread made from whole wheat flour**

小麦品种	轻碾脱皮比例	感官评分								总分		
		比容	高度	表面色泽	表面结构	外观形状	内部结构	弹性	韧性		黏性	气味
强筋小麦	CK	11	4	9	9	8	14	9	8	8	4	84
	0.0%	2	3	7	5	7	8	8	6	6	4	56
	0.7%	4	2	8	6	8	9	9	7	7	5	65
	1.4%	5	3	8	7	9	11	9	7	7	5	71
中强筋小麦	CK	10	4	10	9	9	14	10	9	9	4	88
	0.0%	3	2	7	6	7	8	8	6	7	4	58
	0.7%	4	2	8	7	8	9	9	6	7	5	65
	1.4%	6	2	8	8	8	9	11	9	7	8	73
中筋小麦	CK	11	2	10	9	10	14	9	9	9	4	87
	0.0%	3	2	7	5	7	8	7	6	6	4	55
	0.7%	4	2	8	7	8	9	8	7	7	5	65
	1.4%	5	2	8	8	9	10	9	7	7	5	70

由表8可知,全麦粉馒头的感官评价总分均低于CK,中强筋小麦CK及全麦粉馒头的感官评分均高于其他。全麦粉馒头的麦香味强于CK,这可能是由于麸皮及胚乳在湿热环境中释放如醛类、酯类小分子的易挥发物质,以及糖类蒸制过程中产生美拉德反应,从而使全麦粉馒头的麦香味浓厚。随着轻碾脱皮比例的增加,全麦粉馒头的色泽、质构、外观及内部结构等均有改善,全麦粉馒头的感官评价总分增加。对于相同小麦品种而言,轻碾脱皮比例为1.4%时,全麦粉馒头的感官评价总分最高;就不同小麦品种而言,轻碾脱皮1.4%的中强筋小麦全麦粉馒头的总评分最高。

3 结论

本研究分析了不同轻碾脱皮比例对小麦籽粒、全麦粉及其馒头品质的影响,得出以下结论:

随着轻碾脱皮比例的增加,小麦籽粒的灰分含量、硬度指数、千粒质量分别降低了0.17%、1.0~1.5、1.74~1.82 g;而容重增加了22.0~23.4 g/L。

随着轻碾脱皮比例的增加,全麦粉的水分含量、白度分别显著增加了0.23%~0.27%、1.8%~1.9% ( $P < 0.05$ ),而灰分和破损淀粉含量分别显著降低了0.12%~0.14%、1.0~2.1 UCDc ( $P < 0.05$ );全麦粉中不溶性膳食纤维、总膳食纤维含量分别降低了0.38%~0.49%、0.13%~0.17%,而可溶性膳食纤维含量增加了0.22%~0.33%;全麦粉的峰值黏度、谷值黏度、最终黏度、回生值呈现上升趋势,分别增加了53~73、47~71、74~99、27~29 cP;全麦粉的粉质吸水量下降了1.1%~1.3%,弱化度降低了9~25 FU,而稳定时间延长了0.3~0.7 min,从而表明轻碾脱皮处理能有效改善全麦粉的流变学特性。

随着轻碾脱皮比例的增加,全麦粉馒头的硬度、胶着性、咀嚼度分别降低了732~1114 g、335~549、147~346,弹性和回复性分别增加了0.030~0.031、0.049~0.066,除此之外,全麦粉馒头的感官评价总分、外表及内部的色度 $L^*$ 值显著增加( $P<0.05$ ),外表及内部的 $a^*$ 、 $b^*$ 值显著降低( $P<0.05$ ),从而表明轻碾脱皮处理能显著改善全麦粉馒头的品质。

#### 参考文献:

- [1] 陶海根. 全麦粉营养价值及生产工艺探讨[J]. 大众标准化, 2010(增刊1): 101-103.
- [2] OKARTER N, LIU R H. Health benefits of whole grain phytochemicals[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2010, 50(3): 193-208.
- [3] ZEBROWSKA T, LOW A G. The influence of diets based on whole wheat, wheat flour and wheat bran on exocrine pancreatic secretion in pigs[J]. Journal of Nutrition, 1987, 117(7): 1212-1216.
- [4] 谭斌, 谭洪卓, 刘明, 等. 全谷物食品的国内外发展现状与趋势[J]. 中国食物与营养, 2009(9): 4-7. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2009.09.001.
- [5] 汪丽萍, 吴飞鸣, 田晓红, 等. 全麦粉的国内外研究进展[J]. 粮食与食品工业, 2013, 20(4): 4-8. DOI:10.3969%2fj.issn.1672-5026.2013.04.002.
- [6] 谢岩黎, 毕宁宁, 赵文红, 等. 微波处理对全麦粉中脂类稳定性的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2013, 34(6): 18-22.
- [7] 陈志成, 范璐, 朱永义. 小麦脱皮前后结构特性的分析[J]. 中国粮油学报, 2003, 18(2): 25-28. DOI:10.3321/j.issn.1003-0174.2003.02.007.
- [8] 李林轩. 小麦剥皮制粉技术的利与弊[J]. 现代面粉工业, 2011, 25(6): 12-13. DOI:10.3969/j.issn.1674-5280.2011.06.004.
- [9] 邹恩坤, 王晓曦, 丁艳芳, 等. 小麦剥皮制粉及其对面粉品质的影响[J]. 粮食加工, 2012, 37(2): 8-11.
- [10] 石琴琴, 张宪省, 罗斐斐, 等. 脱皮对紫糯小麦粉特性和面包焙烤品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(2): 6-9. DOI:10.3969%2fj.issn.1003-0174.2012.02.002.
- [11] 罗斐斐. 脱皮及超微粉碎对蓝、紫粒小麦粉及饼干品质的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012: 21-23.
- [12] BOTTEGA G, CARAMANICO R, MARIOTTI M, et al. The debranning of common wheat on industrial scale: study of grain, by-products, and flour characteristics[J]. Tecnica Molitoria, 2010, 61(9): 962-967.
- [13] AURELI G, MELLONI S, D'EGIDIO M G, et al. Effect of debranning on T-2 and HT-2 toxin content in durum wheat kernels and milling fractions[J]. Tecnica Molitoria, 2015, 66(11): 846-852.
- [14] 邹恩坤, 王晓曦, 翟秀超, 等. 剥皮对小麦面粉中矿物质、植酸含量的影响[J]. 粮食与食品工业, 2015, 22(3): 57-62. DOI:10.3969/j.issn.1672-5026.2015.03.015.
- [15] LIN Qin, LIU Luoning, BI Ying, et al. Effects of different debranning degrees on the qualities of wheat flour and chinese steamed bread[J]. Food and Bioprocess Technology, 2012, 5(2): 648-656.
- [16] 全国粮油标准化技术委员会. 粮油检验 容重测定: GB/T 5498—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013: 1-3.
- [17] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009.3—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 2-5.
- [18] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中灰分的测定: GB 5009.4—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 5.
- [19] 国家标准化委员会. 谷物与豆类 千粒重的测定: GB/T 5519—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 2.
- [20] 全国粮油标准化技术委员会. 小麦硬度测定 硬度指数法: GB/T 21304—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 2.
- [21] 国家标准化委员会. 淀粉白度测定: GB/T 22427.6—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1.
- [22] 国家标准化委员会. 小麦和小麦粉 筋含量 第一部分: 手洗法测定湿面筋: GB/T 5506.1—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 2-3.
- [23] 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 2-3.
- [24] 国家标准化委员会. 小麦、黑麦及其粉类和淀粉糊化特性测定 快速粘度仪法: GB/T 24853—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010: 3.
- [25] 国家标准化委员会. 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: GB/T 14614—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006: 2-6.
- [26] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定: GB/T 5009.88—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014: 3-5.
- [27] 国家粮食局. 小麦储存品质判定规则: GB/T 20571—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [28] 周素梅, 张国增, 张梅红, 等. 北方馒头实验室制作与评价[J]. 科技导报, 2011, 29(29): 75-79. DOI:10.3981/j.issn.1000-7857.2011.29.013.
- [29] 毛根武, 董德良, 杨瑞征, 等. 馒头质构特性测定方法的研究(II): 馒头样品放置时间、切片方法及环境温度对硬度测定值的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2011(3): 18-22.
- [30] 国家质量监督检验检疫总局. 小麦品种品质分类: GB/T 17320—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [31] 田建珍, 温纪平. 小麦加工工艺与设备[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 7-9.
- [32] 赵吉凯, 王凤成, 付文军, 等. 不同粉碎粒度对全麦粉及其馒头品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2017, 38(1): 37-44. DOI:10.16433/j.cnki.issn1673-2383.2017.01.008.
- [33] 张景渠. 浅谈小麦粉指标中灰分的应用[J]. 现代面粉工业, 2016, 30(1): 3-4. DOI:10.3969%2fj.issn.1674-5280.2016.01.002.
- [34] 王怡然, 王金水, 赵谦明, 等. 小麦面筋蛋白的组成、结构和特性[J]. 食品工业科技, 2007(10): 228-231. DOI:10.3969%2fj.issn.1002-0306.2007.10.074.
- [35] 申晓燕. 影响面粉中破损淀粉含量的因素[J]. 现代面粉工业, 2010, 24(2): 38-40. DOI:10.3969%2fj.issn.1674-5280.2010.02.015.
- [36] 扈晓杰, 韩冬, 李铎. 膳食纤维的定义、分析方法和摄入现状[J]. 中国食品学报, 2011, 11(3): 133-137. DOI:10.3969/j.issn.1009-7848.2011.03.022.
- [37] 汪礼洋, 吕莹果, 陈洁, 等. 淀粉对面粉糊化特性及热风干燥方便品质影响[J]. 粮食与油脂, 2014, 27(4): 47-51. DOI:10.3969/j.issn.1008-9578.2014.04.012.
- [38] 陈霞, 王文琪, 朱在勤, 等. 食盐对面粉糊化特性及面条品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(2): 98-101. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.02.012.
- [39] 姜小琴, 李小军, 冯素伟, 等. 蛋白质和淀粉对面团流变学特性和淀粉糊化特性的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(1): 44-49. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201401009.
- [40] HOOVER R. The impact of heat-moisture treatment on molecular structures and properties of starches isolated from different botanical sources[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2010, 50(9): 835-847.
- [41] 申瑞玲, 董吉林, 程珊珊, 等. 麸皮面粉面团的粉质和拉伸特性[J]. 农业工程学报, 2009, 25(增刊1): 237-240.
- [42] IZYDORCZYK M S, BILIADERIS C G. Cereal arabinoxylans: advances in structure and physicochemical properties[J]. Carbohydrate Polymers, 1995, 28(1): 33-48.
- [43] 王晓曦, 王忠诚, 曹维让, 等. 小麦破损淀粉含量与面团流变学特性及降落数值的关系[J]. 郑州工程学院学报, 2001, 22(3): 53-57. DOI:10.3969%2fj.issn.1673-2383.2001.03.014.
- [44] 张芳芳, 吕莹果, 王春, 等. 酶制剂对馒头色度的影响研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2013, 34(3): 51-54; 60.
- [45] CHAMPENOIS Y, RAO M A, WALKER L P. Influence of gluten on the viscoelastic properties of starch pastes and gels[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1998, 78(1): 119-126. DOI:10.1002/(SICI)1097-0010(199809)78:1<119::AID-JSFA98>3.0.CO;2-I.
- [46] 何雅菴, 马铁明, 王凤成. 麦麸膳食纤维添加对面包和馒头品质影响[J]. 粮食与饲料工业, 2009(8): 21-23. DOI:10.3969%2fj.issn.1003-6202.2009.08.009.