



订购电话:

开户银行:

账 号:

本期定价:

北京市公安局海淀分局 备案号:110 1081725

CNKI系列数据库编辑出版及版权所有: 中国学术期刊(光盘版)电子杂志社

中国知网技术服务及网站系统软件版权所有: 同方知网(北京)技术有限公司

## 摘 要

面粉中营养素的组成及其含量，直接影响人们的营养状况和健康水平。在传统制粉工艺上，含有丰富营养物质的小麦胚芽和糊粉层被去除，而剥皮处理由于剥刮了少量皮层，使麦胚和糊粉层更多研磨入粉，使小麦粉营养均衡更加利于人体吸收。本课题结合了中国居民膳食营养素参考摄入量，主要对剥皮布勒制备的小麦粉、市场全麦粉和高筋粉的基本理化指标进行了研究以及对其营养素评价，主要研究结果如下：

1. 三个品种小麦经剥皮处理后，小麦籽粒的水分、硬度、单籽粒重和粒径与剥皮率呈现负相关，但单籽粒重和粒径变化差异性没有水分和硬度变化的显著。随着剥皮率的提高，三种小麦粉的水分均先降低后升高。经过剥皮处理之后，三种小麦的灰分较未剥皮的小麦粉有所降低。在剥皮率 2%-5%，三种小麦的粗脂肪含量与未剥皮的小麦相比，都有不同程度的提高。由于其基本理化指标的差异，推断古船全麦粉的制粉工艺是麸皮回添法；风筝和河套全麦粉的加工方法为全粉碎法。

2. 在剥皮率 4%-5%时，剥皮制粉工艺能有效提高高筋小麦制取的小麦粉总膳食纤维含量。对于三种小麦来说，随着剥皮率的增加，三种小麦粉中蛋白质的各种氨基酸组成含量有差异性，但其 E/T 的含量无显著性差异。对比市场粉，34 个小麦粉中 E/T 的含量在 28%-34%，都达不到 WHO 规定优质蛋白质的要求。

3. 对于原粮硒含量较低的时，剥皮制粉能提高小麦粉中的硒含量，可以忽略小麦品种的差异性；当小麦品种之间的硒含量有较大差异时，在剥皮率 4%-5%时，剥皮制粉能够有效提高富硒麦制取小麦粉的硒含量。

4. 三种小麦在剥皮率 2%-6%时，小麦粉中的铁、锰、钾、钠含量都有不同程度的增加，但不同剥皮率对小麦粉中钙、铜、锌、镁含量无显著性影响。随着剥皮梯度的增加，三种小麦粉的 B 族维生素含量均呈现出先升高后降低的趋势。综上，不考虑小麦品种时，在剥皮率 2%-7%时，小麦剥皮实验制粉能够有效的保留小麦胚芽和糊粉层的营养物质。

**关键词：**剥皮制粉；剥皮率；面粉营养；硒

## 第二章 不同剥皮率对小麦粉理化特性的影响

### 2.1 引言

小麦籽粒的水分、硬度、粒径、容重等物理指标对小麦的加工品质有直接影响，同时直接影响制备小麦粉的水分、灰分、白度、蛋白质、面筋、脂肪等品质指标。本章通过分析不同剥皮率对小麦籽粒和小麦粉基本理化指标的影响，为小麦制粉提供参数依据。

### 2.2 实验原料与设备

#### 2.2.1 原料

郑麦 379、豫麦 366、普麦、香雪高筋粉、金龙鱼高筋粉、河套全麦粉、古船全麦面粉、风筝全麦粉（以上均为市售）。

#### 2.2.2 仪器和设备

表 2-1 实验仪器和设备

实验仪器及设备	型号	生产厂家
单籽粒硬度仪	SKCS4100	瑞典 pertern 仪器公司
电热鼓风干燥箱	101A-3E	南京索特干燥设备厂
电子分析天平	AY120	日本岛津公司
马弗炉	SX2-6-13	中国江苏常熟长青仪器仪表厂
智能白度仪	WGB-2000	杭州天成光电仪器公司
全自动洗面筋仪	2100 型	瑞典 Perten 公司
剥皮机	18 型	河南省博爱县东城机械
布勒实验磨	MUL-202	瑞士布勒公司
全自动凯式定氮仪	Kjeltec TM 8400	瑞典 FOSS

### 2.3 实验方法

#### 2.3.1 不同剥皮率剥皮小麦的制备

三种小麦经清理、调质后用脱皮机对小麦进行剥皮处理。根据原麦水分不同进行第一次调质，使调质水分到 13%，主要是为了改善小麦入磨制粉的参数，剥皮前 5min 进行调质，主要是为了调节皮层的柔韧性，使剥皮时皮层更加易于剥去<sup>[24]</sup>。脱皮机的原理

是利用摩擦和碾削作用，依靠麦粒间的互相摩擦和砂辊的碾削达到去除小麦皮层的目的。按脱皮程度不同分为不同梯度，剥皮率的计算公式如下：

$$\text{剥皮率}(\%) = \frac{\text{剥皮前后小麦质量差重}}{\text{整粒小麦籽粒重}} \times 100\%$$

### 2.3.2 不同剥皮率小麦粉的制备

剥皮后的小麦用布勒实验磨制粉，出等级粉 3B3M 粉和粗麸细麸。

### 2.3.3 不同剥皮率小麦粉的理化指标的测定方法

水分含量测定：按照 GB/T 5009.3-2010，直接干燥法。

灰分含量测定：按照 GB/T5009.4-2010 方法测定。

湿面筋含量及面筋指数测定：按照 GB/T5009.5-2003 方法测定。

粗蛋白含量测定：按照 GB/T5009.5-2003 方法测定。

粗脂肪含量测定：按照 GB/T 14772-2008 方法测定。

### 2.3.4 数据处理

用 origin1.0 进行数据处理和分析。

## 2.4 结果分析与讨论

### 2.4.1 不同剥皮率剥皮小麦的籽粒特性

表 2-2 不同剥皮率小麦的籽粒特性

样品	剥皮率/%	水分/%	硬度	单籽粒重/(mg)	粒径/(mm)
普麦	0.00	12.85	33.79	35.35	2.78
	2.81	13.14	32.96	34.18	2.87
	3.67	12.78	32.17	33.33	2.58
	4.21	12.48	30.89	32.71	2.44
	4.62	12.35	29.90	32.67	2.52
	5.29	11.87	24.02	31.44	2.66
	9.16	11.44	22.65	30.66	2.46
	13.67	11.37	19.88	35.35	2.58
	15.18	12.09	21.07	34.18	2.68
	0.00	11.13	56.53	38.38	3.03
普麦	4.03	13.36	53.11	37.47	3.01
	5.15	12.53	53.50	36.86	2.98

豫麦 366	5.34	13.03	52.90	37.21	2.90
	8.52	12.46	50.72	35.44	2.85
	9.42	11.97	48.45	34.80	2.82
	10.40	11.86	47.32	32.38	2.89
	12.06	11.43	43.63	31.38	3.03
	13.38	12.26	41.11	29.47	3.01
	14.76	11.73	48.58	30.86	2.98
	0.00	11.94	50.92	38.18	3.03
	2.00	13.10	50.80	36.89	2.91
	3.55	12.67	49.09	36.61	2.85
郑麦 379	3.94	12.45	48.58	35.07	2.83
	3.98	12.33	48.67	34.91	2.81
	4.60	12.23	46.38	33.36	2.78
	4.89	12.11	43.56	32.28	2.65
	11.39	11.94	39.92	38.18	3.03
	13.87	13.10	35.80	36.89	2.91
	15.19	12.67	38.07	36.61	2.85

由表 2-2 可知, 不考虑未剥皮的小麦, 对于三种小麦, 随着剥皮率的增加小麦籽粒的水分呈降低的趋势, 这可能与剥皮前短时间润麦有关。因为调质时间短, 水分可进入皮层, 有利于皮层被剥下。普麦和郑麦 379 在过度剥皮时, 即剥皮率 $\geq 10\%$ 后的水分变化有上升趋势, 与未剥皮的小麦籽粒相当。推断调质时水分可能未进入到接近胚乳的珠心层和糊粉层以及胚乳部分, 剥皮率在 10%到 15%之间, 小麦籽粒的水分基本无变化。当剥皮率为 10%时, 剥刮下的物质以细碎的麸皮渣为主, 在剥刮率大于 12%时, 小麦籽粒的糊粉层和胚芽几乎被剥刮干净, 剥下物中含有胚乳粉末, 但腹沟处麦皮没有剥刮干净。

随着剥皮率的增加, 剥皮后小麦的硬度也呈降低的趋势, 富硒麦和郑麦 379 的硬度下降趋势明显, 在剥皮率 2%到 10%之间, 各个品种剥皮后小麦籽粒的硬度变化差异性较大, 剥皮率 10%到 15%其硬度变化趋势不明显, 这可能与原粮小麦籽粒硬度有关。小麦皮层纤维含量高, 随着皮层逐渐被剥除, 胚乳暴露, 抗挤压能力减弱。硬度是小麦制粉时的主要参考因素, 与小麦加工工艺和终产品的品质密切相关。硬麦中胚乳含有的蛋白质与淀粉粒结合比较紧密, 研磨后易形成粗粉, 但其皮薄易碎, 表皮与胚乳结合较松,

处理前后其湿面筋含量无明显变化。

比较剥皮后制备的小麦粉、市场高筋粉和全麦粉的白度，其差异较大。其中高筋粉的白度最高。这是由于高筋粉口感好，颜色也好看，这样反而促使在面粉加工上更加片面的追求白度和细腻的口感，使得传统制粉工艺上一味的精益求精。对比剥皮后的三种小麦粉，河套和风筝全麦粉的白度都较低，而古船全麦粉虽然有明显的麸皮存在，但其白度与未剥皮的普麦小麦粉相当。这可能是由于全粉碎法的全麦粉麸皮研磨较细，影响了面粉的白度；合适的剥皮率时，小麦剥皮剥去了部分皮层，使得制得的小麦粉的白度比全粉碎的全麦粉白度高，但又远远低于高筋粉。

## 2.5 本章小结

1. 三个品种小麦经剥皮处理后，小麦籽粒的水分、硬度、单籽粒重和粒径与剥皮率呈现负相关，但单籽粒重和粒径变化差异性没有水分和硬度变化的显著。

2. 随着剥皮率的提高，三种小麦粉的水分均先降低后升高；经过剥皮处理之后，三种小麦的灰分较未剥皮的小麦粉有所降低；在剥皮率 2%-5%，三种小麦的粗脂肪含量与未剥皮的小麦相比，都有不同程度的提高；对于三种小麦，随着剥皮率的提高，小麦粉蛋白质含量的变化规律不明显；对于高筋麦郑麦 379 和中筋麦富硒麦来说，剥皮处理降低了湿面筋含量，面筋指数有所提高。对于普麦，剥皮处理前后其湿面筋含量无明显变化。在 4%-10%的剥皮率时，三种剥皮小麦粉的白度低于未剥皮的小麦粉。

3. 对比市场高筋粉和全麦粉，不考虑品种，剥皮布勒制备的小麦粉灰分与全麦粉差异性显著。合适的剥皮率时，其小麦粉的灰分比香雪和金龙鱼高筋粉都高。在剥皮率  $\leq 15\%$ ，剥皮后的小麦粉粗脂肪含量低于全粉碎的全麦粉的脂肪含量，与古船全麦粉的含量相当。不考虑小麦品种，就白度而言，河套、风筝全麦粉<古船全麦粉<剥皮布勒制备的小麦粉<香雪、金龙鱼高筋粉。由于其基本理化指标的差异，推断古船全麦粉的制粉工艺是麸皮回添法；风筝和河套全麦粉的加工方法为先将整粒小麦粉碎，再将麸皮、胚芽和胚乳分离，然后分别研磨至不同粒度，再按比例混合均匀。

### 3.5 本章小结

1. 三种小麦粉的总膳食纤维含量在剥皮率 4-5%时达到极大值, 普麦、富硒麦、郑麦 379 的总膳食纤维含量最高分别可达到 5.4%、4.8%、6.4%。但对于普麦来说, 随着剥皮率的增加, 剥皮后小麦粉其总膳食纤维呈现先升高后降低的趋势, 最高含量值与直接布勒制粉的小麦的含量无差异。对高筋麦郑麦 379 来说, 在剥皮率 4%-5%时, 相比未剥皮的小麦粉其总膳食纤维含量是其 2 倍, 能有效提高高筋小麦粉的总膳食纤维含量。不考虑小麦品种, 剥皮布勒制备的小麦粉的总膳食纤维含量与市场高筋粉无差异, 但与市场全麦粉差异显著, 远低于全麦粉。同时就三种小麦而言, 不同剥皮率小麦粉的热量无明显规律。

2. 在三种小麦中, 不同剥皮率小麦粉的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸, 其含量小于 0.25%。对于三种小麦制得的小麦粉, 其中谷氨酸含量都较高, 其含量占小麦粉比例为 2.5%-6%。对于豫麦 366 和郑麦 379 小麦来说, 随着剥皮率的增加, 小麦粉蛋白质中 E/T 的含量无显著性差异, 仅仅是普麦在剥皮率 3%时, 其含量稍有增加。在不同剥皮率时, 三种小麦粉中蛋白质的各种氨基酸组成含量有差异性, 但其必须氨基酸总量基本无变化。对比市场粉, 34 个小麦粉中 E/T 的含量在 28%-34%, 均小于 36%, 达不到 WHO 规定的优质蛋白质。

3. 对于原粮硒含量较低的时, 剥皮制粉工艺能提高小麦籽粒中硒元素入粉, 可以忽略小麦品种的差异性。小麦品种之间的硒含量有较大差异, 在剥皮率 4%-5%时, 剥皮实验制粉能够有效提高富硒麦制取的小麦粉的硒含量。以富硒面粉 0.4mg/kg 的平均含硒量计算, 人均摄入富硒面粉 300g/d, 能够满足中国营养学会的硒推荐范围。

4. 面粉中钾、钙、镁、钠的含量较高, 不考虑剥皮率和小麦品种, 每 100g 小麦粉中钾、钙、镁、钠含量范围分别是 100-160mg、13-120mg、8-60mg、130-520mg。而面粉中的铜、锌、锰、铁 4 种矿物质元素含量极低, 其含量均小于 3mg/100g。三种小麦在剥皮率 2%-6%时, 小麦粉中的铁、锰、钾、钠含量都有不同程度的增加, 但不同剥皮率对小麦粉中钙、铜、锌、镁含量无显著性影响。

5. 随着剥皮率的逐渐升高, 三种小麦 B 族维生素含量呈现出先升高再降低的趋势; 与未剥皮小麦粉相比, 合适的剥皮率可有效提高面粉中维生素 B 含量, 而过度剥皮反而降低维生素 B 含量。就高筋麦郑麦 379 来说, 小麦粉中 B 族维生素含量的极大值出现在剥皮率 3%-4%, 而当剥皮率超过 14%时, 其含量陡减。对于豫麦 366 和普麦而言,

小麦粉中 B 族维生素的含量则呈现类似的趋势，但小麦籽粒在剥皮率 4%-6%时，其含量达到最大值，普麦则在剥皮率为 3%-4.5%时到达峰值。因此剥皮布勒对不同类型小麦粉的 B 族维生素含量影响有差异。对比中国居民膳食营养素推荐摄入量，面粉中的 B 族维生素含量能够满足成年人体的需求。

## 第四章 结论与展望

### 4.1 结论

1. 三个品种小麦经剥皮处理后, 小麦籽粒的水分、硬度、单籽粒重和粒径与剥皮率呈现负相关, 但单籽粒重和粒径变化差异性没有水分和硬度变化的显著。

2. 不同剥皮率小麦粉的基本指标: 随着剥皮率的提高, 三种小麦粉的水分均先降低后升高; 经过剥皮处理之后, 三种小麦的灰分较未剥皮的小麦粉有所降低; 在剥皮率 2%-5%, 三种小麦的粗脂肪含量与未剥皮的小麦相比, 都有不同程度的提高; 不考虑小麦品种, 就白度而言, 河套、风筝全麦粉<古船全麦粉<剥皮布勒制备的小麦粉<香雪、金龙鱼高筋粉。由于其基本理化指标的差异, 推断古船全麦粉的制粉工艺是麸皮回添法; 风筝和河套全麦粉的加工方法为先将整粒小麦粉碎, 再将麸皮、胚芽和胚乳分离, 然后分别研磨至不同粒度, 再按比例混合均匀。

3. 不同剥皮率小麦粉的总膳食纤维含量和热量: 三种小麦粉的总膳食纤维含量在剥皮率 4%-5%时达到极大值, 普麦、富硒麦、郑麦 379 的总膳食纤维含量最高分别可达到 5.4%、4.8%、6.4%, 剥皮制粉能有效提高高筋小麦粉的总膳食纤维含量。不考虑小麦品种, 剥皮布勒制备的小麦粉的总膳食纤维含量与市场高筋粉无差异, 但与市场全麦粉差异显著, 远低于全麦粉。同时就三种小麦而言, 不同剥皮率小麦粉的热量无明显规律。

4. 不同剥皮率小麦粉的氨基酸组成及其含量: 在三种小麦中, 不同剥皮率小麦粉的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸, 其含量小于 0.25%。对于三种小麦制得的小麦粉, 其中谷氨酸含量都较高, 其含量占小麦粉比例为 2.5%-6%。对于豫麦 366 和郑麦 379 小麦来说, 随着剥皮率的增加, 小麦粉蛋白质中 E/T 的含量无显著性差异, 仅仅是普麦在剥皮率 3%时, 其含量稍有增加。在不同剥皮率时, 三种小麦粉中蛋白质的各种氨基酸组成含量有差异性, 但其必须氨基酸总量基本无变化。对比市场粉, 34 个小麦粉中 E/T 的含量在 28%-34%, 均小于 36%, 达不到 WHO 规定的优质蛋白质。

5. 不同剥皮率小麦粉的硒含量: 对于原粮硒含量较低的时, 剥皮制粉工艺能提高小麦籽粒中硒元素入粉, 可以忽略小麦品种的差异性。小麦品种之间的硒含量有较大差异时, 在剥皮率 4%-5%时, 剥皮实验制粉能够有效提高富硒麦制取的小麦粉的硒含量。以富硒面粉 0.4mg/kg 的平均含硒量计算, 人均摄入富硒面粉 300g/d, 能够满足中国营

养学会的硒推荐范围。

6. 不同剥皮率小麦粉的矿物质含量: 三种小麦在剥皮率 2%-6% 时, 小麦粉中的铁、锰、钾、钠含量都有不同程度的增加, 但不同剥皮率对小麦粉中钙、铜、锌、镁含量无显著性影响。

7. 随着剥皮率的逐渐升高, 三种小麦粉 B 族维生素含量呈现出先升高再降低的趋势; 与未剥皮小麦粉相比, 合适的剥皮率可有效提高面粉中维生素 B 含量, 而过度剥皮反而降低维生素 B 含量。就高筋麦郑麦 379 来说, 小麦粉中 B 族维生素含量的极大值出现在剥皮率 3%-4%, 而当剥皮率超过 14% 时, 其含量陡减。对于豫麦 366 和普麦而言, 小麦粉中 B 族维生素的含量则呈现类似的趋势, 但小麦籽粒在剥皮率 4%-6% 时, 其含量达到最大值, 普麦则在剥皮率为 3%-4.5% 时到达峰值。因此剥皮布勒对不同品种小麦粉的维生素含量影响有差异。综上, 不考虑小麦品种时, 在剥皮率 2%-7% 时, 小麦剥皮实验制粉能够有效的保留小麦胚芽和糊粉层的营养物质。

## 4.2 展望

本课题主要从剥皮后的小麦籽粒特性和剥皮后的小麦粉、市场高筋粉及全麦粉的基本理化指标、总膳食纤维、热量、氨基酸组成及其含量、硒含量、矿物质含量和 B 族维生素含量等营养素指标研究剥皮布勒下小麦粉的营养均衡性。但由于实验时间、实验条件的限制和样品的局限性, 实验中有很多地方做的不够全面深入, 仍需要进一步完善和研究。可总结为以下几个方面:

1. 本课题主要以剥皮布勒制备的小麦粉为原料样品进行研究, 但只采用了一种剥皮机, 可选择多种剥皮机对小麦籽粒进行分层剥皮。且只选择 3 个小麦品种, 使得营养素评价的数据单一, 不够全面, 缺乏说服力, 应该就不同地域、不同品种研究剥皮制粉对小麦粉的营养素影响。

2. 影响剥皮制粉的主要因素之一为小麦的调质过程, 其润麦时间和润麦水分对剥皮过程中的小麦籽粒有重要影响。本文中缺少不同小麦的不同调质因素对剥皮后小麦籽粒的影响。因此, 应重点从剥皮机的类型、剥皮时小麦的调质和剥皮后的制粉工艺研究剥皮制取的小麦粉的营养素评价。

3. 本文单单提出了在剥皮率 2%-5% 时, 三种小麦的各种营养性相对未剥皮的较为均衡, 但是对于剥皮布勒的小麦粉的加工特性以及食用适应性缺乏深入研究。因此, 在合适剥皮率的基础上, 应增加剥皮布勒制备的小麦粉的加工特性和食用适应性研究, 在