

张盈月, 徐希旺, 施 怡, 等. 全麦粉营养成分成分分析评价[J]. 江苏农业学报, 2018, 34( 4 ): 921-926.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2018.04.029

## 全麦粉营养成分成分分析评价

张盈月, 徐希旺, 施 怡, 谢旻皓, 裴 斐, 李 彭, 杨文建, 胡秋辉, 方 勇  
(南京财经大学食品科学与工程学院/江苏省现代粮食流通与安全协同创新中心/江苏高校粮油质量安全控制及深加工重点实验室, 江苏 南京 210023)

**摘要:** 为了筛选与全麦粉品质相关的重要营养功能的特征指标, 对比评价中国、美国和加拿大 26 种品牌的市售全麦粉以及 6 种小麦粉的营养品质, 测定了样品中的矿质元素、氨基酸、二十八烷醇、阿魏酸等含量。结果显示 26 种全麦粉样品中的矿质元素 Mg、Ca、Mn、Fe、Zn 含量明显高于小麦粉; 全部 6 种小麦粉产品中均未检出二十八烷醇, 且阿魏酸含量远低于大部分全麦粉产品。相对于小麦粉, 筛选出了矿质元素 Mg、Ca、Mn、Fe、Zn 作为全麦粉主要营养指标, 二十八烷醇和阿魏酸作为全麦粉 2 种新的功能特征指标, 为评价全麦粉营养品质的标准制定提供理论依据。

**关键词:** 全麦粉; 营养成分; 品质评价; 矿质元素; 二十八烷醇; 阿魏酸

**中图分类号:** TS211.4<sup>+</sup>2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2018)04-0921-06

## Analysis and evaluation of nutritional and functional components in whole wheat flour

ZHANG Ying-yue, XU Xi-wang, SHI Yi, XIE Min-hao, PEI Fei, LI Peng, YANG Wen-jian, HU Qiu-hui, FANG Yong

(College of Food Science and Engineering, Nanjing University of Finance and Economics/ Collaborative Innovation Center for Modern Grain Circulation and Safety of Jiangsu Province/Key Laboratory of Grains and Oils Quality Control and Processing of Jiangsu Province, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** To select crucial feature indicators which were associated with the quality of Whole Wheat Flour (WWF), the nutritional quality of 26 whole wheat flours and six wheat flours in China, America and Canada was compared. The contents of mineral elements, amino acids, octacosanol and ferulic acid were investigated. The results showed that contents of Mg, Ca, Mn, Fe and Zn of WWF were obviously higher than those of wheat flour. The results showed that didn't contain octacosanol, and ferulic acid content was lower than that in most WWF products. Compared with wheat flour, the Mg, Ca, Mn, Fe, Zn were selected as main nutritional indices, octacosanol and ferulic acid were used as two new functional indices to provide theoretical basis for the standardization of evaluating WWF nutritional quality.

**Key words:** whole wheat flour; nutritional components; quality evaluation; mineral elements; octacosanol; ferulic acid

收稿日期: 2017-12-31

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0401203); 国家农产品质量安全风险评估项目(GJFP201700102); 江苏省优势学科建设工程项目(PDAD)

作者简介: 张盈月(1993-), 女, 山东济南人, 硕士研究生, 主要从事食品营养与安全研究。(E-mail)yingyuezhawn@163.com

通讯作者: 方 勇, (E-mail)fanyong10@163.com

近年来, 全麦粉等全谷物食品因其营养与功能受到越来越多的关注<sup>[1-8]</sup>。西方发达国家对全麦粉研究开发力度较大<sup>[9]</sup>, 2007 年, 美国、加拿大、日本等少数国家成立了全谷物国际网络组织, 成为世界上几个早期促进全谷物消费的国家。据不完全统计, 2015 年中国以杂粮为主体的食品销售额已经超

过  $1.5 \times 10^{11}$  元,但几乎所有产品都缺少全谷物的标准和标识。目前中国还没有关于全麦粉的国家标准,仅在 2015 年出台了全麦粉的粮食行业标准 LS/T 3244-2015,规定了全麦粉中烷基间苯二酚含量应不低于  $200 \mu\text{g/g}$ ,总膳食纤维不低于 9%,灰分不高于 2.2%。但是目前还没有有关全麦粉鉴别检测的国家标准出台,很多企业将小麦粉国家标准作为全麦粉生产标准,结果导致了全麦粉市场较混乱的局面。汪丽萍等<sup>[10]</sup>研究发现,全麦粉中灰分、总膳食纤维、烷基间苯二酚都明显高于小麦粉,得出灰分、总膳食纤维、烷基间苯二酚这 3 个指标可作为全麦粉品质的重要参考指标。因此在已有的全麦粉相关标准的基础上,筛选出新的功能特征指标,有效评价中国与处于行业前沿国家的全麦粉品质间的差距,不仅有利于中国全麦粉相关行业标准的制定,为市场中全麦粉的鉴别提供科学依据,更有利于规范中国的全麦粉市场,促进产业的健康发展。本研究对 32 个全麦粉产品的基本营养品质及功能性物质进行了测定,筛选出重要的营养功能指标,对比国内外全麦粉之间营养品质差异,为促进中国全麦粉标准化生产以及全麦粉的品质评价提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

通过超市购买、网购等途径采集了共 26 种不同品牌的全麦粉和 6 种国内不同品牌的小麦粉,其中全麦粉中有 13 种不同品牌的国内全麦粉,7 种不同品牌的美国全麦粉,6 种不同品牌的加拿大全麦粉。另有 3 种麸皮、3 种胚芽样品采自山东济宁、聊城市粮食储备库,自封袋封装,于  $-20^\circ\text{C}$  下保存备用。

二十八烷醇标准品、烷基间苯二酚同系物 C15 标准品、氨基酸混合标准品由美国 Sigma 公司生产,总谷胱甘肽试剂盒由南京建成生物工程研究所生产,维生素  $B_1$ 、 $B_2$  检测试剂盒由上海源叶生物科技有限公司生产, Silyl 衍生试剂 (BSTFA : TMCS = 99 : 1, 体积比)、重氮盐 Fast blue B Zn (纯度  $\geq 95\%$ ) 由阿拉丁试剂有限公司生产。

### 1.2 仪器与设备

6890N 气相色谱仪、7700x 型电感耦合等离子体质谱仪 (美国 Agilent 公司产品), L-8900 型全自动氨基酸分析仪 (日本 Hitachi 公司产品), K-360 自动凯氏定氮仪、B811 索式抽提器 (瑞士 Buchi 公司

产品), 微波消解仪 (德国 CEM 公司产品), i-mark 酶标仪 (美国 Bio-rad 公司产品), FW100 型高速万能粉碎机、SX-4-10 型高温马弗炉 (天津泰斯特仪器有限公司产品), SHA-B 水浴恒温振荡器 (上海嘉定粮油仪器有限公司产品), KQ-500E 型超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司产品), RE-52AA 旋转蒸发仪 (上海亚荣生化仪器厂产品), Perten 降落数值测定仪 [波通瑞华科学仪器 (北京) 有限公司产品]。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 基本营养指标测定

1.3.1.1 氨基酸含量的测定 参照标准 GB5009.124-2016《食品安全国家标准——食品中氨基酸的测定》,采用全自动氨基酸分析仪进行测定,色氨酸未测定。

1.3.1.2 矿质元素含量的测定 采用电感耦合等离子体质谱 (Inductively coupled plasma mass, ICPMS) 测定国内外全麦粉中 K、Mg、Al、Ca、Na、Mn、Fe、Cu、Zn、B、Ti、Mo、Rb、Sr 14 种矿质元素的含量<sup>[11]</sup>。

#### 1.3.2 功能特征指标测定

1.3.2.1 二十八烷醇含量的测定 采用气相色谱 (Gas chromatography, GC) 测定国内外全麦粉中二十八烷醇的含量<sup>[12]</sup>。气相色谱条件: HP-5 毛细管色谱柱 ( $30 \text{ m} \times 320.0 \mu\text{m} \times 0.5 \mu\text{m}$ ); 进样口温度:  $260^\circ\text{C}$ ; 检测器温度:  $280^\circ\text{C}$ ; 载气: 高纯氮气; 氢气流速:  $40 \text{ ml/min}$ ; 空气流速:  $450 \text{ ml/min}$ ; 柱温:  $180^\circ\text{C}$  保持 1 min,  $10^\circ\text{C/min}$  升温至  $270^\circ\text{C}$ , 保持 6 min; 吹气流速:  $45 \text{ ml/min}$ ; 柱流速:  $3 \text{ ml/min}$ ; 进样方式: 分流进样; 分流比: 10 : 1; 进样量:  $1 \mu\text{l}$ 。

1.3.2.2 阿魏酸含量的测定 采用高效液相色谱 (High performance liquid chromatography, HPLC) 测定国内外全麦粉中阿魏酸的含量<sup>[13]</sup>。

HPLC 条件: Eclipse XDB-C18,  $4.6 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$ ,  $5 \mu\text{m}$ 。流动相 A: 甲醇-水-冰乙酸 (1 : 3 : 0.3, 体积比), 紫外检测波长:  $320 \text{ nm}$ ; 柱温:  $30^\circ\text{C}$ ; 进样量:  $2 \mu\text{l}$ ; 流速:  $1 \text{ ml/min}$ 。

1.3.2.3 烷基间苯二酚含量的测定 参照标准 LS/T3244-2015《全麦粉》分光光度法测定烷基间苯二酚含量,每组处理平行测定 3 次。

1.3.2.4 谷胱甘肽含量的测定 采用南京建成生物工程研究所生产的总谷胱甘肽试剂盒进行测定,每组处理平行测定 3 次。

1.3.2.5 维生素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub> 含量的测定 采用上海源叶生物科技有限公司生产的维生素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub> 检测试剂盒进行测定,每组处理平行测定 3 次。

#### 1.4 数据分析

采用 SAS(9.4) 进行数据统计分析,利用 Duncan's 进行显著性分析( $P<0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 基本营养指标的筛选

2.1.1 氨基酸 除色氨酸因水解被破坏而未做测定外,在国内外不同产品中检出的 16 种氨基酸中,含量最高的是谷氨酸,均大于 50 mg/g。在人体必需氨基酸中,含量最高的是苯丙氨酸,均占总氨基酸的 6%以上,其次为缬氨酸和亮氨酸,占 5%以上。蛋氨酸含量最低,对人体至关重要的赖氨酸仅占 3%左右,直接限制了其他氨基酸的利用率。由表 1 可知,全麦粉及小

麦粉产品间的氨基酸组分比例并无明显差异,因此未得到相关鉴定指标。另外,所有样品中必需氨基酸含量仅占总氨基酸含量的 26.63%~29.87%,虽与其他研究中的结果相近<sup>[14-15]</sup>,但远远低于 36%,达不到世界卫生组织(World health organization,WHO)规定的高质量的蛋白质。研究结果表明含硫氨基酸及赖氨酸的缺乏会直接影响蛋白多糖、氨基多糖及胶原蛋白等的合成,长期处于这种氨基酸组分缺失的饮食状态下,会最终导致疾病的产生<sup>[16]</sup>。但是由于小麦蛋白质的主体是面筋,其蛋白质含量要高于鸡蛋及大部分豆制品,所以小麦在加工品质上要高于大部分农产品,小麦蛋白质制品仍具有良好的开发利用前景。因此,改善小麦蛋白质含量及限制性氨基酸含量,从源头提高小麦产品的营养品质,对解决因蛋白质和必需氨基酸缺乏而造成的人体营养缺陷问题具有重要意义。

表 1 不同全麦粉与小麦粉中氨基酸含量

Table 1 The amino acids content in different whole wheat flours and wheat flours

氨基酸种类	中国全麦粉		美国全麦粉		加拿大全麦粉		小麦粉	
	含量 (mg/g,DW)	占总氨基酸 百分比 (%)	含量 (mg/g,DW)	占总氨基酸 百分比 (%)	含量 (mg/g,DW)	占总氨基酸 百分比 (%)	含量 (mg/g,DW)	占总氨基酸 百分比 (%)
天冬氨酸	6.24±1.93	4.14	8.31±1.97	4.41	7.48±2.13	4.21	4.20±0.07	3.58
苏氨酸*	4.18±1.09	2.77	5.28±1.26	2.80	4.85±1.03	2.73	3.18±0.02	2.71
丝氨酸	6.28±1.68	4.17	7.85±1.97	4.17	7.26±1.53	4.09	4.95±0.09	4.22
谷氨酸	66.63±18.62	44.23	81.86±20.69	43.49	80.28±23.07	45.21	53.32±1.56	45.43
甘氨酸	5.49±1.65	3.64	7.54±2.03	4.01	6.57±1.76	3.70	3.65±0.16	3.11
丙氨酸	5.39±1.69	3.58	7.20±1.92	3.82	5.96±2.09	3.36	3.59±0.01	3.06
缬氨酸*	8.53±1.66	5.66	9.88±1.76	5.25	9.03±1.50	5.08	6.99±0.03	5.96
蛋氨酸*	2.51±0.56	1.67	2.89±0.79	1.54	2.48±0.63	1.40	2.11±0.61	1.80
异亮氨酸*	4.12±1.30	2.73	5.09±1.36	2.70	4.72±1.55	2.66	2.99±0.03	2.55
亮氨酸*	8.03±2.82	5.33	10.40±3.17	5.52	9.48±3.37	5.34	5.85±0.12	4.98
酪氨酸	3.29±1.16	2.18	4.25±1.42	2.26	3.80±1.21	2.14	2.17±0.02	1.85
苯丙氨酸*	9.08±4.24	6.03	11.52±4.76	6.12	11.43±3.92	6.44	9.85±0.10	8.39
赖氨酸*	5.02±2.21	3.33	5.92±1.43	3.14	5.29±1.39	2.98	4.08±0.09	3.48
组氨酸	3.15±1.16	2.09	3.05±1.30	1.62	3.73±1.46	2.10	2.46±0.13	2.10
精氨酸	5.71±1.91	3.79	7.90±2.23	4.20	6.40±2.37	3.60	3.40±0.06	2.90
脯氨酸	7.00±2.72	4.65	9.30±3.11	4.94	8.83±2.39	4.97	4.57±0.64	3.89

\* 为人体必需氨基酸,色氨酸未检测。

2.1.2 矿质元素 由表 2 可知,在所测 14 种矿物元素中,4 种不同产品中各种常量、微量矿质元素含量有一定的差异,其中差异较明显且含量相对较高的为 Mn、Mg、Zn、Fe、Ca 这 5 种矿质元素。全麦粉产品中 Mn、Mg、Zn、Fe、Ca 元素平均含量,明显高于小麦

粉中的含量。有研究结果表明,小麦籽粒不同部位的矿质元素分布不均衡,麦粒皮层和糊粉层矿质元素含量丰富,胚乳层矿质元素含量最低<sup>[17]</sup>,由于小麦粉是由胚乳制得,而全麦粉包含了小麦籽粒的全部组成部分,所以矿质元素在全麦粉和小麦粉间有

明显差异,矿质元素含量越高代表了小麦制粉时所保留的完整度越高,即越接近全籽粒小麦粉。另外,Mg、Mn、Fe、Zn、Ca 这 5 种元素含量在全麦粉和小麦粉之间的差异尤其显著,可作为全麦粉品质鉴别与评价的基本参考指标。

另外,这 5 种元素含量最高的全麦粉样品均来自美国,而含量最低的全麦粉样品均来自中国,这可能是地区土壤、气候条件及小麦种类的差异导致的,但同时也反映出中国全麦粉的品质与处于行业前沿的国家还有一定差距。

表 2 不同全麦粉与小麦粉所含矿质元素含量

Table 2 The mineral elements content different whole wheat flours and wheat flours

元素	矿质元素含量 (mg/g, DW)			
	中国全麦粉	美国全麦粉	加拿大全麦粉	小麦粉
Na	69.68±56.57	54.95±19.61	64.12±25.47	58.80±0.26
Mg	702.19±91.76	713.86±58.82	650.21±14.90	285.30±43.62
Al	569.17±16.27	648.26±43.20	627.44±59.32	575.32±32.95
K	5 973.29±60.05	6 336.03±91.81	6 529.27±82.30	5 069.15±45.37
Ca	345.52±10.14	580.66±87.83	554.84±78.63	247.43±64.57
Mn	23.31±8.81	45.26±8.81	41.09±6.38	7.57±3.29
Fe	30.33±8.96	51.86±6.40	46.51±8.92	17.08±2.52
Cu	0.85±0.31	1.62±0.22	1.36±0.27	0.47±0.02
Zn	12.42±5.03	29.25±3.66	25.09±4.13	6.05±1.34
B	1.28±0.96	2.05±0.45	1.42±0.87	0.97±0.14
Ti	12.22±3.15	21.82±3.00	19.67±2.39	8.84±0.40
Rb	6.13±1.95	4.00±2.29	5.39±1.84	4.54±0.29
Sr	1.34±0.53	2.50±1.09	2.16±0.85	0.79±0.14
Mo	0.18±0.10	0.56±0.19	0.45±0.12	0.16±0.06

## 2.2 功能特征指标的筛选

评价全麦粉营养品质优劣在于制粉时保留小麦籽粒的完整程度,即除胚乳以外的组分含量高低。

表 3 胚芽、麸皮、胚乳中功能活性物质含量比较

Table 3 Comparison of the content of functional active substances in embryo, wheat bran and endosperm

组分	二十八烷醇 (mg/kg)	阿魏酸 (mg/g)	烷基间苯二酚 (mg/kg)	谷胱甘肽 (mmol/g)	维生素 B <sub>1</sub> (mg/g)	维生素 B <sub>2</sub> (mg/g)
胚芽	194.68±3.23b	3.48±0.04b	293.72±0.91b	0.002 6±0.000 1a	0.004 8±0.000 3a	0.002 9±0.000 1a
麸皮	129.38±4.62a	6.07±0.06a	1 115.04±2.33a	0.002 8±0.000 1a	0.002 9±0.000 1b	0.001 1±0.000 1b
胚乳	—	0.49±0.03c	145.40±4.02c	0.000 3±0.000 1b	—	—

“—”表示未检出;同列数据后不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

由于麸皮和胚芽含有许多特殊的营养物质而胚乳几乎不含有,所以这些物质的含量可以体现出全麦粉中麸皮和胚芽的含量。由表 3 可知,二十八烷醇、阿魏酸、烷基间苯二酚、谷胱甘肽、V<sub>B1</sub>、V<sub>B2</sub> 均在胚芽及麸皮中的含量较高,与胚乳中的含量差异较大 ( $P<0.05$ )。其中,二十八烷醇在胚芽中含量最高为 194.68 mg/kg,而在胚乳中未检出,这是由于二十八烷醇是天然的特长链高级脂肪酸,广泛存在于蔗蜡、米糠蜡、小麦胚芽油中<sup>[18-20]</sup>,且在小麦胚芽油中的含量较高,可达 100 mg/kg<sup>[21]</sup>。阿魏酸、烷基间苯二酚和谷胱甘肽均在麸皮中含量最高,与胚乳中含量具有显著性差异。一般而言,烷基间苯二酚主要存在于谷物的麸皮中<sup>[22-24]</sup>,而在众多谷物当中,只有麦类含有大量的烷基间苯二酚,尤以小麦、黑麦中的含量居多,其中,烷基间苯二酚占到了小麦干质量的 0.015%~0.300%<sup>[25]</sup>。阿魏酸主要存在于中药、食用植物和种子皮壳中,其中在种子中的含量尤以麦麸、米糠、玉米皮和甜菜粕居多<sup>[26-27]</sup>;阿魏酸在小麦麸皮中的含量约为 0.5%~0.7%,是麸皮中主要的酚酸物质<sup>[28]</sup>。全谷物是 B 族维生素的主要来源,小麦麸皮及胚芽中的 V<sub>B1</sub>、V<sub>B2</sub> 含量较为丰富,而胚乳中不含有,这与表 3 中的结果相一致。6 种特征物质中,烷基间苯二酚、二十八烷醇和阿魏酸在麸皮和胚芽中的含量较高且胚乳中不含有或含量极低。因此若这 3 种物质在全麦粉产品中的含量与小麦粉相接近,则其并非包含与天然全籽粒小麦相一致的麸皮、胚芽和胚乳比例,即不符合目前国际上对全麦粉的定义。中国粮食行业标准出台的 LS/T 3244-2015《全麦粉》中规定了全麦粉的烷基间苯二酚含量不得低于 200 μg/g,汪丽萍等<sup>[10]</sup>的研究结果也表明烷基间苯二酚作为鉴定全麦粉的标记物是可行的,因此筛选出二十八烷醇和阿魏酸 2 种物质作为评价全麦粉营养品质的新特征指标。



2.3 功能特征指标的测定

为了比较筛选出来的2个功能特征指标在市售全麦粉和小麦粉样品中的差异,本研究测定了所有样品中的二十八烷醇和阿魏酸含量。

2.3.1 二十八烷醇 由表4可知,全麦粉和小麦粉产品中二十八烷醇含量差异显著,所有小麦粉样品中均未检测到。中国13种全麦粉样品中二十八烷醇含量都低于美国、加拿大全麦粉,且各产品间差异也较大,含量范围在0~87.61 mg/kg,均值为30.85 mg/kg,其中1、2、7号这3个样品未检出;而美国全麦粉中二十八烷醇含量平均值为128.43 mg/kg(变幅为98.60~150.22 mg/kg),加拿大全麦粉中二十八烷醇含量平均值为120.10 mg/kg(变幅为95.44~142.19 mg/kg),美国产品和加拿大产品中二十八烷醇含量均值是国内产品均值的4.16倍和3.89倍。由于二十八烷醇主要存在于胚芽、麸皮中,胚乳中几乎不含有<sup>[29]</sup>,因此它的含量高低代表了胚芽与麸皮的含量高低。这说明二十八烷醇可以作为评判全麦粉营养品质的重要特征指标,6种小麦粉几乎不含有胚芽与麸皮,均未检测出二十八烷醇。

表4 不同全麦粉中二十八烷醇含量

Table 4 Content of octacosanol in different whole wheat flours

编号	含量 (mg/kg, DW)	编号	含量 (mg/kg, DW)
1	-	14	118.83±0.66
2	-	15	150.22±0.85
3	27.21±1.56	16	98.60±0.57
4	28.49±1.10	17	146.38±1.46
5	65.63±0.80	18	134.91±0.46
6	12.08±0.40	19	113.02±0.42
7	-	20	137.07±1.21
8	77.12±3.08	21	142.19±1.77
9	24.84±0.91	22	99.51±0.42
10	31.30±0.98	23	129.45±0.83
11	21.44±0.95	24	138.80±1.02
12	25.28±0.80	25	115.23±0.43
13	87.61±1.40	26	95.44±0.65

“-”表示未检出;1~13号样品来源于中国,14~20号样品来源于美国,21~26号样品来源于加拿大;6种中国小麦粉均未检出。

2.3.2 阿魏酸 由表5可知,不同全麦粉和小麦粉中阿魏酸含量差异显著。小麦粉所含阿魏酸平均值

为259.37 mg/kg(变幅为243.14~276.91 mg/kg),而中国全麦粉的阿魏酸含量平均值分别为380.88 mg/kg(变幅为254.44~525.34 mg/kg),其中1号、2号、7号的含量都低于300 mg/kg。美国全麦粉所含阿魏酸平均值为597.53 mg/kg(变幅为537.02~680.68 mg/kg),加拿大全麦粉中阿魏酸平均值为574.91 mg/kg(变幅为535.48~666.64 mg/kg),可见全麦粉的阿魏酸含量要明显高于小麦粉,原因在于阿魏酸主要存在于麸皮、胚芽中,麸皮、胚芽的添加量越多,阿魏酸的含量也就越高,进一步表明可以利用阿魏酸评价全麦粉品质。另外,1号、2号、7号中国全麦粉的阿魏酸测定结果与二十八烷醇相一致,即这2种活性物质含量普遍偏低。虽然大部分中国样品的2个功能特征指标要显著高于小麦粉,但仍然有小部分产品的营养品质过低,呈现出质量参差不齐的现象。

表5 不同全麦粉和小麦粉中阿魏酸含量

Table 5 Content of ferulic acid in different whole wheat flours and wheat flours

编号	含量 (mg/kg, DW)	编号	含量 (mg/kg, DW)
1	292.62±4.40	17	577.28±3.52
2	254.44±5.77	18	680.68±6.00
3	466.38±9.04	19	603.68±4.90
4	364.61±7.08	20	653.69±7.37
5	416.34±5.80	21	666.64±4.98
6	525.34±7.16	22	535.48±9.66
7	266.60±3.69	23	552.42±4.74
8	331.62±9.87	24	623.96±9.48
9	326.48±11.40	25	553.68±5.65
10	486.02±6.47	26	517.28±7.84
11	439.86±3.53	27	243.14±4.38
12	314.16±3.12	28	270.46±3.75
13	467.01±9.16	29	251.63±4.06
14	572.21±3.04	30	264.77±5.22
15	558.14±7.07	31	249.30±3.49
16	537.02±4.67	32	276.91±6.25

1~13号样品来源于中国;14~20号样品来源于美国;21~26号样品来源于加拿大;27~32号样品为小麦粉。

3 结论

矿质元素 Mg、Ca、Fe、Zn、Mn 含量在全麦粉和

小麦粉产品中差异明显,可以作为评价全麦粉营养品质优劣的主要营养指标,而二十八烷醇及阿魏酸可作为2种新的功能性特征指标。13种美国和加拿大样品中这些物质含量均高于中国全麦粉,而中国全麦粉中小部分样品的加工精度较高,麸皮与胚芽含量较少。另外,所有产品均达不到WHO规定的优质蛋白质含量,说明全麦粉产品仍存在一定的营养方面的缺陷。综合分析认为美国、加拿大全麦粉普遍具有较高的营养品质,而中国全麦粉产品间品质有明显差距,建议进一步加快中国全谷物食品标准化研究,促进中国全谷物行业健康稳定发展。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 谭 斌.我国全谷物定义,标签标识及标准体系构建的思考[J].食品工业科技,2013(4):1-4.
- [3] 任国宝,任晨刚,曾维鹏,等.全麦粉品质及其挥发性物质研究[J].中国粮油学报,2017,32(10):8-15.
- [4] 于 爽.剥皮小麦营养粉质量与全麦粉行业标准对比[J].食品科技,2017(5):52.
- [5] ADAM A, LOPEZ H W, TRESSOL J C, et al. Impact of whole wheat flour and its milling fractions on the cecal fermentations and the plasma and liver lipids in rats[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(22): 6557-6562.
- [6] 林茂先.探讨新型小麦色选机在全麦粉生产中的应用[J].粮食加工,2017(3):15-17.
- [7] MCKEVITH B. Nutritional aspects of cereals[J]. Nutrition Bulletin, 2004, 29(2): 111-142.
- [8] 刘光辉.小麦籽粒理化特性及面粉生产方法概述[J].大麦与谷类科学,2017(5):56-61.
- [9] SEAL C J, JONES A R. Barriers to the consumption of whole grain foods[J]. Blackwell Publishing Professional, 2007, 19(3): 243-254.
- [10] 汪丽萍,谭 斌,田晓红,等.国内外市场上全麦粉的品质分析研究[J].粮食科技与经济,2012,37(B12):8-10.
- [11] 刘 宏,汪丽萍,刘 明,等.稳定化全麦粉的品质评价[J].食品与机械,2012(2):6-8.
- [12] 张 晶,王立媛,汤 均,等.保健食品中二十八烷醇的气相色谱检验[J].中国卫生检验杂志,2012,22(3):461-463.
- [13] 王 丹,杜金华.比色法快速测定小麦及其麦芽中的阿魏酸[J].食品与发酵工业,2011,37(1):146-151.
- [14] 刘 慧,王朝辉,李富翠,等.不同麦区小麦籽粒蛋白质与氨基酸含量及评价[J].作物学报,2016,42(5):768-777.
- [15] 李兴贞.不同剥皮率小麦实验制粉的营养素评价[D].郑州:河南工业大学,2016.
- [16] 张 璐,蒲 彪,陈安均,等.阿坝大骨节病区青稞中蛋白质营养价值评价[J].食品科学,2013,34(23):296-299.
- [17] 李春燕,封超年,王亚雷,等.小麦籽粒不同部位的矿质元素组成与其含量差异[J].植物生理学报,2007,43(6):1077-1081.
- [18] CHEN Y, ROSS A B, ÅMAN P, et al. Alkylresorcinols as markers of whole grain wheat and rye in cereal products[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(26): 8242-8246.
- [19] ARVIN D. Whole grains campaign marches on[J]. World Grain, 2008, 9: 40-45.
- [20] ROSS A B, SHEPHERD M J, SCHÜPPHAUS M, et al. Alkylresorcinols in cereals and cereal products[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(14): 4111-4118.
- [21] 周厚德,刘玉环,李瑞贞,等.全麦中烷基间苯二酚的研究概述[J].食品科学,2008(8):680-684.
- [22] 尤 新.植物种子皮壳中抗氧化剂阿魏酸与人体健康[J].食品与生物技术学报,2012,31(7):673-677.
- [23] 纵 伟,赵光远,张文叶.阿魏酸研究进展[J].中国食品添加剂,2006(3):71-73.
- [24] 张志清,王 潇,姚艳艳,等.超声波辅助碱醇提取 HPLC 法测定麦麸中阿魏酸含量[J].中国粮油学报,2010,25(4):89-92.
- [25] CHEN F, WANG Z, ZHAO G, et al. Purification process of octacosanol extracts from rice bran wax by molecular distillation[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(1): 63-68.
- [26] TAYLOR J C, RAPPORT L, LOCKWOOD G B. Octacosanol in human health[J]. Nutrition, 2003, 19(2): 192-195.
- [27] 郭天一,罗非君.二十八烷醇生理功能研究进展[J].粮食与油脂,2017,30(3):26-30.
- [28] 李书国,赵文华,李雪梅,等.小麦源生理活性成分及其功能性食品的研究[J].食品科学,2004,(S1):167-171.
- [29] 吴 定,刘常金,鞠兴荣,等.小麦胚芽中保健功能因子功能与提取[J].食品科学,2005(9):597-600.

(责任编辑:陈海霞)