

# 酒泉小麦胚片的营养成分及安全性指标测定

杨雪芬, 周丽, 韩啸, 王蓉, 陈娟娟, 李婷婷, 任兴权  
(酒泉市食品检验检测中心, 甘肃 酒泉 735000)

**摘要:** 为了解酒泉小麦胚片质量现状和确定酒泉小麦胚片中的优势指标, 给当地小麦胚的精深加工和麦胚相关产品的价值提升提供参考。采集了 23 份酒泉小麦胚片和 5 份其他产地的小麦胚片, 对其脂肪、重金属元素、农药残留等 13 项指标进行测定分析, 从营养成分和安全性两个方面进行量化评价。结果表明, 酒泉小麦胚片中各营养成分含量相对稳定, 总灰分、钠、钙含量与其他产地持平, 脂肪、蛋白质和镁等指标优于其他产地, 其中镁的优势最突出。安全性指标中, 酒泉小麦胚中的铅、总砷和总汞含量与其他产地持平; 镉含量明显低于其他产地, 是较有优势的安全指标, 脂肪酸值含量低于标准最高限量, 但变异性较大。

**关键词:** 甘肃酒泉; 小麦胚片; 营养成分; 安全性

**中图分类号:** TS207.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2097-2172(2023)05-0442-07

**doi:** 10.3969/j.issn.2097-2172.2023.05.010

## Determination of Nutrient Compositions and Safety Indexes of Wheat Germ Flakes in Jiuquan

YANG Xuefeng, ZHOU Li, Han Xiao, WANG Rong, CHEN Juanjuan, LI Tingting, RENG Xingquan  
(Jiuquan Food Test Centre, Jiuquan Gansu 735000, China)

**Abstract:** To understand the quality status of Jiuquan wheat germ flakes and to determine the advantageous indicators in Jiuquan wheat germ flakes so as to provide reference for the deep processing of local wheat germ and the value enhancement of wheat germ related products, 23 wheat germ flake samples from Jiuquan and 5 wheat germ flake samples from other areas were collected, 13 parameters such as contents of ether extract, heavy metals, pesticide residues etc. were determined, and quantitative evaluation was performed through nutrient compositions and safety indicators. The results showed that the nutrient compositions were stable in wheat germ flaks from Jiuquan, contents such as total ash, sodium, and calcium were the same as those in samples from other areas, whereas parameters such as contents of ether extract, protein, and magnesium were superior to those in samples from other areas with magnesium content showed the most prominent advantage. In terms of safety indicators, contents of lead, total arsenic, and total mercury in samples from Jiuquan were the same as those in samples from other areas. The cadmium content in Jiuquan samples was significantly lower than that in samples from other areas, which made it a more advantageous safety indicator. The contents of fatty acids were lower than the standard maximum limit with greater variability.

**Key words:** Gansu Jiuquan; Wheat germ flake; Nutrient composition; Safety index

麦胚是小麦的重要组成部分, 其质量约占小麦籽粒的 2%~4%, 富含蛋白质、脂肪、人体必需氨基酸及多种微量元素<sup>[1]</sup>, 被誉为“人类天然的营养宝库”<sup>[2]</sup>, 广泛用于保健食品、面包、饼干、面条等多种食品的生产原料<sup>[3]</sup>。近年来, 随着人们对饮食健康的重视程度越来越高, 小麦胚因营养

成分丰富且具有较高的抗氧化性而获得较多关注, 主要体现在多肽、黄酮、多糖、蛋白质、小麦胚芽油及麦胚凝集素提取分离和开发利用等方面<sup>[4-9]</sup>。关于小麦胚的综合质量评价也有报道<sup>[3, 10-11]</sup>, 主要涉及蛋白质、脂肪、总糖等营养成分和重金属元素、农药残留量、微生物污染及真菌毒素等安全

收稿日期: 2022-10-31

基金项目: 酒泉市科技局 2021 年科技计划项目(酒科发[2021]47号); 甘肃省市场监督管理局科技计划项目(SSCJG-SP-A202207)。

作者简介: 杨雪芬(1992—), 女, 甘肃酒泉人, 助理工程师, 主要从事食品常规理化分析及营养成分检测工作。Email: 370963170@qq.com。

通信作者: 任兴权(1984—), 男, 甘肃会宁人, 高级工程师, 主要从事食品中污染物检测工作。Email: 330292923@qq.com。

性指标, 但文献使用的测试样品均未涵盖甘肃省出产的小麦胚片。近年来, 甘肃省小麦种植面积稳定在 66.67 万  $\text{hm}^2$  左右, 产量约为 300 万  $\text{t}$  [12-13], 小麦胚生产潜力较大。我们对甘肃省酒泉市出产的小麦胚片和河南、新疆、陕西、广西和山东 5 个省出产的小麦胚片进行了营养成分和外源性污染物含量测定, 对其质量进行综合评价, 以期找出酒泉小麦胚的优势营养成分, 为当地小麦胚的精深加工和麦胚相关产品的价值提升提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样品来源

选取 28 份小麦胚片样品作为测试研究对象, 其中 23 份产地来源为甘肃省酒泉市, 均由酒泉市双禧面粉有限责任公司提供; 其余 5 份样品均来自于网购, 生产厂家(厂家所在地)分别为济源市大河面业有限公司(河南济源)、新疆农科院粮作所科技开发服务公司(新疆乌鲁木齐)、陕西陕富食品有限公司(陕西渭南)、桂林周氏顺发食品有限公司(广西荔浦)和山东聊城自然之源食品有限公司(山东聊城)。28 份样品的编号、来源和生产日期见表 1。

### 1.2 仪器与试剂

TRACE 1310+TSQ8000Evo 三重串联四极杆气质联用仪(美国赛默飞世尔科技公司); PinAAcle 900T 原子吸收光谱仪(美国铂金埃尔默公司); AFS-9531 原子荧光光度计(北京海光仪器公司); SX2-6-12TPJ 马弗炉(济南精密科学仪器仪表有限

公司); DHG-9075A 电热恒温鼓风干燥箱(上海齐欣科学仪器有限公司); SZF-6 脂肪测定仪[邦西仪器科技(上海)有限公司]; Kjeletc 8100 凯氏定氮仪(丹麦福斯公司); SQP 万分之一电子天平(德国赛多利斯公司); MARS 6 CLASSIC 微波消解仪(美国 CEM 公司); LabTech MV5 浓缩仪(北京莱伯泰科仪器股份有限公司)。

45 种农药标准溶液、内标物环氧七氯 B 标准溶液, 由农业农村部环境保护科研检测所生产; 铅、镉、砷、汞、钙、镁、钠标准溶液, 由国家有色金属及电子材料分析测试中心生产; 乙腈、乙酸乙酯, 色谱纯, 由德国 Meker 公司生产; 硝酸的分析纯, 由德国 Meker 公司生产; 其余试剂均为市售国产分析纯。

### 1.3 样品处理

将 28 份小麦胚片样品粉碎过筛后, 用于测定农药残留量的样品置于  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  冰箱中冷冻保存, 用于测定脂肪酸值的样品置于  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  冰箱中密封冷藏, 用于测定其余指标的样品置于阴凉干燥的实验室内密封保存备用。

### 1.4 测定项目及方法

样品水分含量按照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》直接干燥法测定[14]; 样品总灰分按照 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》总灰分的测定方法测定[15]; 脂肪含量按照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》索氏抽提法测定[16]; 蛋白

表 1 供试小麦胚片样品编号、来源和生产日期

样品编号	厂家所在地	是否熟制	生产日期	样品编号	厂家所在地	是否熟制	生产日期
1	甘肃酒泉	否	2022年1月	15	甘肃酒泉	否	2022年3月
2	甘肃酒泉	否	2022年1月	16	甘肃酒泉	否	2022年3月
3	甘肃酒泉	否	2022年1月	17	甘肃酒泉	否	2022年3月
4	甘肃酒泉	否	2022年1月	18	甘肃酒泉	否	2022年3月
5	甘肃酒泉	否	2022年1月	19	甘肃酒泉	是	2022年1月
6	甘肃酒泉	否	2022年1月	20	甘肃酒泉	是	2022年1月
7	甘肃酒泉	否	2022年1月	21	甘肃酒泉	是	2022年1月
8	甘肃酒泉	否	2022年1月	22	甘肃酒泉	是	2022年1月
9	甘肃酒泉	否	2022年3月	23	甘肃酒泉	是	2022年1月
10	甘肃酒泉	否	2022年3月	24	河南济源	是	2021年12月
11	甘肃酒泉	否	2022年3月	25	新疆乌鲁木齐	是	2021年12月
12	甘肃酒泉	否	2022年3月	26	陕西渭南	是	2021年12月
13	甘肃酒泉	否	2022年3月	27	广西荔浦	是	2021年11月
14	甘肃酒泉	否	2022年3月	28	山东聊城	是	2021年12月

质含量 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》凯氏定氮法析测定<sup>[17]</sup>；脂肪酸值按照 GB/T 5510—2011《粮油检验 粮食、油料脂肪酸值测定》石油醚提取法测定<sup>[18]</sup>；钠、镁和钙含量分别按照 GB 5009.91—2017《食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定》<sup>[19]</sup>、GB 5009.241—2017《食品安全国家标准 食品中镁的测定》<sup>[20]</sup>、GB 5009.92—2016《食品安全国家标准 食品中钙的测定》规定的火焰原子吸收光谱法测定<sup>[21]</sup>；铅和镉含量分别按照 GB 5009.12—2017《食品安全国家标准 食品中铅的测定》和 GB 5009.15—2014《食品安全国家标准 食品中镉的测定》规定的石墨炉原子吸收光谱法测定<sup>[22-23]</sup>；总砷和总汞分别按照 GB 5009.11—2014《食品安全国家标准 食品中总砷及无机砷的测定》和 GB 5009.17—2021《食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定》规定的原子荧光光谱法测定<sup>[24-25]</sup>；农药残留量按照李婷婷等<sup>[26]</sup>的 QuEChERS 联用气相色谱-质谱法分析

测定。

### 1.5 数据统计与分析

采用 Microsoft Excel 2010 软件进行实验数据的统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 营养成分

28 份小麦胚片的水分、总灰分、脂肪、蛋白质、钠、镁、钙含量见表 2。针对研究样品的产地来源和是否熟制等差异因素，对得到的 7 种营养成分的含量数据进行统计分析，结果见表 3、4。

2.1.1 水分 未熟制小麦胚片水分含量均值为 116.1 g/kg(变异系数为 20.67%)，熟制小麦胚片水分含量均值为 40.0 g/kg(变异系数为 39.11%)。酒泉熟制小麦胚片水分含量均值为 30.1 g/kg(变异系数为 10.13%)，较其他省市的熟制小麦胚片，水分含量更低且变异系数降低明显。可见，熟制小麦的胚片水分含量均值明显低于未熟制小麦胚片，说明熟制工艺对降低小麦胚中水分含量有较为显

表 2 28 份小麦胚片的营养成分含量

样品编号	水分 /(g/kg)	总灰分 /(g/kg)	脂肪 /(g/kg)	蛋白质 /(g/kg)	钠 /(mg/kg)	镁 /(mg/kg)	钙 /(mg/kg)
1	137.2	43.2	115.5	282.0	49.7	2 734.4	310.3
2	137.5	43.4	118.0	287.4	48.6	2 732.3	294.6
3	144.8	43.4	116.2	288.2	40.6	2 649.1	287.7
4	137.9	42.7	120.4	288.9	40.8	2 672.1	297.9
5	136.1	42.9	105.9	291.7	46.3	2 776.0	357.0
6	136.2	42.8	107.3	290.5	47.2	2 611.5	597.0
7	139.5	43.1	107.1	293.2	47.1	2 757.4	327.7
8	135.0	42.6	112.2	291.4	44.6	2 878.3	588.2
9	86.6	42.6	96.7	281.7	26.2	2 356.3	421.6
10	80.9	45.5	109.4	306.1	47.7	2 465.5	360.2
11	134.7	42.9	111.7	293.3	46.3	2 189.2	527.3
12	105.4	43.4	114.7	303.7	48.1	2 524.0	410.1
13	114.5	44.1	114.8	300.1	51.3	2 667.3	526.7
14	81.3	46.2	115.7	310.6	44.5	2 489.7	383.4
15	103.0	43.1	100.8	288.1	36.0	2 423.1	350.7
16	79.6	46.5	113.4	312.9	44.0	2 332.3	286.1
17	94.4	45.2	117.1	305.8	52.6	2 364.0	277.8
18	105.2	44.8	116.8	300.8	53.5	2 738.6	270.8
19	32.8	47.3	114.5	321.3	35.7	2 653.9	362.1
20	32.8	47.2	117.1	326.3	33.8	3 026.8	281.8
21	31.3	47.6	107.2	322.1	36.2	2 435.9	443.3
22	26.6	47.4	107.0	324.4	46.1	3 064.3	388.2
23	27.1	47.1	108.7	324.9	42.7	2 853.3	493.3
24	52.8	41.6	109.9	294.2	15.9	2 012.2	293.9
25	44.8	50.5	115.3	314.7	27.8	2 596.4	394.0
26	25.3	48.1	119.5	318.1	58.6	2 008.9	405.0
27	73.0	41.7	81.7	260.7	57.8	2 310.5	431.5
28	53.7	48.2	98.5	296.9	35.2	2 513.6	589.6

表 3 小麦胚片中各营养成分含量<sup>①</sup>

样品类型 及来源	水分				总灰分				脂肪				蛋白质			
	平均值 /(g/kg)	总值 /(g/kg)	变幅 /(g/kg)	变异 系数 /%	平均值 /(g/kg)	总值 /(g/kg)	变幅 /(g/kg)	变异 系数 /%	平均值 /(g/kg)	总值 /(g/kg)	变幅 /(g/kg)	变异 系数 /%	平均值 /(g/kg)	总值 /(g/kg)	变幅 /(g/kg)	变异 系数 /%
未熟制小麦胚片	116.1	2 089.7	79.6~144.8	20.67	43.8	788.5	42.6~46.5	2.91	111.9	2 013.7	96.7~120.4	5.59	295.4	5 316.4	281.7~312.9	3.20
熟制小麦胚片	40.0	400.2	25.3~73.0	39.11	46.7	466.7	41.6~50.5	6.05	107.9	1 079.4	81.7~119.5	10.23	310.4	3 103.6	260.7~329.3	6.71
小麦胚片(酒泉)	30.1	150.6	27.1~32.8	10.13	47.3	236.6	47.1~47.6	0.41	110.9	554.5	107.0~117.1	4.16	323.8	1 619.0	321.3~326.3	0.64
小麦胚片(其他)	49.9	249.6	25.3~73.0	34.52	46.0	230.1	41.6~50.5	8.92	105.0	524.9	81.7~119.5	14.49	296.9	1 484.6	260.7~318.1	7.69

①未熟制小麦胚片表示参与统计分析的样品为甘肃酒泉的未熟制小麦胚片, 小麦胚片(酒泉)表示参与统计分析的样品为甘肃酒泉的熟制小麦胚片, 熟制小麦胚片表示参与统计分析的样品为所有熟制小麦胚片, 小麦胚片(其他)表示参与统计分析的样品为除甘肃酒泉外的其他产地的熟制小麦胚片。表 4、6 同。

表 4 小麦胚片中微量元素含量

样品类型 及来源	钠				镁				钙			
	平均值 /(mg/kg)	总值 /(mg/kg)	变幅 /(mg/kg)	变异 系数 /%	平均值 /(mg/kg)	总值 /(mg/kg)	变幅 /(mg/kg)	变异 系数 /%	平均值 /(mg/kg)	总值 /(mg/kg)	变幅 /(mg/kg)	变异 系数 /%
未熟制小麦胚片	45.3	815.1	26.2~53.5	14.23	2 575.6	46 361.1	2 189.2~2 878.3	7.37	382.0	6 875.1	270.8~597.0	28.35
熟制小麦胚片	39.0	389.8	33.8~46.1	33.35	2 547.6	25 475.8	2 008.9~3 064.3	14.63	408.3	4 082.7	281.8~589.6	22.17
小麦胚片(酒泉)	38.9	194.5	33.8~46.1	13.47	2 806.8	14 034.2	2 435.9~3 064.3	9.39	393.7	1 968.7	281.8~493.3	20.45
小麦胚片(其他)	39.1	195.3	15.9~58.6	48.09	2 288.3	11 441.6	2 008.9~2 596.4	11.98	422.8	2 114.0	293.9~589.6	25.27

著的作用, 对延长其保质期有较为积极的意义<sup>[27]</sup>。不论小麦胚片样品是否经过熟制工艺, 其水分含量变异系数均超过 20%, 样品水分含量变幅较大主要是由生产所用原粮品种、制粉工艺和产地等因素导致的<sup>[11]</sup>。

2.1.2 总灰分 总灰分含量可反映样品包含无机物质的多少。28 份样品中含量差异最小的营养成分是总灰分, 均值为 43.8~47.3 g/kg, 变幅为 41.6~50.5 g/kg, 变异系数为 0.41%~8.92%。产地为酒泉的熟制小麦胚片总灰分含量均值为 47.3 g/kg(变异系数为 0.41%), 产地为其他省市的熟制小麦胚片总灰分含量均值为 46.0 g/kg(变异系数为 8.92%)。

2.1.3 脂肪 产地为酒泉的未熟制和熟制小麦胚片中脂肪含量均值分别为 111.9、110.9 g/kg, 略高于其他省市的小麦胚片脂肪含量; 变异系数分别为 5.59%、4.16%, 明显低于其他省市的熟制小麦胚片, 说明产地为酒泉的小麦胚片中脂肪含量相对稳定。

2.1.4 蛋白质 未熟制的酒泉小麦胚片中, 蛋白质含量均值为 295.4 g/kg, 变幅为 281.7~312.9

g/kg。熟制的酒泉小麦胚片中蛋白质含量均值为 323.8 g/kg, 高于其他省市的熟制小麦胚片中蛋白质含量, 变异系数为 0.64%, 较其他省市的熟制小麦胚片和酒泉的未熟制小麦胚片更稳定。

2.1.5 钠 供试小麦胚片样品中, 钠含量普遍较低, 变幅为 15.9~58.6 mg/kg, 其中产地为酒泉的未熟制和熟制小麦胚片钠含量均值为 45.3、38.9 mg/kg, 变异系数分别为 14.23%、13.47%。

2.1.6 镁 供试小麦胚片中, 镁含量较为丰富。产地为酒泉的未熟制和熟制小麦胚片中镁含量均值分别为 2 575.6、2 806.8 mg/kg, 明显高于其他产地的熟制小麦胚片且变异较小。

2.1.7 钙 小麦胚片中, 钙含量的变幅为 270.8~597.0 mg/kg、变异系数为 20.45%~28.35%, 其中酒泉未熟制和熟制小麦胚的钙含量均值分别为 382.0、393.7 mg/kg。较其他产地的熟制小麦胚而言, 含量略有降低。

## 2.2 安全品质分析

对样品的脂肪酸值及铅、镉、总汞、总砷和农药残留等外源性污染物检测的结果见表 5。依据测试样品产地来源和是否熟制对样品进行分类,

对得到的安全品质指标进行统计分析的结果见表 6。

2.2.1 脂肪酸值 从表 5 可知,产地为酒泉的未熟制小麦胚片脂肪酸值均值为 1 609.1 mg/kg,明显高于产地为酒泉的熟制小麦胚片。所有熟制小麦胚片的脂肪酸值均低于 LS/T 3210-1993《小麦胚(胚片、胚粉)》中规定的最高限量值<sup>[27]</sup>。就熟制小麦胚片而言,其他产地小麦胚片的生产日期均早于产地为酒泉的熟制小麦胚片,其脂肪酸值呈现出升高趋势。说明通过熟制来降低其脂肪酶和脂肪氧化酶的活性<sup>[28]</sup>,进而延长产品的保质期限切实可行。

2.2.2 金属污染物含量 对 28 份样品检测的结果(表 5)表明,4 种重金属污染元素的含量均低于 GB 2762—2017《食品安全国家标准食品中污染物限量》中规定的最高限量要求<sup>[29]</sup>。供试 28 份小麦胚片中均未检出总汞。对供试样品安全品质检测

的结果(表 6)表明,小麦胚片样品中,总砷含量相对稳定,产地为酒泉的未熟制小麦胚片总砷含量均值为 0.025 mg/kg,产地为酒泉的熟制小麦胚片总砷含量均值为 0.028 mg/kg,其他产地的熟制小麦胚片总砷含量均值为 0.027 mg/kg。总砷含量的变异系数为 7.73%~15.20%,说明产品是否熟制和产地来源等差异因素对其影响较低。产地为酒泉的未熟制小麦胚片铅含量均值为 0.026 mg/kg,产地为酒泉的熟制小麦胚片铅含量均值为 0.032 mg/kg,其他产地的熟制小麦胚片铅含量均值为 0.027 mg/kg。供试小麦胚片中,铅含量的变异性差异较为明显,其他产地的熟制小麦胚片明显高于产地为酒泉的未熟制和熟制小麦胚片。产地为酒泉的未熟制小麦胚片镉含量均值为 0.079 mg/kg;熟制小麦胚片镉含量均值为 0.054 mg/kg,明显低于其他产地的熟制小麦胚片且变异系数较小。就

表 5 28 份小麦胚片安全品质检测结果<sup>①</sup>

样品 编号	脂肪酸值 /(mg/kg)	铅 /(mg/kg)	总砷 /(mg/kg)	镉 /(mg/kg)	总汞 /(mg/kg)	农药残留	
						名称	含量 /(mg/kg)
1	2 042.0	0.020	0.024	0.075	/	/	
2	1 898.6	0.039	0.020	0.055	/	/	
3	1 202.1	0.026	0.026	0.074	/	/	
4	1 926.3	0.033	0.026	0.076	/	/	
5	1 814.2	0.020	0.022	0.067	/	/	
6	1 830.6	0.020	0.026	0.064	/	/	
7	1 943.4	0.020	0.020	0.069	/	/	
8	1 972.3	0.020	0.022	0.088	/	/	
9	2 033.1	0.022	0.035	0.075	/	伏杀硫磷	0.014
					/	溴氰菊酯	0.011
10	1 970.3	0.027	0.025	0.081	/	溴氰菊酯	0.014
11	1 845.1	0.037	0.026	0.134	/		
12	1 337.4	0.024	0.026	0.068	/		
13	1 544.2	0.031	0.025	0.081	/	亚胺硫磷	0.011
14	1 130.7	0.033	0.023	0.075	/		
15	1 067.1	0.024	0.030	0.052	/		
16	1 108.6	0.021	0.028	0.114	/	溴氰菊酯	0.017
17	1 114.3	0.020	0.025	0.081	/	/	
18	1 183.7	0.032	0.020	0.086	/	/	
19	823.7	0.029	0.026	0.053	/	/	
20	734.2	0.023	0.026	0.047	/	/	
21	756.9	0.044	0.029	0.056	/	/	
22	726.1	0.023	0.031	0.060	/	/	
23	684.5	0.043	0.030	0.056	/	/	
24	1 385.6	0.021	0.025	0.109	/	戊唑醇	0.010
25	1230.8	0.024	0.033	0.077	/	/	
26	557.6	0.020	0.025	0.076	/	/	
27	1 140.0	0.047	0.024	0.163	/	4,4'-DDE	0.018
28	1068.1	0.023	0.029	0.160	/	/	

①当样品中目标物含量低于其方法检出限时,报告未检出,以“/”表示。

表 6 小麦胚片安全品质检测结果

样品类型 及来源	脂肪酸值				铅				总砷				镉			
	平均值 /(mg/kg)	总值 /(mg/kg)	变幅 /(mg/kg)	变异 系数 /%	平均值 /(mg/kg)	总值 /(mg/kg)	变幅 /(mg/kg)	变异 系数 /%	平均值 /(mg/kg)	总值 /(mg/kg)	变幅 /(mg/kg)	变异 系数 /%	平均值 /(mg/kg)	总值 /(mg/kg)	变幅 /(mg/kg)	变异 系数 /%
未熟制小麦胚片	1 609.1	2 896.4	1 067.1~2 042.0	23.90	0.026	0.47	0.020~0.039	25.04	0.025	0.45	0.020~0.035	15.20	0.079	1.42	0.052~0.134	24.57
熟制小麦胚片	910.8	9 107.5	557.6~1 385.6	30.13	0.030	0.30	0.020~0.047	36.28	0.028	0.28	0.024~0.038	11.08	0.086	0.86	0.047~0.163	51.20
小麦胚片(酒泉)	745.1	3 725.4	684.5~823.7	6.87	0.032	0.16	0.023~0.044	32.19	0.028	0.14	0.026~0.031	7.73	0.054	0.27	0.047~0.060	9.22
小麦胚片(其他)	1 076.4	5 382.1	557.6~1 385.6	29.11	0.027	0.13	0.020~0.047	42.87	0.027	0.14	0.024~0.033	14.51	0.120	0.59	0.076~0.163	36.54

测试的小麦胚片中 4 种金属污染物而言, 铅和镉的含量与原粮和产地等因素有密切关系, 在评价其质量时应给予更多关注, 在食品安全监督管理工作中也应得到重视。

2.2.3 农药残留量 在 28 份样品中, 共有 6 批次样品中检出农药残留, 检出农药的含量均小于 GB 2763-2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》的要求<sup>[29]</sup>。编号为 9 的未熟制酒泉小麦胚片检出伏杀硫磷和溴氰菊酯, 含量分别为 0.014、0.011 mg/kg; 编号为 10 和 16 的未熟制酒泉小麦胚片检出溴氰菊酯, 含量分别为 0.014、0.017 mg/kg; 编号为 13 的未熟制酒泉小麦胚片检出亚胺硫磷, 含量为 0.011 mg/kg; 编号为 24 的熟制河南济源小麦胚片检出戊唑醇, 含量为 0.010 mg/kg; 编号为 27 的熟制广西荔浦小麦胚片检出 4, 4'-DDE, 含量为 0.018 mg/kg。来自酒泉的 5 份熟制小麦胚片样品中均未检出农药残留。

### 3 讨论与结论

小麦胚片中脂肪含量较高, 在脂肪酶和脂肪氧化酶的作用下易发生酸败变质<sup>[30]</sup>, 通过脂肪酸值的大小可判断样品中脂肪酸败水解的程度, 脂肪酸值越大则表示样品水解酸败程度越严重<sup>[31]</sup>。我们用 5 份其他产地的小麦胚片做对照, 从营养成分和安全指标两个方面评价了 23 份酒泉小麦胚片的产品质量, 检测了水分、总灰分、脂肪等 13 项指标。由于酒泉小麦胚片的原粮来源比较固定, 因此其各指标的变异系数均小于其他产地小麦胚。测定的 7 种营养成分指标中, 酒泉小麦胚片中的总灰分和钠与其他产地持平, 钙含量略低于其他产地, 脂肪、蛋白质和镁含量均明显高于其他产地。安全性指标中, 酒泉小麦胚片中的铅、总砷和总汞含量与其他产地持平, 镉含量明显低于其他产地。综上所述, 脂肪、蛋白质和镁是酒泉小

麦胚片中较有优势的营养成分, 其中镁的优势最突出。镉是酒泉小麦胚片较有优势的安全指标, 作为一种重金属污染物, 其在小麦胚片中的含量水平受产地影响较大, 应在安全性评价时将其作为必要的参考指标, 所有测试样品中钠含量均值均小于 GB 28050—2011 食品安全国家标准预包装食品营养标签通则给出的“0”界限值<sup>[32]</sup>, 可视为无钠或者极低钠食品。另外, 小麦胚片的脂肪酸值受生产工艺、包装方式和保存期限等因素影响较大, 是衡量产品是否酸败变质的重要参数, 需在后续小麦胚片产品质量评价中给予关注。

### 参考文献:

- [1] 宋归华, 刘 锐, 王旭琳, 等. 小麦及制品的营养特性与营养化途径[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(7): 180-187.
- [2] 李 欣, 米生权, 陈 文, 等. 麦胚的营养和功能活性及发酵对其影响的研究进展[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(7): 195-202.
- [3] 赵福利, 钟 葵, 佟立涛, 等. 不同产地小麦胚芽营养成分的比较分析[J]. 现代食品科技, 2014, 30(3): 182-188.
- [4] LIAO AIMEI, LI XIAOXIAO, GUZESHAN, et al. Preparation and identification of an antioxidant peptide from wheat embryo albumin and characterization of its Maillard reaction products[J]. Journal of Food Science, 2022, 87(6): 2549-2562.
- [5] 甄红伟, 何思鲁, 牟建楼, 等. 响应面法优化小麦胚芽总黄酮的提取工艺[J]. 中国食品添加剂, 2017(6): 128-132.
- [6] 胡 蕾, 叶 鹏, 彭子木, 等. 蒸汽爆破麦胚多糖提取工艺优化及其理化性质研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(1): 149-155.
- [7] 曾 祺, 郑安娜, 张志国. 麦胚蛋白的提取及其酶解制备多肽工艺参数优化[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(6): 20-24.

- [8] ASLAN KUBRA SENGUL, KARABULUTHSANKOC, TUGCABILENLER. Changes in oxidative stability and phytochemical contents of microencapsulated wheat germ oil during accelerated storage[J]. Food Bioscience, 2021, 44: e101415.
- [9] KUO YUNG CHIH, CHANG YU HSUAN, RAJESH RAJENDIRAN. Targeted delivery of etoposide, carmustine and doxorubicin to human glioblastoma cells using methoxypoly (ethylene glycol)-poly ( $\epsilon$ -caprolactone) nanoparticles conjugated with wheat germ agglutinin and folic acid[J]. Materials Science and Engineering, 2019, 96: 114-125.
- [10] 严斌, 刘丽娅, 钟葵, 等. 基于 ICP-MS 的不同来源小麦胚芽矿物元素对比分析[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(11): 7-12.
- [11] 谢宇航, 蒲晓庆, 马森, 等. 多地麦胚粉营养及安全品质调查[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(11): 92-95.
- [12] 刘广才, 赵贵宾, 李博文, 等. 甘肃省小麦产业现状及发展对策[J]. 甘肃农业科技, 2020(1): 70-74.
- [13] 汤瑛芳, 李红霞, 刘锦晖, 等. 甘肃省粮食生产形势及新时期粮食安全对策研究[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(8): 63-71.
- [14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 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.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 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.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009.6—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009.5—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 粮油检验 粮食、油料脂肪酸值测定: GB/T 5510—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定: GB 5009.91—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中镁的测定: GB 5009.241—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [21] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中钙的测定: GB 5009.92—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中铅的测定: GB 5009.12—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [23] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中镉的测定: GB 5009.15—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [24] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中总砷及无机砷的测定: GB 5009.11—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [25] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定: GB 5009.17—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [26] 李婷婷, 任兴权, 周丽, 等. QuEChERS-气相色谱-质谱法同时测定小麦胚中 45 种农药残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(19): 6423-6430.
- [27] 中华人民共和国商业部. 中华人民共和国行业标准 小麦胚(胚片、胚粉): LS/T 3210—1993[S]. 北京: 中国商业出版社, 1993.
- [28] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中污染物限量: GB 2762—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [29] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 中华人民共和国农业农村部, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量: GB 2763—2021[S]. 北京: 中国农业出版社, 2021.
- [30] 吴佳, 王燕, 陈星. 麦胚稳定化处理的研究[J]. 中国农学通报, 2019, 35(29): 134-142.
- [31] 樊永华. 不同处理方式对麦胚贮藏期间脂肪酸值的影响[J]. 粮油农资, 2016(5): 9-10.
- [32] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则: GB 28050—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.