

DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2020.18.019

# 全谷物杂粮配比对复合麦片主要营养特性的影响研究

司俊玲, 郑坚强\*, 张梦梦, 申瑞玲, 王章存  
(郑州轻工业大学 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450000)

**摘要:**以燕麦、青稞、高粱为原料,开发全谷物杂粮麦片,分析添加不同质量比的全谷物杂粮的麦片与纯燕麦片的水分、灰分、脂肪、蛋白质、矿物质、 $\beta$ -葡聚糖等指标的差异。通过分析,燕麦、青稞、高粱的质量比为5:2.5:2.5、4:3:3、3:3.5:3.5、2:4:4时,复合麦片中的蛋白质含量分别为14.52%、15.43%、16.73%、17.24%, $\beta$ -葡聚糖含量分别为2.49%、2.12%、2.01%、1.79%,与对照组纯燕麦片相比显著增加( $p < 0.05$ ),钙含量分别为458.29、467.16、479.94、496.58 mg/kg,铁含量分别为42.71、43.29、43.98、44.36 mg/kg,锌含量为4.21、4.64、4.40、4.56 mg/kg,锰含量分别为2.71、2.92、3.01、3.13 mg/kg。4组复合麦片中还原糖、脂肪含量差别不大。

**关键词:**全谷物麦片;杂粮;理化指标;感官评价;含量

## Study on the Quality Characteristics of the Ratio of Whole Grain Oatmeal

SI Jun-ling, ZHENG Jian-qiang\*, ZHANG Meng-meng, SHEN Rui-ling, WANG Zhang-cun  
(School of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450000, Henan, China)

**Abstract:** The oats, barley, sorghum as raw materials for whole grain oatmeal, the differences of moisture, ash, fat, protein, minerals and  $\beta$ -glucan between the oats and whole grain oatmeal with different proportions were analyzed. The results showed that when the ratios of oat, barley and sorghum were 5:2.5:2.5, 4:3:3, 3:3.5:3.5, 2:4:4 the protein content of mixed flake was 14.52%, 15.43%, 16.73%, 17.24%, and the content of  $\beta$ -glucan was 2.49%, 2.12%, 2.01%, 1.79%. Compared with the control oats, the content of calcium was 458.29, 467.16, 479.94, 496.58 mg/kg, iron content was 42.71, 43.29, 43.98, 44.36 mg/kg, zinc content was 4.21, 4.64, 4.40, 4.56 mg/kg, manganese content was 2.71, 2.92, 3.01 and 3.13 mg/kg. There was no significant difference in reducing sugar and fat content among the four groups.

**Key words:** whole grain oatmeal; coarse cereals; physicochemical properties; sensory evaluation; content

引文格式:

司俊玲, 郑坚强, 张梦梦, 等. 全谷物杂粮配比对复合麦片主要营养特性的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(18): 113-119

SI Junling, ZHENG Jianqiang, ZHANG Mengmeng, et al. Study on the Quality Characteristics of the Ratio of Whole Grain Oatmeal[J]. Food Research and Development, 2020, 41(18): 113-119

全谷物是指各组成部分包括胚乳、胚芽与皮层都

完整保留,仅仅将谷物进行碾碎<sup>[1]</sup>。与精加工的谷物相比,全谷物仅仅去除了外皮,保留了麸皮、胚芽和胚乳等富含很多对人体有益的营养物质。常见的全谷物有全麦、糙米、荞麦、高粱米、薏米等。随着消费者饮食观念逐渐改变,对全谷物的认识也在不断加深,因此全谷物所占的市场份额也在不断增加。

全谷物麸皮、胚芽含有丰富的纤维素类、维生素 B

基金项目:河南省科技攻关(农业领域)计划项目(192102110101、182102110199)

作者简介:司俊玲(1976—),女(汉),副教授,硕士,主要从事杂粮加工技术研究。

\* 通信作者:郑坚强(1976—),男(汉),副教授,博士,主要从事食品加工技术研究。

类、矿物质<sup>[2]</sup>,一些蛋白质以及对心脏有益的营养物质<sup>[3]</sup>。也含有大量的抗氧化活性物质,如酚类物质、类胡萝卜素、 $\gamma$ -谷维素、植物甾醇以及植酸盐等<sup>[4]</sup>。中年健康人群每天食用若干全谷物,同时限制精制谷物的摄入,不易引发心血管疾病<sup>[5]</sup>。与食用精加工谷物者相比,食用全谷物的肥胖成年人的C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)及腹部脂肪的比例显著降低<sup>[6]</sup>。

近年来,部分人群膳食生活不规律,饮食作息不均衡,糖尿病、心血管疾病等慢性病不再是肥胖人群的专属名词,消费者更注重根据品质和营养价值来选择食品<sup>[7]</sup>,通过调节饮食来改善健康状况和预防慢性病。全谷物未经精细加工,最大程度地保留了谷物中的营养成分,对慢性疾病的预防有很大帮助<sup>[8]</sup>。我国是粮食大国,高粱、荞麦、燕麦、青稞及杂豆等资源明显<sup>[9]</sup>。对于未经适当技术处理的全谷物,其口感苦涩,食用口感欠佳<sup>[10]</sup>。随着食品加工技术不断提高,消费者饮食观念改变,全谷物食品发展前景广阔。

本文研究添加不同质量比的全谷物复合麦片与纯燕麦片在水分、灰分、蛋白质、脂肪、还原糖、矿物质(钙、铁、锌、锰)等指标的差异,并对全谷物复合麦片冲泡前及冲泡后的香气、汤汁口感、麦片口感、色泽、溶解性等感官指标进行评价,为全谷物复合麦片的开发研究提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 主要原料

高粱:河北晋中市;青稞:西藏自治区农牧科学院;燕麦:河北张家口市。均为食品级全谷物,经粉碎,干燥、低温保藏。3种全谷物产品不同添加量见表1。

#### 1.1.2 主要试剂

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{H}_3\text{BO}_3$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 、 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{KNa} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、95%乙醇、甲基红指示剂、溴甲酚绿指示剂、亚甲基蓝指示剂、刚果红、石油醚( $\text{C}_{10}\text{H}_{20+2}$ )(沸程为60℃~80℃);均为分析纯,国药

表1 全谷物复合麦片原料组成

Table 1 Composition of whole grain oatmeal

温度	对照	燕麦粉添 加量/%	青稞粉添 加量/%	高粱粉添 加量/%
根据具体 步骤设置 温度	第一组	20	40	40
	第二组	30	35	35
	第三组	40	30	30
	第四组	50	25	25

集团化学试剂有限公司;D-葡萄糖:天津市大茂化学试剂厂; $\beta$ -葡聚糖标准品:sigma公司。

#### 1.1.3 主要仪器

CEM MARS 240/50 型微波消解仪:美国 CEM 公司;KDN103F 型定氮仪、HYP-308 型消化炉:上海纤检仪器有限公司;AA240FS 型原子吸收分光光度计:上海光谱仪器有限公司;TGL-16M 型台式高速冷冻离心机:上海卢湘仪离心机仪器有限公司;JMS-30A 型胶体磨:廊坊市廊通机械有限公司;AQ-180E 型多用途磨粉机:慈溪市耐欧电器有限公司;TU-1810PC 型紫外可见分光光度计:北京普析通用仪器有限责任公司;SX-4-10 型箱式电阻炉:北京科伟永兴仪器有限公司;XQ200 多功能高速粉碎机:上海广沙工贸有限公司。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 麦片生产工艺流程

原料处理→粉碎→调浆→胶磨→蒸煮→干燥→压片→造粒→干燥→常温保藏

### 1.2.2 感官评价方法

对纯燕麦片和4种全谷物复合麦片(原料组成见表1)进行感官评价。经感官培训合格的10位食品专业的人员对冲泡前和冲泡后的麦片,按照表2和表3评分细则进行感官评价,冲泡前与冲泡后的麦片总分为100分<sup>[11-12]</sup>。

### 1.2.3 纯燕麦片与添加不同质量比全谷物的麦片营养指标分析

将粉碎后的全谷物经过加工制成5种麦片,即纯燕麦片和全谷物复合麦片,麦片置于常温下密封保存,待测。

表2 全谷物复合麦片冲泡前的感官评价方法

Table 2 Sensory evaluation of whole grain oatmeal before brewing

指标	描述及评分			评价方法
色泽 (15分)	表面油润,色泽明亮;11分~15分	有一定的光泽;6分~10分	色泽暗淡;1分~5分	在自封袋中目测观察
外观情况(15分)	形状大小一致,薄厚均匀,颗粒分明,无破碎;11分~15分	形状可能有偏大现象,比较完整;6分~10分	形状大小不均一,有大量破碎,表面粗糙;1分~5分	在自封袋中目测观察
综合印象评分	很好;21分~30分	一般;11分~20分	很差;2分~10分	综合上述指标进行整体评价

表3 全谷物复合麦片冲泡后的感官评价方法  
Table 3 Sensory evaluation of brewing whole grain oatmeal

指标	描述及评分			评价方法
气味(10分)	香味浓郁、口感松爽; 8分~10分	有淡淡的麦片香气,无异味; 5分~7分	无麦片香味或有异常气味; 1分~4分	闻麦片粥的气味
汤汁口感(20分)	黏稠度大,口感顺滑; 17分~20分	有一定的黏稠度,口感一般; 12分~16分	口感干涩,味道不正; 5分~11分	用一次性纸杯品尝汤汁,进行评价
燕麦片口感(20分)	容易咀嚼,麦片劲道; 17分~20分	容易咀嚼,麦片劲道一般; 12分~16分	难咀嚼,口感粗糙,粘牙; 5分~11分	用一次性纸杯品尝汤和麦片,进行评价
风味(10分)	麦片味道浓厚; 8分~10分	麦片味道平淡; 5分~7分	无麦片味道或存在其它异味; 1分~4分	连汤带麦片一次倒入口中咀嚼,品尝,进行评价
溶解性(10分)	时间短、完全溶解、搅拌无沉淀; 8分~10分	有少量难溶解固体,溶解时间较长; 5分~7分	存在大量难溶解固体,溶解时间稍长; 1分~4分	观察麦片粥的溶解后的形状大小及数量
综合印象评分	美味; 55分~70分	一般; 37分~54分	难吃; 17分~36分	综合以上已评分指标进行整体评价

### 1.2.3.1 水分含量

参照 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。

### 1.2.3.2 蛋白质含量

参照 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。

### 1.2.3.3 脂肪含量

参照 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。其中不同于国标的是抽提10 h。

### 1.2.3.4 β-葡聚糖含量

1)绘制标准曲线:取6组比色管(10 mL),分别设3支平行管(1号管为一个)。制备成0.1 mg/mL的β-葡聚糖标准溶液,每个比色管均加入0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL。并在每支比色管中加入蒸馏水进行稀释,并补足至2.0 mL。分别在稀释后的各管中加入4.0 mL的刚果红溶液,立即涡旋振荡10 s,在25℃条件下反应20 min,在550 nm波长下用紫外分光光度计测定吸光度值。以β-葡聚糖含量 $X(\mu\text{g/mL})$ 为横坐标、吸光度值 $Y$ 为纵坐标绘制标准曲线。

2)样品测定:将待测样品用20 mL水溶解,在沸水浴中(100℃)处理时间1 h,离心沉淀后定容至10 mL<sup>[5]</sup>。稀释10倍,取2.0 mL于试管中,按照上述步骤测得样品溶液的吸光度,然后将其代入标准曲线方程计算,再乘以样品的稀释倍数,计算得到样品中β-葡聚糖含量<sup>[13-14]</sup>。

### 1.2.3.5 矿物质(钙、铁、锌、锰)含量

参照 GB 5009.92-2016《食品安全国家标准 食品中钙的测定》,GB 5009.90-2016《食品安全国家标准 食品中铁的测定》,GB 5009.14-2017《食品安全国家标准 食品中锌的测定》,GB 5009.242-2017《食品安全国家

标准 食品中锰的测定》均采用火焰原子吸收光谱法。

根据不同的待测元素设置原子吸收分光光度计参数,见表4。

表4 原子吸收分光光度计各待测元素参数  
Table 4 Parameters of each element in atomic absorption spectrophotomete

参数	波长/ nm	狭缝/ nm	灯电流/ mA	空气流量/ (L/min)	乙炔气流量/ (L/min)	火焰类型
Ca	422.7	0.5	3.0	13.50	2.00	空气/乙炔
Fe	248.3	0.2	10.0	13.50	2.00	空气/乙炔
Zn	213.9	1.0	10.0	13.50	2.00	空气/乙炔
Mn	279.5	0.2	10.0	13.50	2.00	空气/乙炔

根据 EXCEL 作图得到的线性方程,分别代入各样品的吸光度值得得矿物质浓度 $c(\text{mg/L})$ ,根据公式(1)得到矿物质的含量:

$$X=(c \times 50 \times 10^{-3})/m \quad (1)$$

式中: $X$ 为样品中矿物质元素的含量,mg/kg; $c$ 为样品中矿物质元素的浓度,mg/L;50为样品消化液定容总体积,mL; $m$ 为样品的质量,g。

将空白溶液和样品溶液分别导入原子化器,测定吸光度值,与标准系列比较定量。

### 1.2.3.6 还原糖含量的测定

1)按照表1中设计的质量比组成,分别精密称量纯燕麦片和全谷物复合麦片(4组)干燥细末0.5 g,放入50 mL烧杯中,加入少量蒸馏水,搅拌均匀,在50℃水浴下加热30 min,于4 000 r/min离心5 min,将上清液倒出,沉淀可用20 mL蒸馏水洗一次,再离心,将两次离心得上清液一起转移至100 mL容量瓶中,用蒸馏水进行定容,混匀,作为上清液葡萄糖待测液<sup>[6]</sup>。

2)参照 YC/T 159-2002《水溶性糖的测定》,采用

连续流动法测还原糖含量。

### 1.2.3.7 灰分含量

参照 GB 5009.4-2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》。

### 1.2.4 数据统计与分析

采用 Excel 软件 (2010)、Origin 软件 hypothesis testing(8.5)分析单因素数据、绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官评价结果分析

纯燕麦片和全谷物复合麦片冲泡前、冲泡后及综合评分结果见表 5。

纯燕麦片是由已除去麸皮的燕麦加工而成的,而全谷物复合麦片添加了不同质量比全谷物杂粮加工制成,全谷物中含有麸皮等口感较为粗糙的成分,说明添加了全谷物杂粮的复合麦片口感欠佳,香味、色

表 5 全谷物麦片感官评价结果

Table 5 Sensory evaluation of whole grain oatmeal

项目	纯燕麦片	燕麦:青稞:高粱 (2:4:4)	燕麦:青稞:高粱 (3:3.5:3.5)	燕麦:青稞:高粱 (4:3:3)	燕麦:青稞:高粱 (5:2.5:2.5)
冲泡前评分	23.0	16.0	18.0	19.0	19.0
冲泡后评分	59.0	37.0	41.0	43.0	42.0
综合评分	82.0	53.0	59.0	62.0	61.0

泽不及纯燕麦片,可能由于燕麦在蒸煮后产生的香味物质较多,而青稞、高粱的香味则较为平淡。

### 2.2 纯燕麦片与添加不同质量比的全谷物麦片中主要营养成分分析

纯燕麦片与添加不同质量比的全谷物麦片中水分、蛋白质、脂肪、 $\beta$ -葡聚糖、还原糖含量和灰分结果分析见表 6。

表 6 主要营养成分含量结果分析

Table 6 Analysis of main nutrients content

燕麦:青稞:高粱 的质量比	蛋白质/(mg/kg)	水分/(mg/kg)	脂肪/(mg/kg)	$\beta$ -葡聚糖/(mg/kg)	还原糖/(mg/kg)	灰分/(mg/kg)
10:0:0	14.15±0.18 <sup>e</sup>	1.38±0.12 <sup>d</sup>	1.71±0.041 <sup>a</sup>	1.52±0.15 <sup>d</sup>	0.58±0.11 <sup>a</sup>	1.03±0.19 <sup>b</sup>
5:2.5:2.5	14.52±0.093 <sup>d</sup>	2.27±0.17 <sup>e</sup>	1.57±0.036 <sup>b</sup>	1.79±0.051 <sup>e</sup>	0.51±0.12 <sup>a</sup>	1.54±0.15 <sup>a</sup>
4:3:3	15.45±0.081 <sup>c</sup>	2.85±0.17 <sup>b</sup>	1.45±0.066 <sup>bc</sup>	1.97±0.17 <sup>bc</sup>	0.47±0.12 <sup>a</sup>	1.446 7±0.13 <sup>a</sup>
3:3.5:3.5	16.73±0.24 <sup>b</sup>	3.48±0.19 <sup>a</sup>	1.58±0.072 <sup>ab</sup>	2.15±0.15 <sup>b</sup>	0.43±0.18 <sup>a</sup>	1.42±0.11 <sup>a</sup>
2:4:4	17.24±0.22 <sup>a</sup>	3.63±0.19 <sup>a</sup>	1.33±0.11 <sup>c</sup>	2.49±0.12 <sup>a</sup>	0.4±0.095 <sup>a</sup>	1.41±0.046 3 <sup>a</sup>

注:不同小写字母表示差异显著, $p<0.05$ 。

### 2.2.1 不同质量比全谷物对麦片中水分含量的影响

不同质量比全谷物杂粮加工的麦片中的水分含量如图 1 所示。

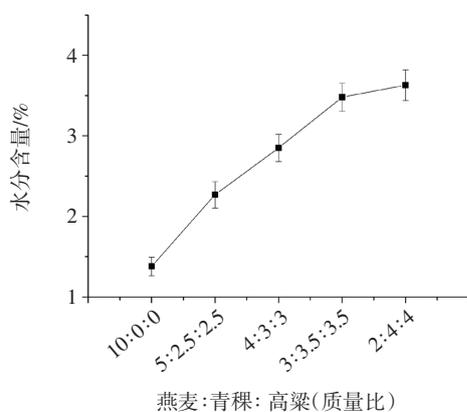


图 1 不同质量比全谷物对麦片中水分含量的影响

Fig.1 Water content of whole grain oatmeal from different proportions

从图 1 可知,与未添加全谷物的对照组纯燕麦片相

比(1.38%),当燕麦、青稞、高粱的质量比为 5:2.5:2.5、4:3:3、3:3.5:3.5、2:4:4 时,复合麦片中的水分含量分别为 2.27%、2.85%、3.48%、3.63%,其水分含量分别显著增加 0.89%、1.47%、2.10%、2.25% ( $p<0.05$ )。纯麦片的水分含量最低为 1.38%,干燥彻底;在相同的干燥条件下,添加了不同全谷物杂粮的麦片干燥后水分含量显著升高 ( $p<0.05$ ),相比之下,纯燕麦片较易储藏。

### 2.2.2 不同质量比全谷物对麦片中蛋白质含量的影响

添加不同质量比的全谷物麦片的蛋白质含量变化如图 2 所示。

由图 2 可知,复合麦片的蛋白质含量随着青稞、高粱质量比的增加而显著增加 ( $p<0.05$ )。与未添加全谷物杂粮的对照组纯燕麦片相比(14.15%),当燕麦、青稞、高粱的质量比为 5:2.5:2.5、4:3:3、3:3.5:3.5、2:4:4 时,复合麦片中的蛋白质含量分别为 14.52%、15.43%、16.73%、17.24%,其数量分别显著增加了 0.37%、1.28%、2.58%、3.09% ( $p<0.05$ )。经过加工处理

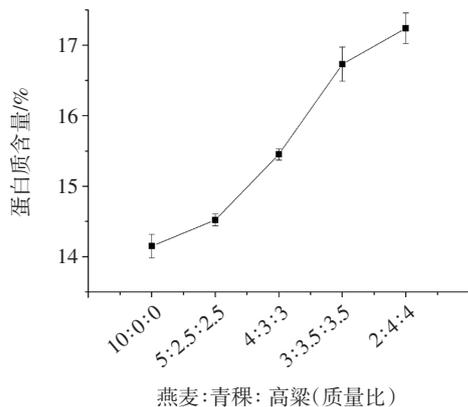


图2 不同质量比全谷物对麦片中蛋白质含量的影响

Fig.2 Protein content of whole grain oatmeal from different proportions

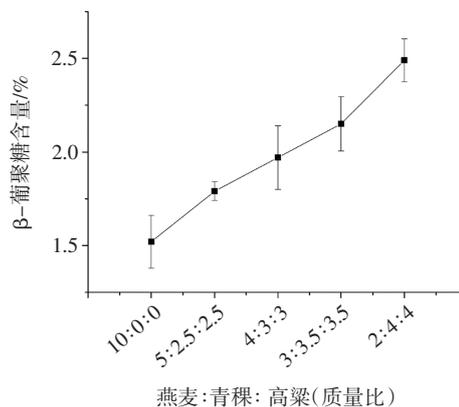


图4 不同质量比全谷物对麦片中β-葡聚糖含量的影响

Fig.4 β-glucan content of whole grain oatmeal from different proportions

之后,麦片中的蛋白质含量有所降低,但添加了全谷物的复合麦片中的蛋白质含量高于纯燕麦片的蛋白质含量。

### 2.2.3 不同质量比全谷物对麦片中脂肪含量的影响

添加不同质量比的全谷物麦片的脂肪含量变化如图3所示。

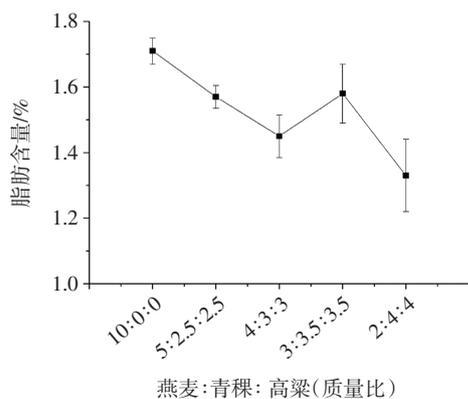


图3 不同质量比全谷物对麦片中脂肪含量的影响

Fig.3 Fat content of whole grain oatmeal from different proportions

由图3可知,添加燕麦、青稞、高粱的质量比为5:2.5:2.5、4:3:3、2:4:4时加工成的全谷物复合麦片脂肪含量分别为1.63%、1.45%、1.33%,与对照组纯燕麦片相比(1.71%)其脂肪含量显著变化( $p < 0.05$ ),燕麦、青稞、高粱质量比为3:3.5:3.5时,脂肪含量无显著差异。随着青稞、高粱质量比的增加,脂肪含量呈减少趋势。其中,纯燕麦片脂肪含量最高。

### 2.2.4 不同质量比全谷物对麦片中β-葡聚糖含量的影响

添加不同质量比的全谷物麦片的β-葡聚糖含量变化如图4所示。

由图4可知,复合麦片的β-葡聚糖含量随着添加青稞、高粱的质量比的增加而显著增加( $p < 0.05$ )。与未添加全谷物杂粮的对照组纯燕麦片相比(1.52%),当燕麦、青稞、高粱的质量比为5:2.5:2.5、4:3:3、3:3.5:3.5、2:4:4时,复合麦片中的β-葡聚糖含量分别为1.79%、2.01%、2.12%、2.49%,其数量分别显著增加了0.27%、0.49%、0.60%、0.97%( $p < 0.05$ )。β-葡聚糖是水溶性膳食纤维,在人体有重要作用,可以使巨噬细胞获得特异性,能辨别和破坏变异细胞,也能通过降低血液中的低密度脂肪,降低高血脂疾病的发病率。

### 2.2.5 不同质量比全谷物对麦片中还原糖含量的影响

添加不同质量比的全谷物麦片的还原糖含量变化如图5所示。

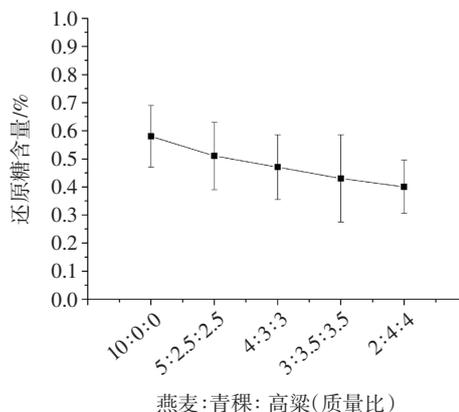


图5 不同质量比全谷物对麦片中还原糖含量的影响

Fig.5 Reducing sugar content of whole grain oatmeal from different proportions

由图5可知,复合麦片的还原糖含量随着添加青稞、高粱质量比的增加而减少。与未添加全谷物杂粮的对照组纯燕麦片相比(0.58%),当燕麦、青稞、高粱

的质量比为4:3:3、3:3.5:3.5、2:4:4时,复合麦片中的还原糖含量分别为0.47%、0.43%、0.40%,其数量分别显著减少了0.11%、0.15%、0.18% ( $p < 0.05$ );燕麦、青稞、高粱的质量比为5:2.5:2.5时,还原糖含量无显著差异。

### 2.3 纯燕麦片和添加不同质量比全谷物麦片中灰分、矿物质含量结果分析

添加不同质量比的全谷物麦片的灰分含量如图6所示,矿物质含量见表7。

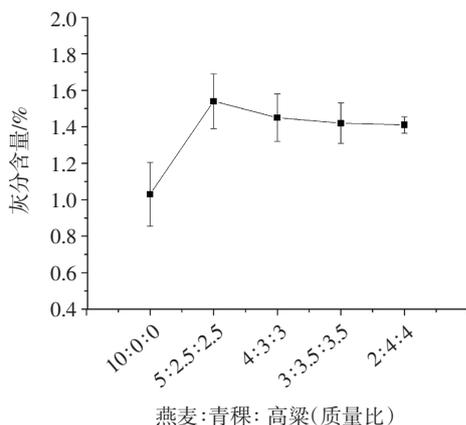


图6 不同质量比全谷物对麦片中灰分含量的影响

Fig.6 Ash content of whole grain oatmeal from different proportions

表7 全谷物麦片中矿物质元素含量

Table 7 Mineral substance of whole grain oatmeal

燕麦:青稞:高粱 的质量比	Ca/(mg/kg)	Fe/(mg/kg)	Zn/(mg/kg)	Mn/(mg/kg)
10:0:0	423.64	40.29	4.05	2.57
2:4:4	496.58	44.36	4.56	3.13
3:3.5:3.5	479.94	43.98	4.40	3.01
4:3:3	467.16	43.29	4.64	2.92
5:2.5:2.5	458.29	42.91	4.21	2.71

由图6可知,复合麦片的灰分含量随着添加青稞、高粱质量比的增加而显著增加( $p < 0.05$ )。与未添加全谷物杂粮的对照组纯燕麦片相比(1.03%),当燕麦、青稞、高粱的质量比为5:2.5:2.5、4:3:3、3:3.5:3.5、2:4:4时,复合麦片中的灰分含量分别为1.41%、1.42%、1.47%、1.54%,其数量分别显著增加了0.38%、0.39%、0.44%、0.51% ( $p < 0.05$ )。结果表明,不同质量比的全谷物杂粮制成的复合麦片的灰分含量高,高于精加工的谷物,易于人体肠道吸收。

由表7可知,麦片中钙含量最多,其次是铁、锌、锰的含量。在燕麦、青稞、高粱质量比为2:4:4、3:3.5:3.5、4:3:3、5:2.5:2.5时,复合麦片中钙含量分别为496.58、479.94、467.16、458.29 mg/kg,铁含量分别为

44.36、43.98、43.29、42.91 mg/kg,锌含量为4.56、4.40、4.64、4.21 mg/kg,锰含量分别为3.13、3.01、2.92、2.71 mg/kg,均高于纯燕麦片的钙、铁、锌、锰元素含量(423.64、40.29、4.05、2.57 mg/kg)。以上数据表明,随着全谷物质量比增加,复合麦片中所含的矿物质含量增加。

### 3 结论

试验分析了纯燕麦和全谷物燕麦、青稞及高粱以不同质量比(5:2.5:2.5、4:3:3、3:3.5:3.5、2:4:4)为原料制备的全谷物复合麦片的水分、灰分、脂肪、蛋白质、矿物质、 $\beta$ -葡聚糖的含量。研究结果表明:纯燕麦片中蛋白质的含量为14.52%,灰分的含量为1.03%, $\beta$ -葡聚糖的含量为1.52%,其含量均显著低于4种复合麦片中的相应含量( $p < 0.05$ ),纯燕麦片中钙、铁、锌、锰含量为423.64、40.29、4.05、2.57 mg/kg,均少于其在复合麦片中的含量。复合麦片中的水分含量分别为2.27%、2.85%、3.48%、3.63%,与对照组纯燕麦片比,其水分含量分别显著增加0.89%、1.47%、2.10%、2.25% ( $p < 0.05$ ),综合来说,添加了不同全谷物的复合麦片的营养价值高于纯燕麦片。

分别对麦片冲泡前和冲泡后的感官指标进行分析,冲泡前纯麦片综合评价比4种复合麦片理想,经冲泡的纯燕麦片的色泽较复合麦片明亮,而且纯燕麦片的外观比较顺滑,纯燕麦片冲泡后的汤汁口感、麦片口感等均优于复合麦片。通过对燕麦、青稞及高粱等全谷物复合麦片的感官品质以及营养品质特性分析,为消费者选购市场上的麦片提供参考,也为企业生产加工全谷物麦片提供经验。

### 参考文献:

- [1] 龚二生,罗舜菁,刘成梅.全谷物抗氧化活性研究进展[J].食品工业科技,2013,34(2):364-369
- [2] Blanka Bucsellá, Dóra Molnár, Anna Helga Harasztos, et al. Comparison of the rheological and end-product properties of an industrial aleurone-rich wheat flour, whole grain wheat and rye flour[J]. Journal of Cereal Science, 2016, 69: 40-48
- [3] 杨金枝,林亚玲,耿思增,等.全谷物食品开发的新形式及发展方向[J].农业机械,2011,32(17):86-89
- [4] Liu RH. Whole grain phytochemicals and health[J]. Journal of Cereal Science, 2007, 46(3): 207-219
- [5] Tighe P, Duthie G, Vaughan N, et al. Effect of increased consumption of whole-grain foods on blood pressure and other cardiovascular risk markers in healthy middle-aged persons: a randomized controlled trial[J]. Am J Clin Nutr, 2010, 92: 733-740
- [6] Decker E, Beecher G, Slavin J, et al. Whole grains as a source of antioxidants[J]. Cereal foods world, 2002, 47(8): 370-373

# 小米黑芝麻和黑木耳复合饮料的研制

于洋<sup>1</sup>, 余世锋<sup>1,2,\*</sup>, 王存堂<sup>1</sup>, 宫春宇<sup>1</sup>

(1. 齐齐哈尔大学 食品与生物工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006; 2. 山东理工大学 农业工程与食品科学学院, 山东 淄博 255000)

**摘要:** 以小米、黑芝麻和黑木耳为原料, 采用预处理、磨浆、调配、均质、高温杀菌等工艺制备小米、黑芝麻和黑木耳复合饮料。通过正交试验确定该复合饮料最优配方: 小米浆添加量为 60 mL, 黑芝麻浆添加量为 40 mL, 黑木耳汁添加量为 20 mL, 蔗糖 15%、柠檬酸 0.1%、羧甲基纤维素钠 0.1%、黄原胶 0.3%, 在优化工艺条件下, 制备出的复合饮料, 具有口感颇佳、色泽良好、风味纯正、稳定性好等特点, 总体感官评价良好。

**关键词:** 小米; 黑芝麻; 黑木耳; 谷物饮料; 稳定性

## Preparation A Composite Beverage by Using Millet, Black Sesame and Black Fungus

YU Yang<sup>1</sup>, YU Shi-feng<sup>1,2,\*</sup>, WANG Cun-tang<sup>1</sup>, GONG Chun-yu<sup>1</sup>

(1. College of Food and Bioengineering, Qiqihar University, Qiqihar 161006, Heilongjiang, China;

2. School of Agricultural Engineering and Food Science, Shandong University of Technology, Zibo 255000, Shandong, China)

**Abstract:** Millet, black sesame and black fungus was used as main raw materials, through pretreatment, refining, blending, homogenization, and high temperature sterilization and other processes, millet, black sesame and black fungus composite beverages was prepared. The technological formula of compound beverage was determined by orthogonal test: addition of millet pulp was 60 mL, addition of black sesame pulp was 40 mL, addition of black fungus juice was 20 mL, sucrose 15%, citric acid 0.1%, carboxymethyl cellulose sodium 0.1%, xanthan gum 0.3%. Under the optimized process conditions, the prepared composite beverage had the characteristics of good taste, good color, pure flavor, good stability, and the overall sensory evaluation was good.

**Key words:** millet; black sesame; black fungus; cereal drink; stability

基金项目: 2018 年度省属高校科技成果研发项目(TSTAU-R2018007); 黑龙江省教育厅基本业务专项(135309213); 齐齐哈尔市科学技术计划项目(XCP-201706)

作者简介: 于洋(1995—), 男(汉), 在读硕士, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程。

\* 通信作者: 余世锋(1982—), 男, 教授, 博士, 研究方向: 淀粉科学与工程, 农产品加工。

- [7] 姚惠源. 精准营养与粮油健康食品的发展趋势[J]. 粮油食品科技. 2019, 27(1): 1-4
- [8] 赵芃, 郭斐, 董笑晨, 等. 全谷物食品行业概况和发展趋势[J]. 现代食品, 2018(15): 8-12
- [9] 谭斌, 汪丽萍, 刘明, 等. 我国全谷物食品发展的现状、问题与思路[J]. 粮油食品科技, 2011, 19(3): 5-9
- [10] 卢黄华, 丁玉琴, 曾端辉, 等. 糙米全谷物食品加工新技术及产品的开发[J]. 食品工业, 2015, 36(6): 246-249
- [11] 路长喜, 王岸娜, 周素梅, 等. 燕麦片加工品质评价及其品种相关性研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(8): 42-46, 51
- [12] 陈子叶, 王丽娟, 李再贵. 燕麦籽粒与燕麦片品质的相关性与其成分分析[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(12): 19-24
- [13] 张如, 戴巧玲, 吴小燕, 等. 分光光度法测定燕麦 β-葡聚糖含量[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(6): 140-145
- [14] 石志华. 刚果红法测定青海青稞酒中 β-葡聚糖的含量[J]. 酿酒, 2015, 42(4): 90-91
- [15] 马超, 普布多吉, 蒋思萍. 青稞麸皮油 GC-MS 分析及青稞麸皮 β-葡聚糖含量测定[J]. 西藏科技, 2017(5): 70-72
- [16] 郑熙, 王莎莎. 红参中总还原糖含量测定及限度值拟定[J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(61): 94-97

收稿日期: 2019-10-22