

# 青稞麸皮营养成分及提取物抗氧化活性研究

## Study on the nutrient composition and antioxidant activity of highland barley bran

向卓亚<sup>1</sup> 夏 陈<sup>1</sup> 杨开俊<sup>2</sup> 刘廷辉<sup>2</sup> 陈 建<sup>1</sup>

XIANG Zhuo-ya<sup>1</sup> XIA Chen<sup>1</sup> YANG Kai-jun<sup>2</sup> LIU Ting-hui<sup>2</sup> CHEN Jian<sup>1</sup>  
朱永清<sup>1</sup> 徐国伦<sup>2</sup> 张盈娇<sup>1</sup> 林长彬<sup>1</sup> 黄巧莲<sup>1</sup>

ZHU Yong-qing<sup>1</sup> XUN Guo-lun<sup>2</sup> ZHANG Ying-jiao<sup>1</sup> LIN Chang-bin<sup>1</sup> HUANG Qiao-lian<sup>1</sup>

(1. 四川省农业科学院农产品加工研究所, 四川 成都 610066; 2. 四川甘孜州农业科学研究所, 四川 康定 626000)

(1. Institute of Agro-Products Processing Science and Technology, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066, China; 2. Ganzizhou Institute of Agricultural Sciences, Kangding, Sichuan 626000, China)

**摘要:**为提高青稞麸皮的综合利用和附加值,以白青稞麸皮和黑青稞麸皮为研究对象,检测了青稞麸皮中各营养成分含量及提取物抗氧化活性。结果表明,两种麸皮主要成分为淀粉、蛋白质、粗纤维,并且粗蛋白、粗纤维、灰分含量高于青稞全谷物,其中 Mg、P、Ca 含量较高,氨基酸种类丰富,总多酚分别为 6.30、9.05 mg/g,黑青稞麸皮中花青素含量为 7.0 mg/g,总多酚和花青素均高于青稞全谷物。DPPH 自由基清除能力和 ABTS 自由基清除能力随着麸皮样品浓度的增加而增强。此外,黑青稞麸皮中花青素和总多酚含量均显著高于白青稞麸皮,而其它营养成分较接近。因此,黑青稞麸皮可作为潜在的深加工原料应用于功能性食品或作为营养强化剂添加到食品中以提升其加工附加值。

**关键词:**青稞麸皮;营养成分;比较分析;抗氧化活性

**Abstract:** In order to improve the comprehensive utilization and additional value of highland barley bran, the nutritional components of highland barley bran were explored. The results showed that starch, protein and crude fiber were the main components of the two kinds of highland barley bran, and the contents of crude protein, crude fiber and ash were higher than those of highland barley whole grains. Among them, the content of Mg, P and Ca were high, and amino acids were abundant. The content of total polyphenols was 6.30 mg/g and 9.05 mg/g, respectively, and an-

thocyanins of black highland barley bran were 7.0 mg/g. Both total polyphenols and anthocyanins were higher than those of highland barley whole grains. Radical scavenging capacities of DPPH and ABTS were lifted with the increase of bran sample concentration. In addition, the contents of anthocyanins and total polyphenols of black highland barley bran were significantly higher than those in white highland barley bran, while the other nutritional components were similar. Therefore, highland barley bran could be used as a potential deep processing raw material in functional foods or as a nutritional fortifier to enhance the processing additional value of highland barley bran.

**Keywords:** highland barley bran; nutritional components; comparative analysis; antioxidant activity

青稞属禾本科大麦属,因其籽粒裸露,又称为裸大麦,在青藏高原已有 3 500 多年的种植历史,被广泛种植于中国四川、西藏、青海等地,是一种极具民族特色的粮食作物<sup>[1-2]</sup>。青稞营养全面,高蛋白、高纤维、高维生素、低脂肪、低糖(三高两低),富含  $\beta$ -葡聚糖、花青素、黄酮类化合物、维生素、膳食纤维等功能性成分<sup>[3]</sup>。根据青稞麸皮颜色可将其分为白青稞、黑青稞、蓝青稞和紫青稞<sup>[4-5]</sup>。现代营养学研究<sup>[6-7]</sup>发现,食品颜色与其营养功能密切相关,即颜色越深,营养价值越高。张帅等<sup>[8]</sup>研究发现彩色青稞中营养物质和提取物抗氧化活性方面优于白色青稞,并且在功能性保健产品开发方面具有更高的利用价值。

随着青稞加工产业的发展,尤其以面粉产业为代表,在其加工生产过程中出现了大量的青稞麸皮,青稞麸皮主要由种皮、糊粉层、胚和胚乳组成,富含多酚、花青素和

**基金项目:**四川省农业科学院 2018 年度科技成果中试熟化示范工程(编号:CGZH2018FP34)

**作者简介:**向卓亚,女,四川省农业科学院研究实习员,硕士。

**通信作者:**夏陈(1983—),男,四川省农业科学院助理研究员,硕士。E-mail: 154541462@qq.com

**收稿日期:**2019-06-24

黄酮等物质<sup>[9-10]</sup>,目前大量的青稞麸皮仅作为动物饲料或直接被废弃,造成了巨大的浪费。近年来对于青稞麸皮的研究主要集中于其功能性成分的提取。徐中香等<sup>[11]</sup>优化提取参数得到了青稞麸皮中阿拉伯木聚糖最优提取工艺并对其结构进行了分析。杨希娟等<sup>[12]</sup>对黑青稞麸皮结合态酚类物质大孔树脂分离纯化工艺进行优化研究。目前仅有鲜少的文献对不同种类的青稞全谷物的营养成分进行比较研究<sup>[13-14]</sup>,还未见将不同种类的青稞麸皮以及青稞全谷物的营养成分进行全面的比较。试验拟对白青稞与黑青稞麸皮中基本营养成分及青稞麸皮提取物抗氧化活性进行测定分析,探讨两种青稞麸皮基本营养成分以及功能成分情况,为藏区不同品种青稞麸皮加工副产物的综合利用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

#### 1.1.1 试验材料

黑青稞、白青稞:西藏春光食品有限公司,将黑青稞和白青稞麸皮粉碎后过 60 目筛,备用。

#### 1.1.2 试剂

福林酚、没食子酸、乙醇、甲醇、盐酸、氯化钾:分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

### 1.2 仪器与设备

酶标仪:Synergy HTX 型,美国伯腾仪器有限公司;  
数控超声波清洗器:KQ-250DB 型,昆山市超声仪器有限公司;

冷冻干燥机:Gentrifuge 5180R 型,德国 Eppendorf 公司;

紫外分光光度计:UV-6100 型,上海元析仪器有限公司;

原子吸收光谱仪:AA-220 型,美国瓦里安公司;

原子荧光光谱仪:AFS-930 型,北京吉天仪器有限公司;

氨基酸分析仪:S433D 型,德国赛卡姆公司;

凯氏定氮仪:Kjeltec 2300 型,丹麦福斯集团有限公司;

纤维素仪:Fibertec 1020 型,丹麦福斯集团有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 基本营养成分测定

(1) 水分:按 GB 5009.3—2016 的直接干燥法执行。

(2) 总淀粉:按 GB 5009.9—2016 的酸水解法执行。

(3) 粗脂肪:按 GB 5009.6—2016 的索氏提取法执行。

(4) 粗纤维:按 GB/T 5009.10—2003 执行。

(5) 粗蛋白:按 GB 5009.5—2016 的凯氏定氮法执行。

(6) 灰分:按 GB 5009.4—2016 执行。

#### 1.3.2 矿物质含量测定

(1) P:按 GB 5009.87—2016 的钼蓝分光光度法

执行。

(2) Mg:按 GB 5009.241—2017 的火焰原子吸收光谱法执行。

(3) Zn:按 GB 5009.14—2017 的原子吸收光谱法执行。

(4) Fe:按 GB 5009.90—2016 的原子吸收光谱法执行。

(5) Ca:按 GB 2009.92—2016 的原子吸收光谱法执行。

1.3.3 氨基酸检测 按 GB 5009.124—2016 执行。

1.3.4 青稞麸皮中多酚和花青素的提取 参照 Feng 等<sup>[15]</sup>的方法略做修改,称取 1 g 青稞麸皮样品,加入 8 mL 85% 甲醇(含 1% 甲酸)的提取溶剂,40 °C 超声提取 30 min,8 000 r/min 离心 15 min,取上清液,残渣重复上述方法提取 2 次,合并 3 次提取液,定容至 25 mL。

1.3.5 青稞麸皮中多酚的检测 参照 Chu 等<sup>[16]</sup>方法略做修改,20 μL 样品提取液中加入 20 μL 福林酚试剂,混合均匀。静置 5 min 后,加入 0.16 mL 质量分数为 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液,室温条件下避光反应 60 min 后,在 765 nm 下测定混合液吸光值。以没食子酸溶液质量浓度(μg/mL)为横坐标(*x*),吸光值为纵坐标(*y*),绘制标准曲线。没食子酸线性回归方程为: $y = 0.007x + 0.063$ ,  $R^2 = 0.997$ ,线性范围 2~137 μg/mL。

1.3.6 青稞麸皮中花青素的检测 参照刘长姣等<sup>[17]</sup>和唐德琦等<sup>[18]</sup>的方法略做修改,取 50 μL 样品提取液与 150 μL 1% 盐酸乙醇溶液混合反应后在 535 nm 下测定混合液吸光值。以矢车菊-3-葡萄糖苷溶液的质量浓度(μg/mL)为横坐标(*x*),吸光值为纵坐标(*y*),绘制标准曲线,得到回归方程为: $y = 0.0038x + 0.0385$ ,  $R^2 = 0.9999$ ,线性范围为 7.5~245.0 μg/mL。

#### 1.3.7 青稞麸皮抗氧化活性分析

(1) DPPH 自由基清除能力:参照 Tao 等<sup>[19]</sup>的方法,略作修改。取 50 μL 待测液,加 50 μL 85% 甲醇(含 1% 甲酸),再加入 100 μL DPPH(0.23 mmol/L)溶液,混匀,避光反应 30 min,于 517 nm 处测定吸光值。按式(1)计算 DPPH 自由基清除率。

$$c = \frac{A_0 - A_x}{A_0} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

*c*——清除率,%;

*A<sub>x</sub>*——样品的吸光值;

*A<sub>0</sub>*——空白样吸光值。

(2) ABTS<sup>+</sup> 自由基清除能力:参照 Cheng 等<sup>[20]</sup>的方法略做修改。取 400 μL 待测液,加 1.6 mL ABTS 溶液,混匀,避光反应 6 min,于 734 nm 处测定吸光值。以水溶性 V<sub>E</sub> 的质量浓度为横坐标(*x*),吸光值为纵坐标(*y*),制

作标准曲线。得回归方程:  $y = -0.0246x + 0.5158$ ,  $R^2 = 0.998$ , 线性范围为  $0.0 \sim 19.5 \mu\text{g/mL}$ 。按式(1)计算  $\text{ABTS}^+$  自由基清除率。

#### 1.4 数据处理

试验结果以(平均值±标准差)表示,显著性差异用多重比较法中的标记字母法表示,用 SPSS 19.0 软件进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 青稞麸皮主要营养成分分析

青稞麸皮作为青稞加工过程中的副产物,其营养成分丰富,但与青稞全谷物之间存在一定的差异。由表 1 可以看出,两种青稞麸皮中基本营养成分均表现为总淀

粉>粗蛋白>粗纤维>粗脂肪>灰分>水分。由于麸皮主要为青稞种皮,其水分含量略低于青稞全谷物,但种皮中含有丰富的无机盐,其灰分含量明显高于青稞全谷物。

青稞全谷物主要成分为淀粉,含量一般为  $49.14 \sim 68.62 \text{ g/100 g}$ ,青稞麸皮同样以淀粉为主,其含量略低于青稞全谷物,较高的淀粉含量为其加工成杂粮类食品提供了可能性。刘慧琳等<sup>[21]</sup>发现添加一定量青稞麸皮,饼干硬度、内聚性、弹性、咀嚼性仍深受消费者喜爱。

蛋白质作为青稞麸皮中第二大营养成分,其含量高于青稞全谷物,并且白青稞麸皮中蛋白质含量显著高于黑青稞麸皮,青稞全谷物中 8 种必需氨基酸较为齐全,能够补充人体每日所需,较高蛋白对维持人体正常生理活动有着重要的意义。

表 1 青稞麸皮基本营养成分含量<sup>†</sup>

Table 1 Basic composition content of highland barley bran ( $n=3$ )

g/100 g

样品	水分	总淀粉	粗脂肪	粗蛋白	粗纤维	灰分
白青稞麸皮	$5.72 \pm 0.01^a$	$37.40 \pm 0.00^a$	$8.42 \pm 0.00^a$	$17.54 \pm 0.03^a$	$8.61 \pm 0.01^b$	$5.81 \pm 0.03^a$
黑青稞麸皮	$5.48 \pm 0.05^b$	$34.30 \pm 0.00^a$	$6.80 \pm 0.06^b$	$16.85 \pm 0.10^b$	$10.95 \pm 0.21^a$	$5.88 \pm 0.03^a$
青稞全谷物 <sup>[3]</sup>	$9.50 \sim 12.75$	$49.14 \sim 68.62$	$1.42 \sim 2.40$	$8.14 \sim 15.16$	$1.94 \sim 3.47$	$0.02 \sim 1.22$

† 同列字母不同代表差异显著( $P < 0.05$ )。

青稞麸皮中脂肪含量低,但略高于青稞全谷物( $1.42 \sim 2.40 \text{ g/100 g}$ ),白青稞麸皮脂肪含量显著高于黑青稞。麸皮油脂中富含不饱和脂肪酸,钱俊伟等<sup>[22]</sup>研究发现青稞麸皮油脂能够明显抑制大鼠的高血脂症和动脉硬化的形成,可能与其亚油酸含量较高有关。此外,Moreau 等<sup>[23]</sup>还发现裸麦麸皮油中植物甾醇总量可达  $1.2 \sim 9.6 \text{ g/100 g}$ ,但谷物加工越精细,其甾醇含量将越低。

麸皮中粗纤维含量高达  $10.5\%$ ,主要包括纤维素和半纤维素,其中功能性膳食纤维含量占粗纤维含量的  $40\%$ <sup>[24]</sup>。而青稞种皮厚,富含膳食纤维,含量可高达  $13.4\%$ ,在所有谷物中仅次于黄豆,粗纤维能促进肠道蠕动,利于排泄,预防便秘等<sup>[25-26]</sup>。由表 1 可知,青稞麸皮中粗纤维含量明显高于青稞全谷物,并且黑青稞麸皮中粗纤维含量显著高于白青稞。姜忠杰等<sup>[27]</sup>研究发现青稞麸皮中主要营养成分为淀粉( $43.80\%$ )、蛋白质( $10.50\%$ )以及膳食纤维( $39.23\%$ )。张文会等<sup>[28]</sup>采用酶法优化青稞麸皮中膳食纤维提取工艺,可使提取率达到  $38.57\%$ ,所得青稞膳食纤维持水力为  $53.26\%$ 、膨胀力为  $1.9 \text{ mL/g}$ 。梁寒峭等<sup>[29]</sup>还发现黑青稞中水分、蛋白质、脂肪以及灰分与白青稞差异不大,膳食纤维略低于白青稞。

### 2.2 青稞麸皮中氨基酸含量分析

蛋白质作为青稞麸皮中第二大组分,其含量仅次于淀粉,蛋白质营养价值的高低不仅取决于其含量,更取决于氨基酸的种类及其含量。由表 2 可知,白青稞麸皮和

黑青稞麸皮均含有 16 种氨基酸,氨基酸总量分别为  $14.22\%$  和  $12.14\%$ 。两种青稞麸皮必需氨基酸以蛋氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸和苏氨酸为主,未检测到色氨酸;非必需氨基酸以谷氨酸和天门冬氨酸为主,其中谷氨酸含量分别高达  $2.68\%$  和  $1.87\%$ ;白青稞麸皮各类氨基酸含量均高于黑青稞麸皮,其中谷氨酸含量差别最大,其次为蛋氨酸、苯丙氨酸、组氨酸。与青稞全谷物相比,除脯氨酸、缬氨酸、亮氨酸外,麸皮中各氨基酸含量均高于青稞全谷物。而姚豪颖叶等<sup>[31]</sup>通过对 13 种青稞全谷物的营养成分分析,发现其必需氨基酸较为丰富,以苯丙氨酸、亮氨酸及缬氨酸为主,经常食用可补充机体每日所需;非必需氨基酸以谷氨酸和脯氨酸的含量最多。不同青稞原料中氨基酸种类基本相同,含量存在一定差异,但与其各自相应的蛋白质含量基本一致。氨基酸是蛋白质基本组成成分,是人体氮源的重要来源,而青稞麸皮能基本满足人体每日对各类氨基酸所需。

### 2.3 青稞麸皮中矿质元素分析

矿质元素是维持人体正常生理机能不可缺少的物质,其中 Zn 能促进机体的生长发育,维持细胞膜结构<sup>[32]</sup>;Fe 和 Cu 参与造血,是血红素的重要成分和血红蛋白合成的活化剂<sup>[33]</sup>。青稞中含有多种对人体有益的微量元素,王鹏珍等<sup>[34]</sup>对 20 种青稞进行检测后发现其含有钙、铁、锌、镁、磷、硒等 12 种对人体有益的微量元素。由表 3 可知,青稞麸皮中 Mg、P、Ca 3 种元素含量较高,其中 Fe、Mg、Zn、P 高于大米、小麦以及玉米,白青稞麸皮中 Fe、

表 2 青稞麸皮中氨基酸含量<sup>†</sup>

Table 2 Amino acids composition of highland barley bran

%

样品	天门冬氨酸	丝氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸	酪氨酸	组氨酸	精氨酸	脯氨酸
白青稞麸皮	1.27	0.70	2.68	0.87	0.89	0.53	0.68	0.83	0.40
紫青稞麸皮	1.24	0.62	1.87	0.81	0.85	0.47	0.56	0.82	0.33
青稞全谷物 <sup>[30]</sup>	0.58	0.43	0.81	0.37	0.37	0.14	0.32	0.41	0.78

样品	缬氨酸	赖氨酸	亮氨酸	异亮氨酸	苯丙氨酸	苏氨酸	蛋氨酸	氨基酸总量
白青稞麸皮	0.23	0.39	0.19	0.80	1.02	0.64	1.00	14.22
紫青稞麸皮	0.20	0.34	0.17	0.70	0.90	0.60	0.72	12.14
青稞全谷物 <sup>[30]</sup>	0.39	0.36	0.45	0.35	0.31	0.36	0.10	—

† —表示文献未显示。

表 3 青稞麸皮中矿质元素<sup>†</sup>

Table 3 Trace elements of highland barley bran (n=3)

样品	Fe/(mg·kg <sup>-1</sup> )	Mg/(mg·kg <sup>-1</sup> )	Zn/(mg·kg <sup>-1</sup> )	P/(10 <sup>-2</sup> mg·mg <sup>-1</sup> )	Ca/(mg·kg <sup>-1</sup> )
白青稞麸皮	309.50±17.54 <sup>a</sup>	3 489.05±26.38 <sup>a</sup>	76.44±0.67 <sup>a</sup>	1 030.50±6.36 <sup>a</sup>	666.85±33.45 <sup>b</sup>
黑青稞麸皮	170.00±10.32 <sup>b</sup>	2 013.50±52.89 <sup>b</sup>	77.27±0.68 <sup>a</sup>	767.15±6.58 <sup>b</sup>	862.55±36.84 <sup>a</sup>
青稞全谷物 <sup>[34]</sup>	54.58	1 078.65	18.67	3 032.75	503.15
大米 <sup>[35]</sup>	24.00	630.00	17.20	0.14	1 700.00
小麦 <sup>[36]</sup>	41.90	1 528.00	29.30	0.36	465.00
玉米 <sup>[36]</sup>	24.00	609.00	17.00	0.00	300.00

† 同列字母不同代表差异显著(P<0.05)。

Mg、P 含量显著高于黑青稞麸皮，而黑青稞麸皮中 Ca 含量较高，较高的 Ca 有助于人体骨骼的生长发育。除 P 外，麸皮中 Fe、Mg、Zn 含量均高于青稞全谷物，与灰分结果相一致。

2.4 青稞麸皮中总多酚和花青素含量分析

青稞中含有大量的多酚类化合物，如酚酸、黄酮、花青素等，酚类主要以游离或者结合的形式存在，其中 80% 存在于麸皮和胚乳中<sup>[26]</sup>。酚类化合物能够降血脂、防止动脉硬化和血栓的形成；而花青素是目前最有效的天然水溶性自由基清除剂，能够保护细胞和组织不被自由基氧化，促进 V<sub>C</sub> 和 V<sub>E</sub> 的吸收利用<sup>[37-38]</sup>。由表 4 可知，黑青稞麸皮中花青素和总多酚均显著高于白青稞。林津等<sup>[40]</sup>通过与白青稞对比，发现黑青稞中花青素含量极为丰富，Kim 等<sup>[41]</sup>发现籽粒颜色和基因型是导致黑色、黄色和白色大麦之间多酚含量差异显著的主要因素，可能也是黑青稞中总多酚含量高于白青稞的原因。麸皮富含多酚类化合物和类黄酮类物质，其含量远高于青稞全谷物，Gong 等<sup>[42]</sup>研究发现可溶性多酚含量从藏青稞籽粒外部到内部依次下降，并且有色青稞比无色青稞具有更高的抗氧化性。麸皮中较高含量的功能活性成分使其具有更高的深加工前景。

2.5 青稞麸皮的抗氧化性分析

由图 1(a) 可知，随着浓度的增加，麸皮提取液对

表 4 青稞麸皮中花青素和总多酚含量<sup>†</sup>

Table 4 Anthocyanins and total polyphenolsin of highland barley bran (n=3) mg/g

样品	花青素	总多酚
白青稞麸皮	—	6.30±0.66 <sup>b</sup>
黑青稞麸皮	7.08±0.58 <sup>a</sup>	9.05±0.56 <sup>a</sup>
白青稞全谷物 <sup>[8,39]</sup>	—	0.30
黑青稞全谷物 <sup>[8,39]</sup>	0.09~0.64	0.26

† 同列字母不同代表差异显著(P<0.05)；—代表未检测到。

DPPH 自由基清除能力先增强后趋于平稳，当质量浓度达 10 mg/mL 后，黑青稞麸皮提取液对 DPPH 自由基清除能力明显高于白青稞麸皮，黑青稞麸皮和白青稞麸皮抗氧化活性 IC<sub>50</sub> 值分别为 3.50, 3.68 mg/mL，两者无显著差别，但麸皮提取液对 DPPH 自由基清除能力高于青稞全谷物<sup>[43]</sup>，可能与青稞麸皮中总多酚及花青素含量远高于青稞全谷物有关，研究<sup>[42]</sup>发现青稞中 50% 以上的酚类物质集中在外层，其中最外层部位平均总酚含量达 5.867 μg/g (以没食子酸计)。

如图 1(b) 所示，随着质量浓度的增加，青稞麸皮提取液对 ABTS<sup>+</sup> 自由基清除能力逐渐增加，当质量浓度达到 20 mg/mL 时，对 ABTS<sup>+</sup> 自由基的清除能力达到 80%。黑青稞麸皮提取液对 ABTS<sup>+</sup> 自由基清除能力略高于白青稞麸皮，可能由于黑青稞麸皮中总多酚和花青素含量

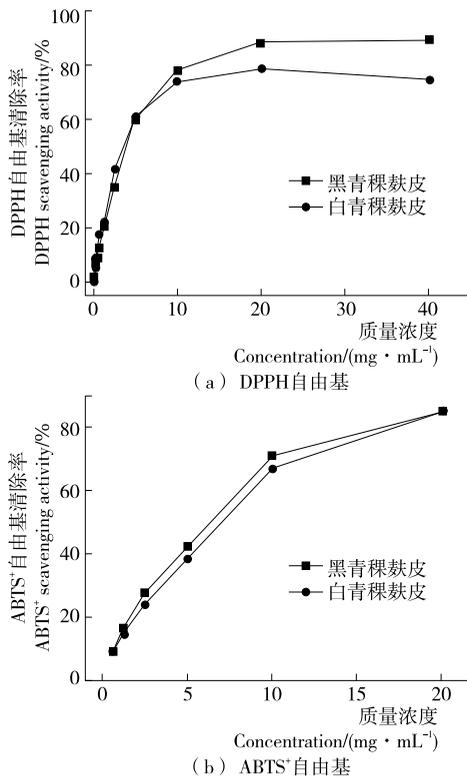


图1 青稞麸皮样品浓度对DPPH自由基和ABTS<sup>+</sup>自由基的清除效果

Figure 1 DPPH radical scavenging activity and ABTS<sup>+</sup> radical scavenging activity of highland barley bran ( $n=3$ )

显著高于白青稞麸皮;而麸皮对ABTS<sup>+</sup>自由基清除能力高于青稞全谷物<sup>[43]</sup>,可能与麸皮中总多酚与花青素含量有关。

综合两个测试指标可知,两种青稞麸皮均具有抗氧化活性,并且黑青稞DPPH自由基清除能力和ABTS<sup>+</sup>自由基清除能力略高于白青稞麸皮。基于此,对麸皮后期的综合加工可将其应用于功能性食品或作为营养强化剂添加到食品中。

### 3 结论

试验通过对白青稞麸皮与黑青稞麸皮的基本营养成分、功能性成分以及抗氧化性测定分析,发现青稞麸皮基本营养成分(淀粉、蛋白质、粗纤维)、功能成分(总多酚、花青素)及抗氧化性均高于青稞全谷物,并且黑青稞麸皮中花青素和总多酚含量显著高于白青稞麸皮,因此可将黑青稞麸皮应用于功能性食品或作为营养强化剂添加到食品。试验仅对青稞麸皮功能成分中多酚类物质总量进行了测定,未来可对青稞麸皮中多酚化合物的代谢途径及其功能活性多酚单体进行深入研究。

### 参考文献

- [1] 卢良恕. 中国大麦学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 16.
- [2] FAIRS D G. The physiology and genetics of the kernel color of barley [D]. Columbia: Universit of British Columbia, 1955: 6.
- [3] 徐菲, 党斌, 杨希娟, 等. 不同青稞品种的营养品质评价[J]. 麦类作物学报, 2016, 36(9): 1 249-1 257.
- [4] BOTHME R R V, SATOK, KOMATSUDA T, et al. Diversity in Barley (*Hordeum vulgare*): The domestication of cultivated barley [M]. Netherlands: Elsevier Science B V, 2003: 20-33.
- [5] 孙明茂, 韩龙植, 李圭星, 等. 水稻花色苷含量的遗传研究进展[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(2): 239-245.
- [6] 范志红. 天然食品颜色越深营养越高[J]. 半月选读, 2009 (4): 89.
- [7] 吴鼎坤. 食物的颜色与营养及食养、食补、食疗的关系[J]. 东方食疗与保健, 2004(10): 40-41.
- [8] 张帅, 吴昆仑, 姚晓华, 等. 不同粒色青稞营养品质与抗氧化活性物质差异性分析[J]. 青海大学学报, 2017(2): 19-27.
- [9] 王东. 青稞米的加工工艺及麸皮中营养成分的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2014: 1-3.
- [10] 龚凌霄, 曹文燕, 张英, 等. 青稞麸皮提取物抑制 $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性研究及成分分析[J]. 食品科学, 2017(6): 185-190.
- [11] 徐中香, 胡浩, 李季楠, 等. 青稞麸皮阿拉伯木聚糖的提取工艺优化及结构分析[J]. 食品科学, 2018, 39(8): 191-197.
- [12] 杨希娟, 党斌, 张杰, 等. 黑青稞麸皮结合态酚类物质大孔树脂分离纯化工艺优化[J]. 农业工程学报, 2018, 34(21): 295-303.
- [13] 丁捷, 郑丁菘, 黄益前, 等. 川西产区不同品种青稞全粉基本特性研究[J]. 食品科技, 2016(9): 171-177.
- [14] 王波, 张文会, 白婷, 等. 不同品种青稞籽粒形成过程中主要营养物质的动态变化[J]. 西藏农业科技, 2018(2): 5-8.
- [15] FENG Chen-yong, WANG Wei-wei, YE Jian-fei, et al. Polyphenol profile and antioxidant activity of the fruit and leaf of *Vaccinium glaucoalbum* from the Tibetan Himalayas[J]. Food Chemistry, 2017, 219: 490-495.
- [16] CHU Yi-fang, SUN Jie, WU Xian-zhong, et al. Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(23): 6 910-6 916.
- [17] 刘长姣, 郑霞, 熊湘炜, 等. 分光光度法测定黑米花青素方法的建立[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(9): 73-77.
- [18] 唐偲琦, 李绍波, 郎春辉, 等. 紫甘薯中花青素类色素提取和分光光度法测定[J]. 现代预防医学, 2013, 40(9): 1 721-1 723.
- [19] TAO Bing-bing, YE Fa-yin, LI Hang, et al. Phenolic profile and in vitro antioxidant capacity of insoluble dietary fiber powders from citrus (*Citrus junos* Sieb. ex Tanaka)

- pomace as affected ultrafine grinding[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(29): 7 166-7 173.
- [20] CHENG Hao-ran, FENG Shi-ling, JIA Xue-jing, et al. Structural characterization and antioxidant activities of polysaccharides extracted from *Epimedium acuminatum* [J]. Carbohydrate polymers, 2013, 92(1): 63-68.
- [21] 刘慧琳, 王玉珍, 于新雨, 等. 青稞全谷及麸皮对饼干品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019(9): 62-67.
- [22] 钱俊伟, 蒋思萍, 苏文涛, 等. 青稞麸皮油脂脂肪酸成分分析及其对高血脂症大鼠脂质代谢的影响[J]. 四川动物, 2009, 28(5): 739-742.
- [23] MOREAU R A, FLORES R A, HICKS K B. Composition of functional lipids in hulled and hullless barley in fraction obtained by scarification and in barley oil[J]. Cereal Chem, 2007, 84(1): 1-5.
- [24] 江晖, 何珣. 小麦麸皮功能性成分的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(2): 834-835.
- [25] 常晓萍, 刘冠楠. 粗纤维食品的作用、地位及前景研究[J]. 北京农业, 2014(6): 280.
- [26] 高汪磊, 龚凌霄, 张英. 青稞作为我国高原特色谷物资源在功能食品领域的开发潜力[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(2): 1-4.
- [27] 姜志杰, 李国明, 周明, 等. 青稞麸皮可溶性粗多糖的提取及其抗氧化性研究[J]. 中国食品添加剂, 2012(6): 70-77.
- [28] 张文会, 顿珠次仁, 强小林. 酶法制备青稞麸膳食纤维的工艺优化[J]. 粮食加工, 2013, 38(5): 58-60.
- [29] 梁寒峭, 李金霞, 陈建国, 等. 黑青稞营养成分的检测与分析[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(1): 180-182.
- [30] 臧靖巍, 阚建全, 陈宗道, 等. 青稞的成分研究及其应用现状[J]. 中国食品添加剂, 2004(4): 43-46.
- [31] 姚豪颖叶, 聂少平, 鄢为唯, 等. 不同产地青稞原料中的营养成分分析[J]. 南昌大学学报, 2015, 37(1): 11-15.
- [32] 夏敏. 必需微量元素与人体健康[J]. 广东微量元素科学, 2003, 10(1): 11-16.
- [33] 朱银玲, 李思东, 钟杰平. 杨桃花中的氨基酸和微量元素的测定与分析[J]. 广东化工, 2011, 38(3): 125-126.
- [34] 王鹏珍, 牛忠海, 张世满, 等. 青稞原料营养成分浅析[J]. 酿酒科技, 1997(3): 30-31.
- [35] MANGELSEN E, KILIAN J, HARTER K, et al. Transcriptome analysis of high-temperature stress in developing barley caryopses; Early stress responses and effects on storage compound biosynthesis[J]. Molecular Plant, 2011, 4(1): 97-115.
- [36] 付湘晋. 我国天然黑色素研究概况[J]. 粮食与油脂, 2005(12): 42-45.
- [37] 胡雅馨, 李京, 惠伯棣. 蓝莓果实中主要营养及花青素成分的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 600-603.
- [38] 孙传范. 原花青素的研究进展[J]. 食品与机械, 2010, 26(4): 146-148.
- [39] 谭大明, 谭海运, 刘国一, 等. 西藏不同黑青稞品种的农艺性状和营养品质分析[J]. 麦类作物学报, 2018, 38(2): 142-147.
- [40] 林津, 洛桑仁青, 周陶鸿, 等. 西藏山南隆子县黑青稞与白青稞的营养成分及生理活性物质的比较分析[J]. 食品科技, 2016, 41(10): 88-92.
- [41] KIM M J, HYUN J N, KIM J A, et al. Relationship between phenolic compounds, anthocyanins content and antioxidant activity in colored barley germplasm[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2007, 55(12): 4 802-4 809.
- [42] GONG Ling-xiao, JIN Cheng, WU Li-jiang, et al. Tibetan Hull-less Barley (*Hordeum vulgare* L.) as a Potential Source of Antioxidants[J]. Cereal Chemistry, 2012, 89(6): 290-295.
- [43] 申迎宾, 张友维, 黄才欢, 等. 提取溶剂对青稞提取物总酚、黄酮含量及其抗氧化活性的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 133-136.

## 信息窗

### 欧盟 EFSA 更新对 5 种邻苯二甲酸酯的风险评估

2019 年 12 月 11 日, 据欧盟食品安全局(EFSA)消息, 应欧盟委员会要求, 欧盟食品接触材料、酶和加工助剂(food contact materials, enzymes and processing aids, CEF)专家小组更新对邻苯二甲酸二正丁酯(dibutylphthalate, DBP)、邻苯二甲酸丁苄酯(butylbenzyl-phthalate, BBP)、邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯(bis(2-ethylhexyl)phthalate, DEHP)、邻苯二甲酸二异壬酯(di-isononylphthalate, DINP)和邻苯二甲酸二异癸酯(di-isodecylphthalate, DIDP)的风险评估, 这些物

质被授权用作塑料食品接触材料。

最终更新后的评估保留了已建立的每日耐受摄入量(tolerable daily intake, TDI), DBP, BBP, DEHP 和 DINP 的每日耐受摄入量为 50  $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$ , DIDP 的每日耐受摄入量为 150  $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{BW}$ 。这项评估涵盖了欧洲任何年龄的消费者, 包括最敏感的群体。专家小组认为, 目前对 5 种邻苯二甲酸酯的评估应该是临时性的。

(来源: <http://news.foodmate.net>)