

# 裸燕麦和皮燕麦的营养及功能活性成分对比分析

李笑蕊<sup>1,2</sup>, 王世霞<sup>1,2</sup>, 么杨<sup>3</sup>, 俞婷婷<sup>1</sup>, 刘珊<sup>1</sup>, 任贵兴<sup>3</sup>, 蔡文涛<sup>1</sup>

(1. 国家粮食局科学研究院, 北京 100037; 2. 天津科技大学食品学院, 天津 300222;  
3. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

**摘要:**对比研究裸燕麦和皮燕麦营养组分及功能活性成分的差异。以5种裸燕麦和3种皮燕麦为材料,分别测定其中基本组分(水分和灰分)、营养组分(淀粉、蛋白质和脂肪)以及功能组分(黄酮、多酚和低聚糖等)的含量。结果表明,裸燕麦和皮燕麦的水分和灰分含量无显著性差异;裸燕麦在粗脂肪、粗蛋白、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、黄酮和氨基酸等营养及功能组分的含量方面显著高于皮燕麦,而慢消化淀粉和水苏糖2种组分含量显著低于皮燕麦。裸燕麦和皮燕麦含有相同种类的营养及功能组分,但裸燕麦的多种营养组分及功能组分含量高于皮燕麦。

**关键词:**裸燕麦;皮燕麦;营养组分;功能活性成分;对比分析

中图分类号:S 512.6 文献标识码:A 文章编号:1007-7561(2015)05-0050-05

## A comparative analysis of nutrition components and functional active ingredients in *Avena nuda* and *Avena sativa*

LI Xiao-rui<sup>1,2</sup>, WANG Shi-xia<sup>1,2</sup>, YAO Yang<sup>3</sup>, YUN Ting-ting<sup>1</sup>, LIU Shan<sup>1</sup>, REN Gui-xing<sup>3</sup>, QI Wen-tao<sup>1</sup>

(1. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037; 2. College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222;  
3. Institute of Crop Sciences of CAAS, Beijing 100081)

**Abstract:** The differences of nutrition components and active ingredient between *Avena nuda* and *Avena sativa* were compared. The contents of basic components (moisture and ash), nutritional compositions (starch, protein and fat) and functional active ingredient (flavonoids, polyphenols and oligosaccharide) in 5 kinds of *Avena nuda* and 3 kinds of *Avena sativa* were determined. The results showed that there were no significant differences in the contents of moisture and ash between *Avena nuda* and *Avena sativa*. The contents of crud fat, crud protein, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, flavonoids and amino acid in *Avena nuda* were significantly higher than those in *Avena sativa*, while the contents of slowly digestible starch and stachyose in *Avena nuda* were significantly lower than those in *Avena sativa*. Both *Avena nuda* and *Avena sativa* had similar composition of nutritional and functional active ingredients but the contents of them higher in *Avena nuda* than in *Avena sativa*.

**Keywords:** *Avena nuda*; *Avena sativa*; nutrition components; functional active ingredient; comparative analysis

燕麦是起源于我国的一种古老栽培作物,为一年生粮饲兼用作物<sup>[1]</sup>。栽培燕麦一般分为裸粒型(*Avena nuda*)和带稃型(*Avena sativa*)两大类,即裸燕麦和皮燕麦<sup>[2]</sup>。国外栽培的主要是带稃型的皮

燕麦,广泛分布于俄罗斯、美国及加拿大等国<sup>[3]</sup>。我国以种植裸燕麦为主,裸燕麦产量占燕麦总产量的90%以上<sup>[2]</sup>。华北是我国春燕麦的主要产区,播种面积占全国播种总面积的70%左右<sup>[4]</sup>。皮燕麦在我国以饲用为主<sup>[5-6]</sup>。

皮燕麦的产量低于裸燕麦的产量,而皮燕麦的抗性比裸燕麦的强,其抗倒能力尤为突出。皮燕麦与皮燕麦以及裸燕麦与裸燕麦之间的遗传距离较

收稿日期:2015-04-07

基金项目:粮食公益性行业科研专项(201313006-5)

作者简介:李笑蕊,1990年出生,女,硕士研究生。

通讯作者:蔡文涛,1977年出生,男,博士,副研究员。

小,分别为0.023~0.117和0.040~0.298,而裸燕麦与皮燕麦的遗传差别在0.087~0.496,距离较大<sup>[3]</sup>。遗传性状的差异决定了裸燕麦和皮燕麦在营养成分组成和功能性植物活性成分含量方面存在一定差异。我国目前关于燕麦的种植、加工和研究多集中于裸燕麦品种<sup>[7]</sup>。关于皮燕麦种植和营养价值方面的研究较少,关于裸燕麦和皮燕麦之间对比的研究更是鲜有报导。基于此,本研究选取我国代表性裸燕麦和皮燕麦品种,对其基本营养成分和功能活性组分进行检测分析,并比较两者在营养价值和健康功效方面的差异性,以期裸燕麦和皮燕麦的合理加工和科学消费提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验样品

样品制备:分别选取全国各主要产区2013年产裸燕麦(5种)和皮燕麦(3种)共8个品种(详见表1),经清洗、除杂、干燥、脱壳后粉碎(过60目筛),得到燕麦粉末备用。

表1 燕麦品种及来源

品种名称	提供单位	
裸燕麦	坝苽一号	河北张家口坝上试验田
	坝苽三号	河北张家口坝上试验田
	燕科一号	内蒙古农业科学院
	定苽八号	国家燕麦荞麦产业技术体系 甘肃定西综合实验站
晋燕14号	山西省农业科学院高寒区作物研究所	
皮燕麦	坝燕四号	河北张家口坝上试验田
	白燕7号	吉林省白城市农科院良种示范场
	林纳	青海省青麦食品有限公司

### 1.2 实验仪器

仪器:色谱系统(HPLC),两个泵(Alltech 626 HPLC pumps),一个自动进样器(AS3000)和紫外检测器(UV6000)(Spectra system thermo Finnigan, San Jose, CA, USA)。色谱柱为YMC-ODS柱(5 μm, 250 mm × 4.6 mm, YMC, Japan)。气相色谱仪, Agilent 4890D型,美国安捷伦公司。另外有SpectraMax Plus384酶标仪,分光光度计,爱尔兰Megazyme抗消化淀粉测试试剂盒, YG-2型脂肪抽提器,岛津LC-20A高效液相色谱仪,FOSS 2012型消化炉及排废装置,FOSS 2300型自动定氮仪,日立L-8800氨基酸自动分析仪。

### 1.3 实验材料

硼酸、五水合硫酸铜、硫酸钾、三氯乙酸、氢氧化锂、氢溴酸、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、亚硫酸钠、亚硝酸钠等(均为分析纯),购自北京化工厂;α-亚麻酸、油酸、亚油酸,购自中国药品生物制品检定所;椒目仁油,由第四军医大学药物研究所制备;三氟化硼

乙醚液(化学纯),购自国药集团化学试剂有限公司;氨基酸标准品、邻苯二甲醛(OPA)和氯甲酸苄甲酯(FMOC)、戊氨酸、肌氨酸,购自阿拉丁试剂公司,纯度≥99%;磺基丙氨酸-蛋氨酸标准品,购自SIGMA公司,纯度≥99%;色谱纯乙腈和甲醇,购自Merck公司;β-葡聚糖测定试剂盒、抗消化淀粉测定试剂盒,购自爱尔兰Megazyme公司。

### 1.4 实验方法

#### 1.4.1 基本组分测定

水分含量的测定:GB/T5009.3—2003;灰分含量的测定:GB/T 5009.3—2003。

#### 1.4.2 营养组分测定

粗脂肪含量的测定:GB/T 14489.2—2008(索氏抽提法);粗蛋白质含量测定:GB/2905—1982;粗淀粉含量的测定:GB/5006—85(旋光法)。

氨基酸组成的测定:样品酸解后,采用临本二甲醛(OPA)柱前衍生高效液相色谱分析采用L-8800氨基酸自动分析仪测定氨基酸的种类和含量。

脂肪酸的测定:采用甲酯化反应法测定,称取0.50 g燕麦样品于5 mL离心管中,加入2 mL正己烷,振摇0.5 min,室温下放置过夜后,吸取1 mL上清液放入另一个5 mL离心管中,加入1 mL甲醇—BF<sub>3</sub>进行甲酯化反应,在室温下反应1 h,取上清液分析。色谱条件:HP-1毛细柱(30 m × 320 μm × 0.25 μm),柱温220 °C, FID检测器温度280 °C,进样温度250 °C,分流比1:50,空气流速450 mL/min,氢气流速40 mL/min,氮气压力0.5 MPa,进样1 μL。

快速消化淀粉(RDS)、慢消化淀粉(SDS)和抗性淀粉(RS)的测定:在Englyst法的基础上测定,称取160 mg淀粉样品(干基)放入具塞试管中,加入15 mL pH 5.2的磷酸盐缓冲溶液,于沸水浴中糊化30 min,冷却至室温,置于37 °C、200 r/min转速恒温摇床上平衡10 min,加入4 mL猪胰α-淀粉酶(290 U/mL)和1 mL葡萄糖淀粉酶(2 500 U/mL)水解后,取1 mL加入4 mL无水乙醇灭酶,用DNS法测定葡萄糖含量。根据淀粉在小肠内的生物可利用性,Enlyst<sup>[8]</sup>将淀粉分为三类:快速消化淀粉(Ready digestible starch, RDS),指在小肠内迅速消化吸收的淀粉颗粒(< 20 min);缓慢消化淀粉(Slowly digestible starch, SDS),指在小肠内消化吸收比较慢的淀粉颗粒(20~120 min);抗性淀粉(Resistant starch, RS),指不被小肠消化吸收但能在大肠内进行发酵的淀粉(> 120 min)。公式如下:

$$RDS/\% = (G120 - FG) \times 0.9 \times 100/TS;$$

$$SDS/\% = (G120 - G20) \times 0.9 \times 100/TS;$$

$$RS/\% = (TG - FG) \times 0.9 \times 100/TS - (RDS + SDS)$$

式中:G20 指酶解 20 min 后释放的葡萄糖质量,mg;G120 指酶解 120 min 后释放的葡萄糖质量,mg;FG 指游离葡萄糖质量,mg;TG 指总葡萄糖质量,mg;TS 指总淀粉干基重。

### 1.4.3 功能组分的测定

总酚和总黄酮的测定:采用分光光度法测定,参照何永艳<sup>[9]</sup>和秦培友等的方法测定<sup>[10]</sup>。

$\beta$ -葡聚糖的测定:采用爱尔兰 Megazyme 混联  $\beta$ -葡聚糖测试试剂盒,并按照试剂盒推荐实验步骤进行测定。

水苏糖、棉子糖的测定:采用 HPLC 法测定,检测器为示差折光检测器,色谱柱为 Inertsil NH2 柱(4.6 \* 250 mm/5 $\mu$ m);流动相为乙腈:水 = 65:35 (V/V);流速 1.0 mL/min;柱温 35  $^{\circ}$ C,检测器温度为 40  $^{\circ}$ C。

### 1.5 数据处理与分析

燕麦每个样品中的营养组分及功能活性成分分别测定三次,取平均值。其中,裸燕麦营养组分及功能活性成分取 5 个品种的平均值,表示为平均值  $\pm$  标准差;皮燕麦营养组分及功能活性成分取 3 个品种的平均值,表示为平均值  $\pm$  标准差。

各营养组分采用 Excel 2007 进行统计分析,利用 SPSS 17.0 软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 裸燕麦和皮燕麦的基本组分

图 1 为裸燕麦和皮燕麦的水分和灰分含量,裸燕麦和皮燕麦中无论水分还是灰分含量均无显著性差异( $P > 0.05$ )。裸燕麦和皮燕麦的水分含量分别为 7.01%  $\pm$  0.82% 和 7.92%  $\pm$  0.20%,灰分含量分别为 1.57%  $\pm$  0.19% 和 1.53%  $\pm$  0.14%。

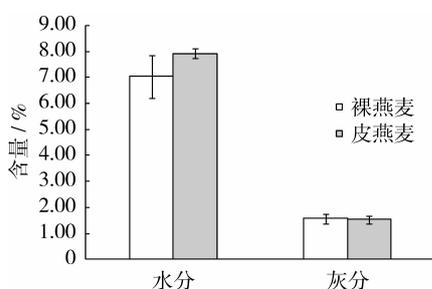


图 1 裸燕麦和皮燕麦的水分和灰分的含量

### 2.2 裸燕麦和皮燕麦的主要营养组分

#### 2.2.1 粗脂肪、粗蛋白和总淀粉的含量分析

由图 2 可知裸燕麦和皮燕麦所含粗脂肪含量分别为 6.44%  $\pm$  0.85% 和 5.09%  $\pm$  0.66%,粗蛋白含量分别为 16.17%  $\pm$  1.14% 和 13.95%  $\pm$  1.68%。裸燕麦的粗脂肪含量和粗蛋白含量均显著高于皮燕麦( $P < 0.05$ ),而皮燕麦的总淀粉含量则显著高于

裸燕麦( $P < 0.05$ ),分别为 57.58%  $\pm$  2.74% 和 53.57%  $\pm$  1.31%。

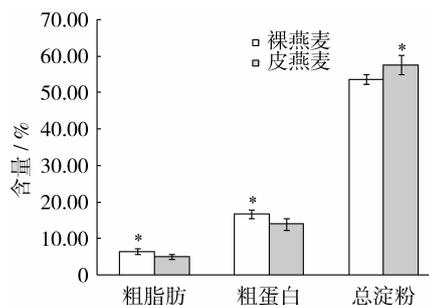


图 2 粗脂肪、粗蛋白和总淀粉的含量

注: \* 指差异显著( $P < 0.05$ )。

#### 2.2.2 不同种类脂肪酸含量分析

由图 3 可知,裸燕麦和皮燕麦中脂肪酸含量和种类丰富,含有棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸等多种脂肪酸,其中棕榈酸、油酸和亚油酸含量较多。裸燕麦的油酸、亚油酸、硬脂酸和亚麻酸含量分别为 1.79%  $\pm$  0.28%、2.88%  $\pm$  0.40%、0.40%  $\pm$  0.06% 和 0.11%  $\pm$  0.01%,均显著高于皮燕麦( $P < 0.05$ ),对应分别为 1.41%  $\pm$  0.05%、2.28%  $\pm$  0.04%、0.32%  $\pm$  0.00% 和 0.09%  $\pm$  0.01%。棕榈酸含量裸燕麦和皮燕麦间无显著性差异( $P > 0.05$ ),分别为 1.16%  $\pm$  0.44% 和 0.99%  $\pm$  0.58%。

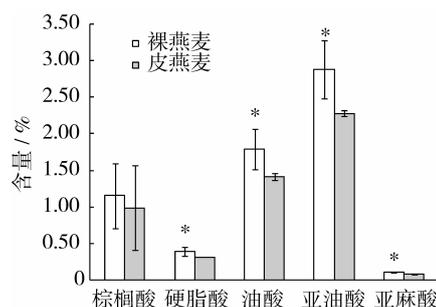


图 3 裸燕麦和皮燕麦不同脂肪酸的含量

注: \* 指差异显著( $P < 0.05$ )。

#### 2.2.3 氨基酸含量分析

本研究进一步对裸燕麦和皮燕麦中主要氨基酸含量进行分析,测定结果如表 2 所示,裸燕麦和皮燕麦的 15 种主要氨基酸含量除缬氨酸、甲硫氨酸、酪氨酸无显著性差异外( $P > 0.05$ ),其余 12 种氨基酸含量裸燕麦均显著高于皮燕麦( $P < 0.05$ )。燕麦中 8 种必需氨基酸含量均比较丰富,平均值分别是苏氨酸 4.60%、缬氨酸 7.49%、甲硫氨酸 1.74%、异亮氨酸 4.515%、亮氨酸 10.02%、苯丙氨酸 6.945%、赖氨酸 5.33% 和组氨酸 2.765%。此外,谷氨酸和天冬氨酸含量也较高,分别为 27.05% 和 10.61%。

表2 裸燕麦和皮燕麦的15种主要氨基酸含量

氨基酸种类	裸燕麦/(mg/g)	皮燕麦/(mg/g)	P值
天冬氨酸	11.42 ± 0.81	9.8 ± 1.18	0.03
苏氨酸	4.95 ± 0.23	4.25 ± 0.43	0.01
丝氨酸	6.85 ± 0.34	5.76 ± 0.65	0.01
谷氨酸	29.69 ± 2.56	24.41 ± 3.61	0.03
甘氨酸	7.11 ± 0.37	6.02 ± 0.55	0.01
丙氨酸	11.48 ± 0.51	10.15 ± 0.78	0.01
缬氨酸	7.91 ± 0.70	7.07 ± 0.41	0.06
甲硫氨酸	1.84 ± 0.22	1.64 ± 0.17	0.12
异亮氨酸	4.89 ± 0.36	4.14 ± 0.46	0.02
亮氨酸	10.99 ± 0.67	9.05 ± 1.31	0.01
酪氨酸	5.77 ± 0.28	5.53 ± 0.05	0.10
苯丙氨酸	7.55 ± 0.56	6.34 ± 0.84	0.02
赖氨酸	5.69 ± 0.28	4.97 ± 0.36	0.01
组氨酸	2.94 ± 0.22	2.59 ± 0.28	0.047
精氨酸	9.81 ± 0.58	8.67 ± 1.01	0.04

2.2.4 不同种类淀粉含量分析

由图4可以看出,除慢消化淀粉含量皮燕麦显著高于裸燕麦外( $P < 0.05$ ),两种燕麦在快消化淀粉和抗性淀粉含量方面无显著性差异( $P > 0.05$ )。裸燕麦和皮燕麦慢消化淀粉含量分别为  $7.13\% \pm 1.63\%$  和  $10.93\% \pm 2.86\%$ ;快消化淀粉含量分别为  $19.24\% \pm 3.35\%$  和  $14.77\% \pm 4.03\%$ ;抗性淀粉含量分别为  $27.20\% \pm 3.23\%$  和  $31.88\% \pm 6.31\%$ 。

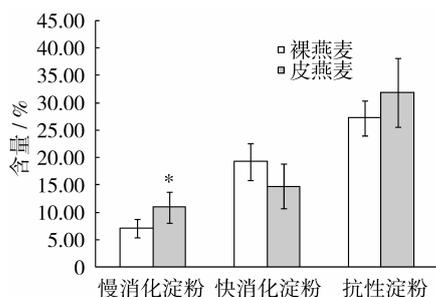


图4 裸燕麦和皮燕麦不同种类淀粉的含量

注: \* 指差异显著( $P < 0.05$ )。

2.3 裸燕麦和皮燕麦主要功能活性成分含量分析

2.3.1 黄酮和多酚含量分析

图5为裸燕麦和皮燕麦总黄酮及多酚的含量情况,由图可见两种燕麦的黄酮含量差别较大,裸燕麦中含量显著高于皮燕麦( $P < 0.05$ ),分别为  $31.75 \pm 9.49 \text{ mg/g}$  和  $16.91 \pm 11.09 \text{ mg/g}$ 。两者的多酚含量差异不显著,分别为  $13.83 \pm 6.15 \text{ mg/g}$  和  $12.58 \pm 3.13 \text{ mg/g}$ 。

2.3.2 低聚糖的含量分析

由图6可知,皮燕麦水苏糖含量显著高于裸燕麦( $P < 0.05$ ),而两者的 $\beta$ -葡聚糖和棉籽糖含量无显著性差异( $P > 0.05$ )。裸燕麦 $\beta$ -葡聚糖、棉籽糖和水苏糖含量分别为  $45.4 \pm 8.72 \text{ mg/g}$ ,  $7.18 \pm 1.97 \text{ mg/g}$  和  $24.00 \pm 0.60 \text{ mg/g}$ ;皮燕麦中含量

分别为  $40.3 \pm 3.52 \text{ mg/g}$ ,  $5.87 \pm 1.23 \text{ mg/g}$  和  $25.09 \pm 0.87 \text{ mg/g}$ 。

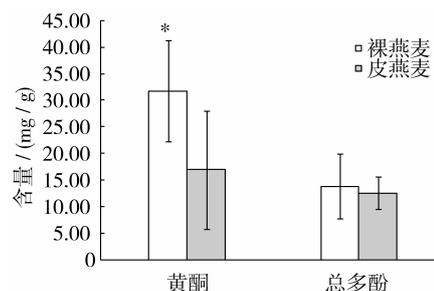


图5 裸燕麦和皮燕麦总黄酮和多酚含量

注: \* 指差异显著( $P < 0.05$ )。

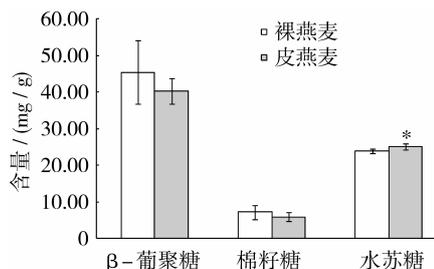


图6 裸燕麦和皮燕麦低聚糖含量

注: \* 指差异显著( $P < 0.05$ )。

2.4 讨论

基于裸燕麦和皮燕麦在产量性状、抗性及遗传距离等方面的不同,本研究首次系统对比分析了两者营养物质和功能活性成分的组成和含量差异。其中裸燕麦取5个代表性品种的平均值,皮燕麦取3个代表性品种的平均值。

在基本组分方面裸燕麦和皮燕麦未发现显著性差异,其水分和灰分含量近乎一致,可推测裸燕麦和皮燕麦籽粒在加工方面具有相同的可碾磨性。皮燕麦的淀粉含量显著高于裸燕麦,两者淀粉含量在50%~60%,这与文献报道一致<sup>[11]</sup>。燕麦淀粉具有细腻、柔和的特性,且皮燕麦的慢消化淀粉含量显著高于裸燕麦。慢消化淀粉消化速度慢,不会引起血糖的骤然升高,胰岛素缓慢释放,从而减少了脂肪的合成机会,让人较长时间维持饱腹感<sup>[12]</sup>,因此,相对裸燕麦,皮燕麦更适合于血糖偏高或血脂高的人食用。

裸燕麦和皮燕麦中脂肪酸不但含量较高,而且品种丰富,含有棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸等多种脂肪酸。裸燕麦和皮燕麦脂肪酸组成相似,但裸燕麦中几乎所有的脂肪酸含量均显著高于皮燕麦。两种燕麦中油酸和亚油酸的含量均高于其他几种脂肪酸,油酸和亚油酸对降低血清总胆固醇有显著作用<sup>[13]</sup>,这也可能是燕麦,尤其是裸燕麦具有促进胆固醇和胆酸排泄作用的主要原因之一。

在粮食作物中,燕麦的蛋白质含量最高,为11.35%~19.90%<sup>[14]</sup>。本研究测得裸燕麦总蛋白含量约为16.7%,皮燕麦含量为13.95%,与文献报道一致。且裸燕麦的总蛋白含量显著高于皮燕麦。本研究进一步测得不同燕麦品种中15种主要氨基酸,包括8种必需氨基酸、4种半必需氨基酸和3种非必需氨基酸的含量情况。裸燕麦各氨基酸含量要高于皮燕麦,但总体来讲,燕麦中8种必需氨基酸含量均比较高,有研究表明,燕麦蛋白不但是高氨基酸含量的优质蛋白,且其氨基酸组成在所有谷物中最为平衡<sup>[15]</sup>。因此,燕麦是优质的蛋白质和氨基酸来源。

在功能活性物质的含量上,裸燕麦和皮燕麦的多酚含量差异不显著,但裸燕麦的黄酮含量显著高于皮燕麦,高达32 mg/g,其含量在所有谷物中都处于前列。黄酮和非黄酮酚类化合物均是很好的抗氧化活性物质,它们对治疗高脂血症具有很好的辅助作用。从这方面讲,裸燕麦更适合于功能型食品配料甚至医药用黄酮的提取。

燕麦 $\beta$ -葡聚糖是一种黏性水溶性膳食纤维,被认为是降脂功能因子<sup>[16]</sup>,是目前燕麦功能活性物质中研究最多的一种,其含量占燕麦粉的3.0%~5.4%<sup>[17]</sup>。本研究测得燕麦 $\beta$ -葡聚糖含量为4.03%~4.54%,与文献报道一致。裸燕麦 $\beta$ -葡聚糖含量虽然略高于皮燕麦,但两者并无显著性差异。此外,皮燕麦和裸燕麦还含有丰富的水苏糖和棉籽糖含量,含量分别在2.40%~2.51%和0.59%~0.72%。大豆水苏糖和棉籽糖的含量分别可达3.8%和1.0%左右<sup>[18]</sup>,燕麦的水苏糖和棉籽糖非常接近于大豆。棉籽糖、水苏糖是一类能产生系列独特保健功能的活性物质,其功能性主要表现在能够增强机体免疫力<sup>[19]</sup>、降低血清胆固醇<sup>[20]</sup>、促进双歧杆菌增殖<sup>[21]</sup>、延缓衰老<sup>[22]</sup>、降低血压<sup>[23]</sup>、预防便秘<sup>[24]</sup>等方面。因此,食用燕麦对于功能性低聚糖的补充是非常有益的。

### 3 结论

裸燕麦和皮燕麦性状和遗传距离的不同,造成其营养及功能活性物质含量的差异。裸燕麦和皮燕麦的水分和灰分含量近乎一致,但裸燕麦在许多营养及功能活性物质的含量方面显著高于皮燕麦,如粗脂肪、粗蛋白、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、黄酮和12种氨基酸等,皮燕麦仅在慢消化淀粉和水苏糖含量方面显著高于裸燕麦,两种燕麦在其他组分含量方面无显著性差异。在我国广泛种植的裸燕麦更适合于新型功能型食品的生产 and 开发。

### 参考文献:

- [1]张向前,刘景辉,齐冰洁,等.燕麦种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2010,11(2):168-174.
- [2]李芳,刘刚,刘英,等.燕麦的综合开发与利用[J].武汉工业学院学报,2007,26(1):23-26.
- [3]塔娜,逯晓萍,张雅慧,等.皮、裸燕麦种质资源的性状表现和遗传差异分析[J].内蒙古农业科技,2010(2):33-35.
- [4]赵世锋,田长叶,王志刚,等.我国燕麦生产和科研现状及未来发展方向[J].杂粮作物,2008,27(6):428-431.
- [5]付晓峰,刘建国.国外引入燕麦种质资源在裸燕麦新品种选育中的应用[J].内蒙古农业科技,1999(2):14-15.
- [6]陆大彪.世界燕麦生产[J].世界农业,1986(3):17-18.
- [7]黄艾祥,吴存三.燕麦及其营养食品的研究开发[J].粮食与饲料工业,2000(9):49-50.
- [8]Englyst H N, Cummings J H. Digestion of the polysaccharides of some cereal foods in the human Small intestine[J]. The American journal of clinical nutrition, 1985, 42(5):778-787.
- [9]何永艳,冯佰利,邓涛,等.荞麦提取物抗氧化活性研究[J].西北农业学报,2007,16(6):76-79.
- [10]Qin P, Wang Q, Shan F, et al. Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 45(5):951-958.
- [11]王燕,易翠平,王强,等.不同裸燕麦品种的淀粉特性[J].麦类作物学报,2010,30(3):560-563.
- [12]缪铭,江波,张涛.新型功能性配料-低血糖慢消化淀粉的研究[J].中国食品添加剂,2008(2):78-86.
- [13]尹黎明,石元刚.燕麦对脂代谢影响的研究进展[J].局解手术学杂志,2005,13(5):345-347.
- [14]陈磊.燕麦的营养功能及综合加工利用[J].食品与机械,2012,28(2):236-237.
- [15]徐向英,王岸娜,林伟静,等.不同燕麦品种的蛋白质营养品质评价[J].麦类作物学报,2012,32(2):356-360.
- [16]申瑞玲,董吉林,李文全.燕麦 $\beta$ -葡聚糖对高脂血症大鼠胆固醇代谢的影响[J].中国食品学报,2009,9(3):14-19.
- [17]游水平,胡新中,陈杏云,等.燕麦 $\beta$ -葡聚糖对脂多糖引起的小鼠生长和血液生化指标的影响[J].中国食品学报,2014,14(2):16-22.
- [18]唐春江,邓放明,王乔隆,等.大豆低聚糖的研究进展[J].粮食加工,2008,33(2):33-37.
- [19]魏艳.水苏糖-乳酸菌合生元的免疫调节功效及增菌机制研究[D].宁波:宁波大学,2013.
- [20]白雪涛,刘建荣,董兵.钙锌铁硒及B族维生素联合应用对大鼠小肠铅吸收的影响[J].广东微量元素科学,1998,5(4):62-63.
- [21]章建造.双歧杆菌的生物学特征,生理功能及食品中的开发应用[J].食品科学,2002,23(10):141-142.
- [22]张天成,郭书文.水苏糖在乙肝便秘中的治疗与体会[J].中国实验方剂学杂志,2003,10(9):46-49.
- [23]王晓,张孝范.保健功能因子大豆低聚糖及其开发[J].西部粮油科技,1999,24(1):31-33.
- [24]邓文辉.水苏糖的功效及应用研究概述[J].饮料工业,2010,13(8):17-19. ☉