

6 种裸燕麦营养成分及功能活性成分对比分析

Comparison of nutritional and functional components in 6 kinds of naked oat

李笑蕊^{1,2} 刘珊¹ 王世霞^{1,2} 幺杨³ 任贵兴³ 綦文涛¹

LI Xiao-rui^{1,2} LIU Shan¹ WANG Shi-xia^{1,2} YAO Yang³ REN Gui-xing³ QI Wen-tao¹

(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)

(1. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037, China;

2. Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China;

3. Institute of Crop Sciences of CAAS, Beijing 100081, China)

摘要:研究 6 个代表性裸燕麦品种的基本营养成分、功能活性成分和特征组分含量,并对其进行对比分析。结果表明:不同品种裸燕麦样品中,总淀粉变异系数为 8.21%,变幅为 51.50%~64.32%;其中坝苡三号 and 花早 2 号所含慢消化淀粉和抗性淀粉含量占总淀粉比例相对较高。粗脂肪变异系数为 26.29%,变幅为 3.13%~7.75%;其中定苡八号不饱和脂肪酸占总脂肪酸比例最高,为 84.00%;坝苡一号不饱和脂肪酸比例最低,为 69.00%。粗蛋白质变异系数为 10.51%,变幅为 13.37%~18.43%;坝苡三号总氨基酸最高,约为 139.60 mg/g,其中必需氨基酸占总氨基酸含量的 59.07%;花早 2 号总氨基酸含量最低,约为 110.09 mg/g,其必需氨基酸占总氨基酸比例约为 59.34%。总多酚含量变异系数最大,为 39.26%,变幅为 4.27%~19.53%。总黄酮变异系数为 29.64%,变幅为 20.84%~44.34%。 β -葡聚糖变异系数为 25.22%,变幅为 2.74%~5.72%。研究结果对于燕麦相关食品和保健品的开发具有理论指导意义。

关键词:裸燕麦;营养成分;功能活性成分;特征组分

Abstract: The components of basic nutritional, functional active and characteristic ingredients in six representative naked oats were detected and compared. The results showed that, the total starch had the highest variation coefficient of 8.21% among all the 6 selected samples, and the amplitude of variation ranged from 51.50% to 64.32%. The contents of slowly digestible and resistant starch of Ba-you 3 and Hua-zao 2 in total starch were relatively high. The variation coefficient of crude fat was 26.29%, ranged from 3.13% to 7.75%. The proportion of unsaturated fatty acids of Ding-you-8 in

total fatty acid was 84.00%, which was the highest, and that of Ba-you 1 were 69.00% which was the least. The variation coefficient of crude protein was 10.51%, ranged from 13.37% to 18.43%. The detected amino acid of Ba-you 3 was 139.60 mg/g which was the highest, and the essential amino acids accounted for 59.07%; The amino acid of Hua-zao 2 was 110.09 mg/g which was the least and the essential amino acids accounted for 59.34%. The variation coefficient of total polyphenol was 39.26% ranged from 4.27% to 19.53% which was the least. The variation coefficient of total flavonoids was 29.64%, ranged from 20.84% to 44.34%. The variation coefficient of β -glucan was 25.22%, ranged from 2.74% to 5.72%. These data would be important references for the research and development of oat food and health care products.

Keywords: naked oat; nutrition ingredients; functional active ingredients; characteristic ingredients

燕麦(*Avena sativa* L.)为禾本科燕麦属一年生粮饲兼用作物,又名莠麦、玉麦、铃铛麦。燕麦起源于中国,在全世界范围内种植广泛。华北是中国春燕麦的主要产区,主要分布在内蒙古、山西、河北等省的部分地区,常年种植面积约 20 万 hm^2 ,播种面积占全国播种总面积的 70% 左右^[1]。燕麦一般分成带稃型皮燕麦和裸粒型裸燕麦两大类,中国以种植裸燕麦为主,其中裸燕麦产量占全国燕麦总产量的 90% 以上^[2],而皮燕麦主要用作饲草和饲料。与其它谷物相比,燕麦具有很好的营养价值。燕麦脂肪含量在 3.4%~9.7%,蛋白质含量在 11.3%~19.9%,在粮食作物中居首位,可有效促进人体生长发育^[3]。近年来国内外研究^[4]已经证明燕麦具有降血糖、降血脂、降血压,抗氧化、延缓衰老,预防动脉硬化、预防结直肠癌等多种功效,这都与其含量丰富的功能性生物活性物质有关。

目前,燕麦食品已成为发达国家消费增长最快的谷物食

基金项目:粮食公益性行业科研专项(编号:201313006-5)

作者简介:李笑蕊,女,天津科技大学在读硕士研究生。

通讯作者:綦文涛(1977—),男,国家粮食局科学研究院副研究员,博士。E-mail:qwt@chinagrains.org

收稿日期:

品。随着中国居民对燕麦及其食品保健功能认识的增强,燕麦消费量逐年上升,与燕麦相关的科学研究和新产品开发也成为热点,如新型燕麦品种的选育,燕麦功能食品的开发等^[5]。但针对不同品种燕麦营养与功能活性物质差异化分析方面的研究还不曾有报道。本研究拟选取4个燕麦主产区6种代表性裸燕麦品种作为研究对象,对其基本营养成分、功能活性成分和特征组分等含量进行对比分析,旨在为燕麦食品和保健品的合理加工和消费提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

6个裸燕麦品种产地来源见表1,燕麦经除杂、清洗和晾晒后,采用高速粉碎机磨粉后过80目筛,4℃冰柜保存。

表1 燕麦品种及来源单位[†]
Table 1 The source of oats varieties

品种名称	来源
坝莪一号	河北张家口坝上试验田
坝莪三号	河北张家口坝上试验田
花早2号	河北张家口坝上试验田
燕科一号	内蒙古农业科学院
定莪八号	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

[†] 均为2013年燕麦原粮。

1.2 试验试剂

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;分析纯,北京化工厂;

α -亚麻酸、油酸、亚油酸:中国药品生物制品检定所;

椒目仁油:第四军医大学药物研究所;

三氟化硼乙醚液:化学纯,国药集团化学试剂有限公司;

氨基酸标准品、邻苯二甲醛(OPA)、氯甲酸苄甲酯(FMOC)、戊氨酸、肌氨酸:纯度 $\geq 99\%$,阿拉丁试剂公司;

磺基丙氨酸-蛋氨酸标准品:纯度 $\geq 99\%$,美国SIG-MA公司;

色谱纯乙腈和甲醇:Merck化工技术(上海)公司;

β -葡聚糖测定试剂盒、抗消化淀粉测定试剂盒:爱尔兰Megazyme公司。

1.3 试验仪器与设备

自动定氮仪:2300型,丹麦Foss公司;

氨基酸分析仪:L-8800型,日立化工有限公司;

高效液相色谱仪:LC-20A型,岛津(中国)有限公司;

气相色谱仪:6890型,美国安捷伦科技有限公司;

酶标仪:384型,美谷分子仪器(上海)有限公司;

气相色谱仪:4890D型,美国安捷伦公司;

电子分析天平:ME235S型,德国Sartorius公司。

1.4 试验方法

1.4.1 总淀粉测定 参照AOAC 966.11法。

1.4.2 慢消化淀粉测定 采用Englyst法^[6]。

1.4.3 抗消化淀粉测定 采用爱尔兰Megazyme抗消化淀粉测试试剂盒。

1.4.4 低聚糖测定 采用HPLC法。检测器为示差折光检测器,色谱柱为Inertsil NH2柱(4.6 mm \times 250 mm/5 μ m);流动相为乙腈:水=65:35(V/V);流速1.0 mL/min;柱温35℃,检测器温度40℃。

1.4.5 粗脂肪测定 参照GB/T 14772—2008法。

1.4.6 脂肪酸组成测定 参照GB/T 17376—2008、GB/T 17377—2008法。

1.4.7 粗蛋白测定 参照GB/T 5511—2008法。

1.4.8 氨基酸组成 参照GB/T 5009.124—2003法。

1.4.9 总黄酮测定 参照NY/T 1295—2007法。

1.4.10 总多酚测定 采用分光光度法^[7]。

1.4.11 β -葡聚糖测定 采用爱尔兰Megazyme混联 β -葡聚糖测试试剂盒。

1.5 数据处理

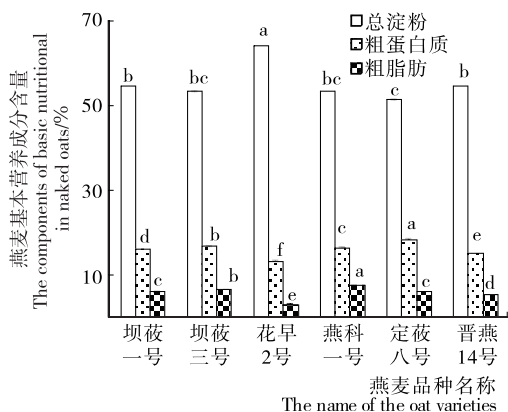
燕麦各营养成分采用Excel 2007进行统计分析,利用SPSS 17.0软件进行显著性方差分析。每个样品的每个参数独立测定3次,取平均值作为最后分析数据,数据表示形式为mean \pm SD。

2 结果与讨论

2.1 总淀粉、粗脂肪和粗蛋白含量分析

不同燕麦品种总淀粉、粗脂肪、粗蛋白含量见图1。由图1可知,不同种源的裸燕麦品种总淀粉含量存在显著性差异。其中花早2号显著高于其它5种燕麦品种($P < 0.05$),总淀粉含量达到(64.32 \pm 3.99)%。在粗蛋白方面,花早2号含量则显著低于其它品种($P < 0.05$);定莪八号粗蛋白质含量显著高于其它几个品种($P < 0.05$),高达(18.43 \pm 0.14)%。粗脂肪含量以燕科一号含量最高,可达(7.75 \pm 0.27)% ,显著高于其它裸燕麦品种($P < 0.05$)。

因此,不同原产地采集的不同裸燕麦品种基本营养成分,包括总淀粉、粗脂肪和粗蛋白含量存在不同程度的差异。即使是同一产地,燕麦中基本营养成分的含量也会因为品种



总淀粉、粗脂肪、粗蛋白含量均以干基计;用Duncan法进行多重比较,不同小写字母者表示差异显著($P < 0.05$)

图1 不同燕麦品种总淀粉、粗脂肪、粗蛋白含量

Figure 1 The contents of crude fat, crude protein and total starch

的不同而存在显著性差异。评价一种作物籽实营养价值的高低,不仅要其组分的含量大小,还要看其营养组分的种类是否齐全,比例是否接近人体所需。基于此,本研究进一步对燕麦淀粉、脂肪和蛋白的组成和特性进行了对比分析。

2.2 淀粉消化性分析

表 2 为不同燕麦品种慢消化淀粉(SDS)、快消化淀粉(RDS)以及抗性淀粉(RS)的含量特点。其中,晋燕 14 号品种慢消化淀粉含量显著性高于其他 5 种燕麦品种($P < 0.05$),燕科一号含量最低。但燕科一号的快消化淀粉含量最高;坝苲三号、定苲八号的快消化淀粉含量显著性偏低($P < 0.05$)。抗性淀粉以花早 2 号含量最高;坝苲一号、晋燕 14 号、燕科一号抗性淀粉含量偏低。由表 2 还可以看出,坝苲三号和花早 2 号所含慢消化淀粉和抗性淀粉含量占总淀粉含量的比例相对较高,分别达到 72% 和 70%。

燕麦的淀粉含量和种类都非常丰富,然而目前中国对燕麦淀粉的研究相对较少。燕麦淀粉性质特殊,能使食品呈现出紧密、润滑和奶油状结构^[8],在化工、制药等领域也有其特殊的作用。Enlyst 等^[6]和 Baghurst 等^[9]根据淀粉在小肠内的生物可利用性,将淀粉分为三类:慢消化淀粉(SDS)、快消化淀粉(RDS)以及抗性淀粉(RS)。SDS 具有重要的生理学功能,它不仅能够有效维持餐后血糖的稳定,还有助于防治糖尿病、肥胖症、冠心病、高血压、高血脂等慢性疾病^[10],在这方面晋燕 14 号燕麦具有明显的优势。抗性淀粉能够改善

表 2 不同燕麦品种淀粉的消化性[†]

Table 2 The digestibility of starch in oats varieties %

裸燕麦品种	慢消化淀粉(SDS)	快消化淀粉(RDS)	抗性淀粉(RS)
坝苲一号	8.14±0.94 ^{ab}	21.83±0.47 ^a	24.74±1.31 ^c
坝苲三号	6.36±2.21 ^{bc}	15.18±0.42 ^c	33.86±2.56 ^b
花早 2 号	5.58±0.95 ^{bc}	19.13±0.19 ^b	39.61±1.06 ^a
燕科一号	5.39±0.92 ^c	22.19±1.17 ^a	25.91±0.85 ^c
定苲八号	6.31±1.00 ^{bc}	16.04±1.30 ^c	29.15±0.71 ^b
晋燕 14 号	9.45±1.69 ^a	20.95±0.69 ^a	24.31±2.28 ^c

† 淀粉含量均以干基计;用 Duncan 法进行多重比较,不同小写字母者表示差异显著($P < 0.05$)。

大肠肠道健康并阻止结肠癌,还可以控制体重、防治糖尿病、降血脂,以及促进有益矿物质的吸收利用^[11],在这方面花早 2 号燕麦具有显著优势。

2.3 脂肪酸组成分析

表 3 为燕麦脂肪酸的种类和含量情况,包括饱和脂肪酸(棕榈酸和硬脂酸),以及不饱和脂肪酸(油酸、亚油酸和亚麻酸)。由表 3 可知,不同燕麦品种间各类脂肪酸含量差别明显。其中花早 2 号和定苲八号棕榈酸含量均显著偏低($P < 0.05$);且花早 2 号硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸水平均显著低于其它品种($P < 0.05$);而燕科一号油酸、亚油酸、亚麻酸水平均显著高于($P < 0.05$)其它品种。由表 3 还可以看出,6 种裸燕麦品种不饱和脂肪酸含量丰富,定苲八号不饱和脂肪酸占总脂肪酸比例最高,为 84%;坝苲一号不饱和脂肪酸占总脂肪酸比例最低,为 69%,但其亚油酸含量占不饱和脂肪酸的比例最高,为 61%。晋燕 14 号、花早 2 号、燕科一号和坝苲三号的不饱和脂肪酸含量在总脂肪酸中所占比例依次为 80%,76%,75%,74%。

近年来,不饱和脂肪酸的健康功效越来越被人们所认知。单不饱和脂肪酸,如油酸等具有降血糖、调节血压、调节血脂、降低胆固醇及有效防止动脉硬化等多种生理功能^[12]。多不饱和脂肪酸,如亚油酸和亚麻酸能降低心血管病、炎症、肿瘤的发生率及增强人体免疫力等功能^[13]。因此燕麦中高含量的不饱和脂肪酸,显然对维持人体健康大有益处。

2.4 氨基酸组成分析

本研究共测得 15 种氨基酸,包括 8 种必需氨基酸,4 种半必需氨基酸,3 种非必需氨基酸,含量情况见表 4。由表 4 可知,坝苲三号拥有最高含量的氨基酸,约为 139.60 mg/g,其中必需氨基酸占总氨基酸的 59.07%,除亮氨酸和组氨酸外,其余 13 种氨基酸含量均最高。而花早 2 号氨基酸含量最低,约为 110.09 mg/g,其必需氨基酸占总氨基酸比例约为 59.34%,除甲硫氨酸外,其余 14 种氨基酸含量均最低。

燕麦蛋白不但是高氨基酸含量的优质蛋白,其氨基酸组成在所有谷物中也最为平衡^[14]。本研究测得不同品种间总氨基酸含量虽有差异,但必需氨基酸在总氨基酸中所占的比例都在 58%~60%,且差异并不显著。

表 3 不同燕麦品种脂肪酸组成[†]

Table 3 Fatty acid contents in oats varieties

样品名称	饱和脂肪酸		不饱和脂肪酸		
	棕榈酸(C16:0)	硬脂酸(C18:0)	油酸(C18:1)	亚油酸(C18:2)	亚麻酸(C18:3)
坝苲一号	1.57±0.21 ^{ab}	0.34±0.01 ^b	1.54±0.03 ^b	2.56±0.08 ^{bc}	0.109 2±0.001 2 ^{ab}
坝苲三号	1.21±0.05 ^{bc}	0.38±0.01 ^b	1.70±0.03 ^b	2.73±0.07 ^b	0.110 5±0.002 4 ^{ab}
花早 2 号	0.56±0.15 ^{dc}	0.19±0.01 ^c	0.88±0.04 ^c	1.45±0.05 ^c	0.054 5±0.002 4 ^d
燕科一号	1.56±0.20 ^{ab}	0.48±0.04 ^a	2.15±0.17 ^a	3.43±0.24 ^a	0.132 7±0.029 4 ^a
定苲八号	0.54±0.09 ^{dc}	0.45±0.01 ^a	2.01±0.08 ^a	3.16±0.06 ^a	0.107 1±0.003 5 ^{ab}
晋燕 14 号	0.91±0.24 ^{cd}	0.36±0.00 ^b	1.56±0.05 ^b	2.51±0.04 ^{bc}	0.091 9±0.008 1 ^{bc}

† 用 Duncan 法进行多重比较,不同小写字母者表示差异显著($P < 0.05$)。

表4 不同裸燕麦品种氨基酸含量

Table 4 The contents of amino acids in oats varieties

mg/g

样品名称	坝苡一号	坝苡三号	花早2号	燕科一号	定苡8号	晋燕14号	
甲硫氨酸(Met)	1.57	2.17	1.59	1.73	1.91	1.83	
苏氨酸(Thr)	4.88	5.32	4.41	4.89	4.96	4.69	
缬氨酸(Val)	8.29	8.96	7.20	7.36	7.44	7.48	
必须氨基酸	异亮氨酸(Ile)	5.00	5.38	4.07	4.63	4.99	4.44
亮氨酸(Leu)	10.81	11.68	8.97	10.53	11.70	10.25	
赖氨酸(Lys)	5.52	6.13	5.19	5.58	5.77	5.44	
苯丙氨酸(Phe)	7.79	8.24	6.29	7.16	7.75	6.81	
组氨酸(His)	2.99	3.14	2.57	2.72	3.15	2.69	
总和	46.85	51.03	40.29	44.60	47.68	43.63	
半必需氨基酸	丝氨酸(Ser)	6.70	7.16	5.67	6.89	7.14	6.35
酪氨酸(Tyr)	5.63	6.17	4.97	5.89	5.45	5.69	
甘氨酸(Gly)	7.24	7.47	5.99	6.87	7.37	6.58	
精氨酸(Arg)	9.71	10.64	8.41	9.65	10.01	9.04	
总和	29.28	31.43	25.03	29.29	29.97	27.67	
非必需氨基酸	天冬氨酸(Asp)	11.27	12.49	10.09	11.02	11.92	10.40
丙氨酸(Ala)	11.11	12.18	9.95	11.34	11.81	10.95	
谷氨酸(Glu)	29.15	32.46	24.71	27.93	32.20	26.72	
总和	51.53	57.14	44.76	50.29	55.93	48.08	
总氨基酸	127.66	139.60	110.09	124.19	133.57	119.38	

2.5 低聚糖含量分析

燕麦低聚糖主要由蔗糖、棉籽糖、水苏糖3种低分子糖组成,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、降低血清胆固醇、促进双歧杆菌增殖、延缓衰老、降低血压、预防便秘等方面^[15-16]。本研究所采集的6个裸燕麦品种中低聚糖总量以花早2号含量最高,坝苡一号低聚糖含量最低,但彼此间差异并不显著(见表5)。由表5可知,坝苡三号、晋燕14号蔗糖含量显著高于(P<0.05)其余4种裸燕麦品种,花早2号蔗糖含量最低(P<0.05),花早2号、定苡八号、燕科一号棉籽糖含量显著偏高(P<0.05),晋燕14号显著低于(P<0.05)其余5种裸燕麦品种。6种裸燕麦品种间水苏糖含量差异性不显著(P<0.05)。

表5 不同燕麦品种低聚糖组成[†]

Table 5 The contents of oligosaccharide in oats varieties

mg/g

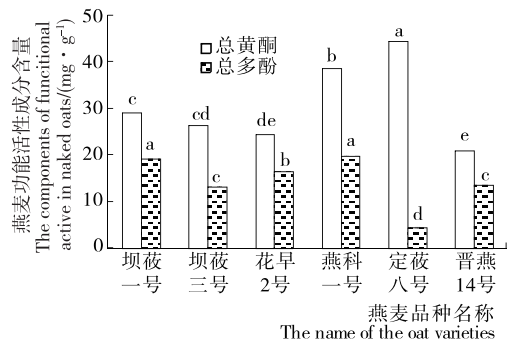
样品名称	蔗糖	棉籽糖	水苏糖	总和
坝苡一号	15.80±0.01 ^d	6.29±0.26 ^c	23.92±1.77 ^a	46.01
坝苡三号	19.53±0.11 ^a	8.12±1.10 ^b	23.42±1.10 ^a	51.06
花早2号	16.57±0.38 ^c	9.66±0.50 ^a	25.29±0.51 ^a	51.51
燕科一号	18.08±0.19 ^b	8.60±0.20 ^{ab}	23.46±1.13 ^a	50.14
定苡8号	17.75±0.13 ^b	8.75±0.35 ^{ab}	24.36±2.11 ^a	50.86
晋燕14号	19.31±0.09 ^a	4.13±0.87 ^d	24.83±0.31 ^a	48.28

[†] 低聚糖含量均以干基计;用 Duncan 法进行多重比较,不同小写字母者表示差异显著(P<0.05)。

2.6 总黄酮和总多酚含量分析

不同燕麦品种总黄酮和总多酚含量见图2。由图2可知,定苡八号总黄酮含量显著高于其他燕麦品种(P<0.05),为(44.34±1.77)%,比含量最低的晋燕14号高出2倍多,但其多酚含量却是所有品种中最低的,为(4.27±0.09)%,仅为燕科一号含量(19.53%±1.01%)的21.86%。6种裸燕麦品种中总黄酮变异系数29.64%,变幅为20.84%~44.34%;总多酚含量变异系数为39.26%,变幅为4.27%~19.53%。可见相对于其他营养及功能活性物质,不同燕麦品种间黄酮和多酚的含量差异更大。

燕麦黄酮和多酚早已被证明具有良好的健康功效。燕麦黄酮不仅可以有效地清除羟基自由基和 DPPH 自由基^[17],



总黄酮、总多酚含量均以干基计;用 Duncan 法进行多重比较,不同小写字母者表示差异显著(P<0.05)

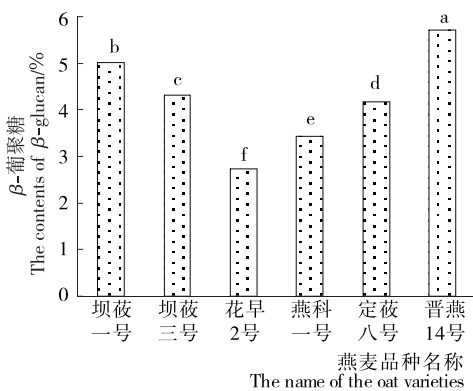
图2 不同燕麦品种总黄酮、总多酚含量

Figure 2 The flavonoids and polyphenols contents in oats varieties

而且还具有一定的降胆固醇、预防糖尿病、预防心脏病、催乳的作用^[18]。而燕麦多酚类物质具有较好的抗氧化能力,如抑制生物体内由 AAPH 或 Cu^{2+} 诱导的低密度脂蛋白(LDL)的氧化、抑制血小板凝集等^[19]。因此,有关燕麦黄酮和多酚的分离提取研究引起了众多研究者的兴趣,与之相关的功能性食品或保健品开发也比较多。然而,由于燕麦黄酮和多酚含量的品种间差异显著,所以在燕麦黄酮和多酚的分离提取过程中,选择合适的品种就显得至关重要。如本试验结果表明,定莜八号对于燕麦总黄酮的分离是一个很有潜力的品种,但其并不适合于燕麦多酚的提取。

2.7 β -葡聚糖含量分析

由图 3 可知,晋燕 14 号 β -葡聚糖含量最高;坝莜一号、坝莜三号 and 定莜八号含量次之,燕科一号和花早 2 号 β -葡聚糖含量最低。



用 Duncan 法进行多重比较,不同小写字母者表示差异显著($P < 0.05$)

图 3 不同燕麦品种 β -葡聚糖含量

Figure 3 The β -glucan contents in oats varieties

高含量 β -葡聚糖是燕麦营养健康的主要特征之一,在降血脂、改善糖耐量、降血压、提高人体免疫力、改善肠道菌群功能、预防结肠癌^[20]等多方面都发挥着重要作用。然而本研究发现,不同品种裸燕麦之间, β -葡聚糖含量差异较大,如晋燕 14 号 β -葡聚糖含量可达花早 2 号含量的 2 倍多。因此,在燕麦 β -葡聚糖的提取和相关食品保健品的开发等研究领域,合适品种的选择也是首要问题。

3 结论

6 种不同品种裸燕麦间,不同营养及功能成分含量差异不同,其中功能活性成分含量品种间差异较大。总多酚含量变异系数最大,为 39.26%,变幅为 4.27%~19.53%;总黄酮变异系数为 29.64%,变幅为 20.84%~44.34%。特征组分 β -葡聚糖中间差异也比较明显,其变异系数为 25.22%,变幅为 2.74%~5.72%。基本营养成分以粗脂肪变异系数最大,为 26.29%,变幅为 3.13%~7.75%;粗蛋白质变异系数为 10.51%,变幅为 13.37%~18.43%;总淀粉含量种间差异较小,其变异系数为 8.21%,变幅为 51.50%~64.32%。

结果分析进一步表明同一地区的不同裸燕麦品种,其营养及功能活性物质可能存在较大差异;而不同地区的裸燕麦品种,其营养及功能活性物质的差异也可能不显著。因此,

研究燕麦营养成分的组成和含量,在考虑产地和种植的同时,还要重点考虑其品种,或遗传性状的不同而带来的差异,从而更有利于优异品种的选育和保留。此外,开发裸燕麦食品或保健食品应综合考虑不同品种间营养物质的差异,以选取适合的品种。

参考文献

- [1] 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, 2007, 27(6): 428-431.
- [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] 马晓凤,刘森. 燕麦品质分析及产业化开发途径的思考[J]. 农业工程学报, 2005, 21(z1): 242-244.
- [4] 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, 2004, 13(5): 345-347.
- [5] 张智勇,齐冰洁,邢莹莹,等. 不同燕麦品种产量和品质性状的差异分析[J]. 内蒙古农业科技, 2014(6): 7-8.
- [6] 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.
- [7] 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, 84.
- [8] 萧安民. 美国燕麦及其制品[J]. 粮食与油脂, 1994(1): 25-29.
- [9] Baghurst P A, Baghurst K I, Record S J. Dietary fibre, non-starch polysaccharides and resistant starch: a review[J]. Food Australia, 1996, 48(3): S3-S35.
- [10] 缪铭,江波,张涛,等. 慢消化淀粉的研究与分析[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(3): 85-90.
- [11] 魏衍超,杨连生. 抗消化淀粉研究最新进展[J]. 郑州粮食学院学报, 2000, 21(1): 70-72.
- [12] 王炜,张伟敏. 单不饱和脂肪酸的功能特性[J]. 中国食物与营养, 2005(4): 44-46.
- [13] 于昱,袁纛. 多不饱和脂肪酸的营养研究[J]. 中国饲料, 2003(24): 21-23.
- [14] 冯俊. 开发燕麦食品商机无限[J]. 中国粮食经济, 1998(11): 47-48.
- [15] 袁美兰,温辉梁,黄绍华. 功能性低聚糖—棉籽糖的开发应用现状[J]. 中国食品添加剂, 2002(4): 54-57.
- [16] 梁丽心. 功能性低聚糖—水苏糖[J]. 中国食品添加剂, 2004(4): 51-54.
- [17] 朱礼艳,徐德平. 燕麦中的黄酮提取与结构鉴定[J]. 食品工业科技, 2012, 33(11): 264-266.
- [18] 许辉,米拉,潘国卿,等. 内蒙古燕麦黄酮提取方法比较研究[J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2011, 32(2): 255-258.
- [19] Handelman G J, Cao Guo-hua, Walter M F, et al. Antioxidant capacity of oat (*Avena sativa* L.) extracts. 1. Inhibition of low-density lipoprotein oxidation and oxygen radical absorbance capacity[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(12): 4 888-4 893.
- [20] Laine R, Salminen S, Benno Y, et al. Performance of bifidobacteria in oat-based media[J]. International Journal of Food Microbiology, 2003, 83(1): 105-109.