

藜麦的主要营养成分、矿物元素及植物化学物质含量测定

申瑞玲^{1,2}, 张文杰¹, 董吉林^{1,2}, 孙永敢¹

(1. 郑州轻工业学院 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001;

2. 郑州轻工业学院 食品生产与安全协同创新中心, 河南 郑州 450001)

摘要:以黑色、红色、乳白色3种进口南美藜麦和国产乳黄色藜麦为实验材料,对其所含主要营养素、8种矿物元素(K,Na,Ca,Mg,Fe,Mn,Cu,Zn)和植物化学物质(多酚、黄酮、皂苷)的含量进行测定。结果显示,4种藜麦的营养组成稍有差异;与常见谷物(小麦、稻米、玉米、小米)相比,藜麦中淀粉含量较低,蛋白质、脂肪含量丰富,可以作为膳食纤维、多酚、黄酮物质的良好来源。

关键词:藜麦;营养成分;矿物元素;植物化学物质

中图分类号:TS210.1 文献标志码:A DOI:10.3969/j.issn.2095-476X.2015.5/6.004

Determination of main nutritional component, mineral element and phytochemical in *Chenopodium quinoa* Willd

SHEN Rui-ling^{1,2}, ZHANG Wen-jie¹, DONG Ji-lin^{1,2}, SUN Yong-gan¹

(1. College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;

2. Collaborative Innovation Center for Food Production and Safety, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Three South America *Chenopodium quinoa* Willd (black, red and ivory *Chenopodium quinoa* Willd) and a domestic *Chenopodium quinoa* Willd were used as experimental materials, and the main nutritional components, eight kinds of mineral elements (K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn) and phytochemicals (polyphenols, flavonoids, saponins) content of them were measured. The results showed that the nutritional composition of these four kinds of *Chenopodium quinoa* Willd was slightly different. Compared with common grains (wheat, rice, corn and millet), *Chenopodium quinoa* Willd contains lower starch, richer protein and fat, and was a good source of dietary fiber, polyphenols and flavonoids.

Key words: *Chenopodium quinoa* Willd; nutritional component; mineral element; phytochemical

0 引言

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd)是一种苋科藜属假谷物,原产于南美洲安第斯山脉地区,在当地

已有5 000~7 000 a的种植历史,是当地居民主要食物之一,被称为“粮食之母”^[1-2]。1980年代,美国国家航空航天局(NASA)对藜麦做了细致全面的研究,发现其具有极高而且全面的营养价值,蛋白质、

收稿日期:2015-06-09

基金项目:国家自然科学基金项目(31271854)

作者简介:申瑞玲(1967—),女,山西省灵石县人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为谷物营养与加工。

矿物质、氨基酸、纤维素、维生素等元素含量都高于普通的食物,可充分满足人类生命活动的基本物质需求,不仅是健康食品,更是安全的食物。NASA 将藜麦列为人类未来移民外太空空间时的理想“太空粮食”^[3]。藜麦是联合国国际粮农组织(FAO)确认的唯一一种能满足人体基本营养需求的单体植物,被正式推荐为最适宜人类的完美“全营养食品”,具有“超级谷物”之美誉,并且 FAO 将 2013 年定为“国际藜麦年”,旨在让世界关注藜麦的生物多样性和营养价值,以及在提供粮食和营养安全、消除贫困等方面所能发挥的作用^[4]。

藜麦引种已遍布全球,成为食品领域的研究热点。我国的藜麦种植最早可追溯到 1990 年,在西藏地区进行试种^[5],目前在山西、甘肃和吉林等广泛种植成功^[6]。但我国对藜麦的研究仍处于育种、种植和初加工阶段,对藜麦营养价值及其应用的研究相对较少。本文拟对黑色(LMB)、红色(LMR)、乳白色(LMW)3种进口的南美藜麦和国产乳黄色藜麦(LMG)进行营养评价,以期为人们更充分地认识藜麦以及今后藜麦在食品工业中的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

主要材料:黑色、红色、乳白色3种南美有机藜麦籽粒,购买于“有机e家”网络旗舰店;国产乳黄色藜麦籽粒,由山西亿隆藜麦开发有限公司提供。分别将4种藜麦籽粒粉碎,过60目筛,保存在-18℃冰箱备用。膳食纤维检测试剂盒,爱尔兰 Mezyme 公司产;直链淀粉、支链淀粉标准对照品,美国 Sigma 公司产;没食子酸、芦丁、齐墩果酸标准对照品(纯度≥98%),上海源叶生物科技有限公司产;其他化学试剂均为分析纯。

主要仪器:K9840型自动凯氏定氮仪,济南海能仪器股份有限公司产;SZF-06A型脂肪测定仪,上海昕瑞仪器仪表有限公司产;F3042010型膳食纤维测定仪,欧洲VELP Scientifica产;SX-4-10型箱式电阻炉(马弗炉),北京科伟永兴仪器有限公司产;AA240FS型原子吸收光谱仪,美国varian产;SB-25-12DT型超声波清洗机,宁波新芝生物科技股份有限公司产;TU-1810型紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司产;RE-52AA

型旋转蒸发仪,上海亚荣生化仪器厂产。

1.2 实验方法

1.2.1 藜麦主要营养成分测定 依据国家标准方法,测定藜麦主要营养成分含量。脂肪:GB/T 14772—2008;蛋白质:GB/T 5511—2008;膳食纤维:AOAC 985.29;灰分:GB/T 5009.4—2003。

1.2.2 藜麦中直链淀粉和支链淀粉含量测定 参照文献[7],并稍作修改,用双波长法测定样品中直链淀粉和支链含量,配制5~30 μg/mL的直链淀粉标准溶液,分别在620 nm,480 nm波长下测其吸光度 A_{620}, A_{480} 。以 $\Delta A = (A_{620} - A_{480})$ 吸光值为纵坐标,直链淀粉含量为横坐标,绘制标准曲线,得回归方程①: $y = 0.0141x - 0.0102 (R^2 = 0.9975)$ 。配制30~100 μg/mL的支链淀粉标准溶液,分别在548 nm,750 nm波长下测其吸光度 A_{548}, A_{750} 。以 $\Delta A = (A_{548} - A_{750})$ 吸光值为纵坐标,支链淀粉含量为横坐标,绘制标准曲线,得回归方程②: $y = 0.0039x - 0.0102 (R^2 = 0.9975)$ 。测定样品的 $A_{480}, A_{548}, A_{620}, A_{750}$,根据回归方程①②计算样品中直链淀粉和支链淀粉含量,总淀粉含量为直链淀粉与支链淀粉含量之和。

1.2.3 藜麦矿物元素含量测定 采用GB/T 14609—2008,并稍作修改,测定藜麦中8种矿物元素的含量。样品进行湿法消化:称取0.50 g样品于消化瓶中,加入35 mL混合酸(硝酸:高氯酸(v/v)=4:1),在通风橱中加热消化(至透明液体即可)。冷却,用去离子水定容至50 mL。测定样品时,在钙、镁的标准系列使用液中加入氯化镧溶液,使溶液中镧的最终浓度为5 mg/mL;在钠、钾的标准系列使用液中加入氯化铯溶液,使溶液中铯的最终浓度为1 mg/mL。

1.2.4 藜麦植物化学物质含量检测

1) 藜麦中总多酚含量测定

提取步骤:称取2 g左右的样品,加入45 mL乙醇(60%~70%),混合均匀,超声波提取80 min,在8000 r/m条件下离心15 min,收集滤液,残渣再重复提取一次,合并滤液,弃去滤渣。将滤液用旋转蒸发器浓缩,用乙醇定容至10 mL。

总多酚标准曲线绘制与样品测定:参照文献[8],不同量的没食子酸标准对照品,加入2 mL Folin-Ciocalteu(稀释10倍)试剂,摇匀后再加入4 mL 7.5% Na_2CO_3 溶液,定容至10 mL,得到浓度

范围为2~20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 没食子酸标准溶液,室温下反应1 h后,测定765 nm波长下标准溶液的吸光度 A_{765} ,绘制标准曲线,得回归方程③: $y = 91.9860x + 0.0042 (R^2 = 0.9981)$. 测定藜麦乙醇提取液的 A_{765} ,根据回归方程③计算样品中总多酚含量(结果表示为没食子酸当量).

2) 藜麦中黄酮含量测定

黄酮标准曲线绘制与样品测定:参照文献[8],并稍作修改.不同量的芦丁标准对照品,加入5%的 NaNO_2 溶液0.5 mL,混匀后放置6 min,然后加入0.5 mL的10%的 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 溶液,摇匀后放置6 min,最后加入4%的 NaOH 溶液4 mL,摇匀,定容得到浓度范围为20~100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 芦丁标准溶液,室温反应20 min.测定510 nm波长下标准溶液的吸光度 A_{510} ,绘制标准曲线,得回归方程④: $y = 0.0116x + 0.0040 (R^2 = 0.9978)$. 测定藜麦乙醇提取液的 A_{510} ,根据回归方程④计算样品中总黄酮含量(结果表示为芦丁当量).

3) 藜麦皂苷含量测定

提取步骤:准确称量藜麦粉1.0 g,加入甲醇40 mL,60 $^\circ\text{C}$ 加热回流4 h,取出,放冷,用甲醇补足减失的质量,摇匀,过滤,精密量取续滤液30 mL,蒸干,加10 mL水溶解.

皂苷标准曲线绘制与样品测定:参照文献[9],并稍作修改.不同量的齐墩果酸标准对照品,加入新配置的浓度为5%香草醛-冰乙酸溶液0.2 mL,高氯酸0.8 mL,摇匀,定容得到浓度范围为8~40 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的齐墩果酸标准溶液,然后60 $^\circ\text{C}$ 水浴加热15 min,取出后立即用流水冷却数分钟,摇匀,加入4 mL乙酸乙酯稀释.测定550 nm波长下标准溶液的吸光度 A_{550} ,绘制标准曲线,得回归方程⑤: $y = 10.8200x - 0.0994 (R^2 = 0.9963)$. 测定藜麦甲醇提取液的 A_{550} ,根据回归方程⑤计算样品中皂苷含量(结果表示为齐墩果酸当量).

2 结果与讨论

2.1 藜麦的主要营养成分

4个藜麦品种的主要营养成分测定结果见表1. LMB, LMR, LMW 3种藜麦与 LMG 在主要营养成分上具有统计学差异.由表1可知,淀粉是藜麦的主要营养成分,相比于 LMB 和 LMR, LMW (61.85%) 和 LMG (59.60%) 淀粉含量较高,并且这两种藜麦的

颜色较浅.与其他谷物相比(见表2^[10]),如小麦、玉米和稻米,藜麦的淀粉含量较低.藜麦中直链淀粉含量比例较少,支链淀粉含量较多,直链淀粉约占总淀粉含量的6%~7%,与 H. Tang 等^[11]报道的结果7.10%一致.直链淀粉和支链淀粉的比例影响淀粉的功能和物化性质,如黏性、成胶性、老化和消化性等^[12],藜麦易熟化特性可能与藜麦支链淀粉含量高有关.

由表1可知,藜麦中蛋白质含量十分丰富,4种藜麦蛋白质含量均在14.18%~15.61%范围内,其中, LMB 蛋白含量最高, LMW 蛋白含量最低.藜麦蛋白含量远远高于其他常见谷物(见表2),约为稻米、玉米蛋白含量的两倍.据报道,藜麦中白蛋白和球蛋白是主要蛋白成分(占总蛋白质的44%~77%)^[11];烹调后的藜麦蛋白质功效比值与牛奶中的酪蛋白相当,均含有较高比例的赖氨酸和甲硫氨酸,属于优质蛋白;藜麦不含麸质蛋白(Gluten),是乳糜泻患者补充优质蛋白质的良好选择^[13].

由表1可知,4种藜麦脂肪含量相当(6.67%~6.90%),但是远远高于常见谷物的脂肪含量(见表2).据报道^[14],藜麦脂类成分含量为1.80%~9.50%,平均为5.00%~7.20%,并且富含人体所需的不饱和脂肪酸,藜麦油组成与玉米油和大豆油相似,已被作为具有潜在价值的油料作物.

表1膳食纤维测定结果表明,藜麦膳食纤维含量丰富,平均含量为12.9%, LMB 膳食纤维含量高达14.62%.藜麦膳食纤维中绝大部分为不可溶性膳食纤维,占总膳食纤维含量的68%~78%.与 L. M. Lamothe 等^[15]报道的(藜麦中不可溶膳食纤维占78%,可溶性膳食纤维占22%)结果一致,但比 J. Ruales 等^[16]报道(藜麦总膳食纤维含量为13.4%,其中非可溶性纤维占82%)结果低,这可能与检测方法和藜麦品种有关.

2.2 藜麦中矿物元素含量

藜麦矿物元素含量测定结果见表3.藜麦含有人体所需的多种矿物元素,尤其是 Ca, Mg, Fe 和 Zn 元素.由表3可知, LMG 中 K, Fe, Mn 元素比 LMB, LMR 和 LMW 的高, Mg 元素含量较低, Na, Ca, Cu, Zn 元素含量与其他3种藜麦的含量相当,这与灰分含量测定结果(见表1)一致(LMG 灰分含量比其他3种藜麦灰分含量高).4种藜麦中的钾元素含量都很高, Na 元素含量低, LMG 中的 K 元素含量高达

表1 藜麦主要营养成分表

品种	g/100 g							
	蛋白质	淀粉	支链淀粉	直链淀粉	脂肪	膳食纤维	IDF	SDF
LMB	15.61 ± 0.14 ^a	52.28 ± 0.16 ^d	47.76 ± 0.16 ^d	4.52 ± 0.16 ^a	6.87 ± 0.30 ^a	14.62 ± 0.21 ^a	10.15 ± 0.21 ^a	4.47 ± 0.21 ^a
LMR	15.05 ± 0.17 ^b	54.45 ± 0.23 ^c	50.42 ± 0.23 ^c	4.03 ± 0.23 ^b	6.67 ± 0.28 ^a	14.53 ± 0.22 ^a	10.18 ± 0.22 ^a	4.35 ± 0.22 ^a
LMW	14.18 ± 0.14 ^d	61.85 ± 0.20 ^a	58.10 ± 0.20 ^a	3.75 ± 0.20 ^c	6.86 ± 0.34 ^a	10.45 ± 0.33 ^c	7.99 ± 0.33 ^c	2.46 ± 0.33 ^c
LMG	14.65 ± 0.16 ^c	59.60 ± 0.21 ^b	55.97 ± 0.21 ^b	3.63 ± 0.21 ^d	6.90 ± 0.32 ^a	11.93 ± 0.19 ^b	8.15 ± 0.19 ^b	3.78 ± 0.19 ^b

注: IDF 为不可溶性膳食纤维; SDF 为可溶性膳食纤维. 测定数据表示为 3 次测定平均值 ± 标准差 (以下表格同). 在同一行数据后, 相同小写字母表示差异不显著, 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$).

表2 藜麦与常见谷物宏量营养素的比较

种类	g/100 g			
	蛋白质	淀粉	脂肪	膳食纤维
藜麦	14.9	57.1	6.8	12.9
小麦	11.9	75.2	1.3	10.8
稻米	7.4	77.9	0.8	0.7
玉米	8.8	74.7	3.8	8
小米	9.7	76.1	1.7	0.1

1 125 mg/100 g, 能很好地满足现代人们对高钾低钠食物的需求. 研究表明: 100 g 藜麦可以满足婴儿和成人每天对矿质元素 Fe, Mg 和 Nn 的需要; P 和 Zn 含量足以满足儿童每日需求. 不同藜麦品种矿质元素含量差异较大, 矿质元素含量可能与成熟度、品种、土壤类型、农药、光照时间、温度及降雨量有关^[17].

2.3 藜麦中植物化学物质含量

使用 70% 乙醇 (v/v) 作为溶剂提取藜麦籽粒中的多酚、黄酮物质, 结果见表 4. 由表 4 可知, 4 种藜麦总酚含量范围为 697 ~ 841 mg GAE/100 g, LMG 总酚含量最高 (841 mg GAE/100 g), LMR 总酚含量最低 (697 mg GAE/100 g), 与 I. Dini 等^[6]报道的结果 (总酚含量 772 ~ 864 mg GAE/100 g) 接近. 藜麦

总酚含量远远高于其他常见谷物, 如小麦 (56 mg GAE/100 g), 大麦 (88 mg GAE/100 g), 小米 (139 mg GAE/100 g) 等^[18]. 而藜麦总黄酮含量的测定结果显示, 4 种藜麦总黄酮含量依次为: LMB > LMR > LMG > LMW, 与 4 种藜麦颜色的深浅顺序一致, 可能藜麦颜色越深, 黄酮含量越高. 本研究的测定结果高于 R. Repo-Carrasco-Valencia 等^[19]的报道 (36.2 ~ 144.3 mg/100 g), 造成结果的差异可能与采用的实验检测方法、样品种类和标准对照物的选择有关. 目前已有体外清除 DPPH 自由基、FRAP 实验等研究证实了藜麦的强抗氧化活性, 其抗氧化活性与多酚、黄酮含量呈正相关^[20].

皂苷是一大类结构复杂且具有生物活性的天然有机化合物, 藜麦皂苷是藜麦中的主要抗营养物质, 根据皂苷含量可将藜麦分为甜藜麦 (皂苷含量小于鲜重的 0.11%) 和苦藜麦 (皂苷含量大于鲜重的 0.11%) 两种^[21]. 由表 4 可知, LMG 中的皂苷含量最高 (189 mg 齐墩果酸/100 g), 平均含量为 176 mg 齐墩果酸/100 g, 约占藜麦的 0.18%, 属于苦藜麦. 藜麦皂苷含量与品种、土壤的水分条件与生长所处阶段有关^[2]. 皂苷味苦涩, 会影响藜麦的口

表3 藜麦中矿物元素含量

品种	mg/100 g							
	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
LMB	907.0 ± 6.4 ^b	5.54 ± 0.10 ^a	105.0 ± 3.2 ^d	40.1 ± 0.8 ^b	6.60 ± 0.15 ^d	3.38 ± 0.05 ^b	0.46 ± 0.01 ^b	2.44 ± 0.03 ^d
LMR	803.0 ± 6.2 ^c	3.59 ± 0.08 ^d	153.0 ± 4.1 ^a	53.7 ± 0.7 ^a	8.11 ± 0.20 ^c	2.77 ± 0.05 ^c	0.40 ± 0.01 ^c	3.22 ± 0.06 ^a
LMW	796.0 ± 5.3 ^d	3.62 ± 0.09 ^c	150.0 ± 4.0 ^b	53.1 ± 0.6 ^a	8.67 ± 0.20 ^b	1.51 ± 0.06 ^d	0.50 ± 0.01 ^a	3.01 ± 0.05 ^b
LMG	1 125.0 ± 6.1 ^a	3.79 ± 0.08 ^b	134.0 ± 3.1 ^c	32.6 ± 0.5 ^c	15.39 ± 0.35 ^a	4.18 ± 0.10 ^a	0.45 ± 0.01 ^b	2.82 ± 0.05 ^c

注: 在同一列数据后, 相同小写字母表示差异不显著, 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$).

表4 藜麦中总多酚、总黄酮及皂苷含量

品种	总多酚 (mg GAE/100 g)	总黄酮 (mg 芦丁/100 g)	皂苷 (mg 齐墩果酸/100 g)
LMB	727 ± 34 ^c	421 ± 38 ^a	167 ± 32 ^c
LMR	697 ± 28 ^d	390 ± 19 ^b	176 ± 37 ^b
LMW	781 ± 30 ^b	321 ± 32 ^d	170 ± 29 ^b
LMG	841 ± 36 ^a	336 ± 27 ^c	189 ± 36 ^a

注: 在同一列数据后, 相同小写字母表示差异不显著, 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$).

感,可以采用脱皮与洗涤等方法除去皂苷。

3 结论

本文以3种进口南美藜麦和1种国产藜麦为实验材料,对其主要营养素、8种矿物元素(K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn)和植物化学物质(多酚、黄酮、皂苷)含量进行测定。实验结果表明,国产藜麦与进口藜麦在主要营养组成上稍有差异,但是与其他常见谷物如小麦、稻米和小米等相比,藜麦的淀粉含量较低,适合糖尿病患者和减肥人群;含有丰富的优质蛋白质,是一种高钾低钠食物,能满足人们每日对矿物质的需要;是膳食纤维和多酚黄酮类物质的良好来源。但是要对藜麦做更全面的营养评价,还需要进一步对藜麦蛋白的氨基酸组成、脂肪酸组成和多酚黄酮物质种类进行分析。

参考文献:

[1] Koziol M J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 1992, 5(1):35.

[2] Repo-Carrasco R, Espinoza C and Jacobsen S E. Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) [J]. Food Reviews International, 2003, 19(1):179.

[3] Schilick G, Bubenheim D L. Quinoa: An emerging new crop with potential for CELSS[M]. Washington: National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center, 1993.

[4] Quinoa F A O. An ancient crop to contribute to world food security[D]. Italy: Food and Agriculture Organization, 2011.

[5] 贡布扎西,旺姆,张崇玺,等. 南美藜在西藏的生物学特性研究[J]. 西北农业学报, 1994, 3(4): 81.

[6] 肖正春,张广伦. 藜麦及其资源开发利用[J]. 中国野生植物资源, 2014, 33(2): 62.

[7] 金玉红,张开利,张兴春,等. 双波长法测定小麦及小麦芽中直链、支链淀粉含量[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(1):137.

[8] Dini I, Tenore G C, Dini A, et al. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(3):447.

[9] 文正康,蔡凌云,唐文华,等. 空心莲子草皂苷的提取工艺[J]. 光谱实验室, 2010, 27(6):2304.

[10] 杨月欣,王光亚,潘兴昌. 中国食物成分表(第1册)[M]. 2版. 北京大学医学出版社, 2009.

[11] Tang H, Watanabe K, Mitsunaga T. Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds[J]. Carbohydrate Polymers, 2002, 49(1):13.

[12] Lindeboom N, Chang F R, Falk K C, et al. Characteristics of starch from eight quinoa lines [J]. Cereal Chemistry, 2005, 82(2):216.

[13] Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, et al. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) an ancient Andean grain: a review [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(15):2541.

[14] Peiretti P G, Gai F, Tassone S. Fatty acid profile and nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds and plants at different growth stages [J]. Animal Feed Science and Technology, 2013, 183(1):56.

[15] Lamothe L M, Srichuwong S, Reuhs B L, et al. Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans [J]. Food Chemistry, 2015, 167(1):490.

[16] Ruales J, Nair B M. Effect of processing on in vitro digestibility of protein and starch in quinoa seeds [J]. International Journal of Food Science and Technology, 1994, 29(4):449.

[17] Nascimento A C, Mota C, Coelho I, et al. Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*) and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the north of Argentina: Proximates, minerals and trace elements [J]. Food Chemistry, 2014, 148(4):420.

[18] Ragaee S, Abdel-Aal El-S M, Noaman M. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use [J]. Food Chemistry, 2006, 98(1):32.

[19] Repo-Carrasco-Valencia R, Hellström J K, Pihlava J M, et al. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*) [J]. Food Chemistry, 2010, 120(1):128.

[20] Gawlik-Dziki U, Michał S' wieca, Sułkowski M, et al. Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts-in vitro study [J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 57(6):154.

[21] Mastebroek H D, Limburg H, Gilles T. Occurrence of saponin in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) [J]. Journal of the Sciences of Food and Agriculture, 2000, 80(1):152.