

陈晶,尹伟平,陈思,等.水飞蓟籽实营养物质与脂肪酸组成[J].黑龙江农业科学,2024(8):60-65,85.

水飞蓟籽实营养物质与脂肪酸组成

陈晶^{1,2},尹伟平²,陈思^{1,2},胡莹莹²,武琳琳²,刘岩²,李岑²,张树权²

(1.黑龙江省农业科学院博士后工作站,黑龙江哈尔滨150086;2.黑龙江省农业科学院经济作物研究所,黑龙江哈尔滨150086)

摘要:为促进水飞蓟综合开发和利用,对其蛋白质、脂肪、淀粉及矿质元素含量进行测定,分析氨基酸和脂肪酸成分,系统检测并评估水飞蓟籽实的营养成分。结果表明,水飞蓟籽实中蛋白质含量为12.05%,氨基酸种类丰富,包含人体所需的7种氨基酸(未检测到色氨酸),EAA/TAA为0.3240,SRC值为73.3,具有较高的营养价值,第一限制级氨基酸为亮氨酸;淀粉含量为227.25 mg·g⁻¹;水飞蓟籽实中含有丰富的钙、镁、钾、铁、锌、锰、硒等多种人体有益的矿质元素,含量顺序为钙>钾>镁>磷>铁>钠>铝>锌>铜=锰>钼>镍>硼>硒;粗脂肪含量为31.74%,富含29种脂肪酸,其中不饱和脂肪酸11种,占比66.12%,不饱和脂肪酸比例高。综上所述,水飞蓟籽实营养价值非常高,可作为潜在的蛋白质、脂肪酸、淀粉来源,药用和非药用部位都可加工利用,开发潜力巨大。

关键词:水飞蓟;营养成分;蛋白质;脂肪酸

水飞蓟 [*Silybum marianum* (L.) Gaertn.] 是一年生菊科的草本植物,20世纪70年代引进中国,以籽实入药。水飞蓟的主要活性成分是水飞蓟素,主要存在于种壳中。水飞蓟素可以有效保护正常肝脏细胞,并促进受损害细胞膜复原,降低毒物对肝细胞的损伤^[1-3],具有清热解毒、疏肝利胆的功效,是治疗急慢性肝炎、肝损伤和保肝护肝的良药^[4-5];同时具有抗炎^[6]、抗纤维化^[7-8]、抗癌^[9]、抗菌和抗糖化^[10]等活性,是国际市场上非常受欢迎的提取物,也是全球市场占有率最高的黄酮类提取物之一^[11-12]。除去药用成分外,水飞蓟还含有大量的蛋白质、脂肪酸、淀粉和微量元素等有益化合物,是一味极具开发利用价值的中药材。目前,中药生产企业将水飞蓟种壳作为药用部位用于提取水飞蓟素,籽仁则多视为非药用部位予以废弃或仅做简单处理^[13-15]。但水飞蓟种壳所占质量较小^[16],大量“废弃物”中营养成分未被有效利用,造成了浪费。前人对水飞蓟的研究大多聚焦于其药用成分的分析与使用上,对其营养成分的系统性研究较少。本研究以水飞蓟为主要研究对象,对其籽实中蛋白质、脂肪酸、淀粉和矿质元素的含量进行了系统分析,使用氨基酸浓度测定试剂盒(微量法)检查水飞蓟氨基酸组成和含量,并进行营养评价;采用气相色谱质谱法(GC-MS/MS)对水飞蓟籽实脂肪酸成分进行定

量分析,系统研究其营养物质,以期今后对水飞蓟进行综合开发和利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

水飞蓟龙蓟1号,由黑龙江省农业科学院经济作物研究所选育。

1.2 方法

1.2.1 样品的采集 2022年采自黑龙江省农业科学院经济作物研究所康金试验基地。试验田土壤类型为淋溶性黑钙土,pH6.55,有机质3.2%,速效氮134.2 mg·kg⁻¹,速效磷66.3 mg·kg⁻¹,速效钾163 mg·kg⁻¹。播种前机械整地,起垄,垄宽0.65 m,结合整地施通用复合肥(12:18:15)15 kg·(667 m²)⁻¹。龙蓟1号种子于4月28日进行播种,条播,播种量为1.1 kg·(667 m²)⁻¹。播种后喷施二甲戊乐灵进行封闭除草,5月中下旬陆续出苗后,及时进行人工除草、铲耪,正常田间管理,及时灌溉、排水。于8月中旬种子成熟后采收备用。

1.2.2 粗蛋白、粗脂肪和淀粉含量的检测 采用GB 5009.5—2016凯氏定氮法检测水飞蓟籽实中粗蛋白质含量,采用GB 5009.2—2016索氏抽提法测定水飞蓟籽实中粗脂肪含量,利用试剂盒比色法测定水飞蓟籽实中淀粉含量。

1.2.3 氨基酸组成成分测定与营养评价 使用

收稿日期:2024-03-31

基金项目:黑龙江省农业科学院博士后基金项目;黑龙江省农业科学院创新跨越工程项目(2021YYF024)。

第一作者:陈晶(1984—),女,博士,副研究员,从事中药材育种与栽培研究。E-mail:ccyj15@163.com。

通信作者:张树权(1965—),男,硕士,研究员,从事中药材等经济作物育种研究。E-mail:zsqlij@126.com。

氨基酸含量检查试剂盒(微量法)测定水飞蓟籽实中氨基酸各组成成分含量。

利用氨基酸比值系数法对水飞蓟籽实中氨基酸进行营养评价^[17],计算必需氨基酸(EAA)的氨基酸比值(RAA),氨基酸比值系数(RC)和比值系数分(SRC)^[18-19]。

$RAA = \text{待评蛋白质某 EAA 含量} / \text{FAO 模式中相应 EAA 含量}$

$RC = \text{待评蛋白质中某必需氨基酸 RAA 值} / \text{各种氨基酸 RAA 的平均值}$

$SRC = 100 - c.v. \times 100$

式中, $c.v.$ 为RC的变异系数; $c.v. = \text{标准差} / \text{均值}$ 。

1.2.4 矿物元素含量的检测 采用GB/T 35871—2018电感耦合等离子体发射光谱法,检测水飞蓟籽实的钙、铁、钾、镁、钠、磷、锌、铜、锰、铝、硼、钼、镍、硒等元素的含量。

1.2.5 脂肪酸组成成分的测定 基于GC-MS/MS平台,对水飞蓟籽实中48种脂肪酸进行定量分析。样品解冻后,将0.05 g水飞蓟籽实与150 μL 甲醇溶液、200 μL 甲基叔丁基醚溶液、50 μL 36%磷酸溶液混合,涡旋3 min,在4 $^{\circ}\text{C}$ 、12 000 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 条件下离心5 min。移取200 μL 上清液氮吹仪上吹干,加入300 μL 15%三氟化硼甲醇溶液。涡旋3 min,在60 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱下保持30 min。冷却至室温,准确加入500 μL 正己烷溶液、200 μL 饱和氯化钠溶液。涡旋3 min,在4 $^{\circ}\text{C}$ 、12 000 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 条件下离心5 min后,移取100 μL 正己烷层溶液用于上机分析。色谱条件为:DB-5MS色谱柱(30.00 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μm);载气为高纯氦气,纯度 $>99.99\%$;升温程序为初始温度40 $^{\circ}\text{C}$,保持2 min,以30 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 升至200 $^{\circ}\text{C}$,保持1 min,以10 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 升至240 $^{\circ}\text{C}$,保持1 min,以5 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 升至285 $^{\circ}\text{C}$,保持3 min;进样口温度230 $^{\circ}\text{C}$;柱流速1.0 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$;进样量1 μL 。质谱条件:安捷伦8890-5977B质谱系统,离子源温度230 $^{\circ}\text{C}$;

电离电压70 eV;传输线温度240 $^{\circ}\text{C}$;四级杆温度150 $^{\circ}\text{C}$;溶剂延迟时间4 min,采集方式为选择性离子扫描。配制0.01,0.02,0.05,0.10,0.20,0.50,1.00,2.00,5.00,10.00,20.00和50.00 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的不同脂肪酸标准品溶液,获取各个浓度标准品对应的质谱峰强度数据;以外标浓度为横坐标,外标峰面积为纵坐标,绘制不同物质的标准曲线并进行线性回归,得到不同脂肪酸的标准曲线。将检测到的所有样本的积分峰面积代入相应标准曲线线性方程进行计算,进一步代入计算公式计算后,最终得到实际样本中该物质的绝对含量。

样品中脂肪酸的含量($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) = $c \times V_3 / 1\,000 \times V_1 / V_2 / m$

式中, c 为样本中积分峰面积代入标准曲线得到的浓度值($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$); V_1 为样本提取液体积(μL); V_2 为收集上清液体积(μL); V_3 为复溶体积(μL); m 为称取样本质量(g)。

1.2.6 数据分析 采用Excel 2017软件进行统计分析,所有数据3次重复。

2 结果与分析

2.1 水飞蓟籽实蛋白质、粗脂肪和淀粉含量分析

经测定,水飞蓟籽实中蛋白质含量为12.05% $\pm$ 0.23%,粗脂肪含量为31.74% $\pm$ 0.82%,淀粉含量为227.25 $\pm$ 0.83 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

2.2 水飞蓟籽实氨基酸组成分析和营养评价

2.2.1 氨基酸组成 由表1可知,水飞蓟籽实中氨基酸种类丰富,包含人体所需的必需氨基酸7种,仅色氨酸未检测到;富含天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、蛋氨酸等药效氨基酸9种,药效氨基酸总量约为61.86 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$;包含丝氨酸、丙氨酸等甜味氨基酸7种,总量约为34.83 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$;包含天冬氨酸和谷氨酸鲜味氨基酸2种,总量约为24.03 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$;包含缬氨酸、蛋氨酸等苦味氨基酸6种,总量约为30.08 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$;谷氨酸含量最高,含量为15.87 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,其次为精氨酸和天冬氨酸,含量分别为10.36和8.16 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

表1 水飞蓟籽实氨基酸组成和含量

氨基酸种类	含量/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	氨基酸种类	含量/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	氨基酸种类	含量/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
天冬氨酸 ^{#F}	8.16 $\pm$ 0.07	苏氨酸 ^{*S}	4.61 $\pm$ 0.06	亮氨酸 ^{*#B}	5.03 $\pm$ 0.05
谷氨酸 ^{#F}	15.87 $\pm$ 0.76	脯氨酸 ^S	6.41 $\pm$ 0.34	色氨酸 [*]	—
羟脯氨酸 ^S	2.37 $\pm$ 0.22	丙氨酸 ^S	4.93 $\pm$ 0.28	组氨酸 ^B	2.41 $\pm$ 0.14
天冬酰胺	0.01 $\pm$ 0.00	缬氨酸 ^{*B}	6.42 $\pm$ 0.25	苯丙氨酸 ^{*#B}	4.29 $\pm$ 0.21
丝氨酸 ^S	4.92 $\pm$ 0.13	蛋氨酸 ^{*#B}	1.57 $\pm$ 0.10	半胱氨酸	0.02 $\pm$ 0.00
精氨酸 ^{#B}	10.36 $\pm$ 0.24	胱氨酸	0.45 $\pm$ 0.04	赖氨酸 ^{*#S}	4.49 $\pm$ 0.17
甘氨酸 ^{#S}	7.10 $\pm$ 0.11	异亮氨酸 ^{*#}	4.99 $\pm$ 0.13	酪氨酸	2.51 $\pm$ 0.07

注:*为人体必需氨基酸;#为药效氨基酸;S为甜味氨基酸;F为鲜味氨基酸;B为苦味氨基酸。下同。

2.2.2 必需氨基酸含量分析 对不同食物中必需氨基酸含量进行了比较,水飞蓟籽实中氨基酸总量为 $96.92 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,其中人体必需氨基酸总量为 $31.40 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,非必需氨基酸总量为 $65.52 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,

EAA/TAA 为 0.324 0,水飞蓟籽实中氨基酸总量和鸡蛋相近,必需氨基酸与氨基酸总量的比值和鸡蛋、大豆、花生相近,高于紫苏(表 2)。

表 2 水飞蓟和不同食物必需氨基酸含量分析

必需氨基酸	水飞蓟	鸡蛋 ^[20]	牛奶 ^[21]	大豆 ^[22]	花生 ^[23]	紫苏 ^[24]
苏氨酸/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	4.61	4.80	1.20	10.29	5.50	2.99
缬氨酸/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	6.42	6.70	1.53	16.21	11.70	5.99
蛋氨酸/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	1.57	2.50	0.69	2.61	3.90	0.07
异亮氨酸/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	4.99	0.00	1.31	14.44	10.60	4.80
亮氨酸/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	5.03	10.10	2.77	23.14	15.20	8.16
苯丙氨酸/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	4.29	5.90	1.35	15.56	13.20	4.27
色氨酸/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	—	—	0.44	—	1.70	2.44
赖氨酸/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	4.49	7.90	2.23	16.48	9.80	10.61
EAA/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	31.40	37.60	11.52	98.83	78.10	39.33
TAA/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	96.92	106.70	28.68	308.71	223.56	158.02
EAA/TAA	0.3240	0.3200	0.4017	0.3201	0.3493	0.2489

注:EAA 为必需氨基酸总量;TAA 为氨基酸总量。

2.2.3 氨基酸营养评价 由表 3 可知,RC 值最高的是蛋氨酸+赖氨酸,为 1.506;最低的是亮氨酸,为 0.625。根据 RC 值可知,水飞蓟籽实中缬氨酸、蛋氨酸+赖氨酸含量相对过剩,而亮氨酸和赖氨酸含量相对不足,第一限制级氨基酸是亮氨酸。说明若水飞蓟籽实作为可食用的蛋白质来源,应该适量添加亮氨酸和赖氨酸。

水飞蓟籽实 SRC 值为 73.3,证明水飞蓟籽实具有较高的营养价值,可作为潜在的蛋白质来源进行加工和利用。

表 3 水飞蓟籽实氨基酸的营养评价

氨基酸	FAO/WHO 模式谱含量	RAA	RC	SRC
苏氨酸	40	0.115	1.002	
缬氨酸	50	0.128	1.117	
蛋氨酸+赖氨酸	35	0.173	1.506	
异亮氨酸	40	0.125	1.085	73.3
亮氨酸	70	0.072	0.625	
苯丙氨酸+酪氨酸	60	0.113	0.986	
赖氨酸	55	0.082	0.710	

2.3 水飞蓟籽实矿质元素含量分析

由表 4 可知,水飞蓟籽实中大量元素含量表现为钙>钾>镁>磷,其中钙最高,为 $11.650 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,磷最低,为 $0.230 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$;微量元素含量顺序为铁>钠>铝>锌>铜=锰>钼>镍>硼>硒,其

中铁最高,为 $0.120 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,硒最低,为 $1.23\times 10^{-4} \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。可见,水飞蓟籽实中矿质元素种类较为丰富,具有钙、镁、钾、铁、锌、锰、硒等对人体有益的矿质元素。

表 4 水飞蓟籽实矿质元素含量

矿质 元素	含量/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$	矿质 元素	含量/ $(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1})$
钙	11.650 ± 0.353	铜	0.023 ± 0.005
铁	0.120 ± 0.025	锰	0.023 ± 0.006
钾	6.660 ± 0.331	铝	0.106 ± 0.007
镁	6.431 ± 0.040	硼	$(4.46\pm 0.36)\times 10^{-4}$
钠	0.110 ± 0.017	钼	$(7.43\pm 0.25)\times 10^{-4}$
磷	0.230 ± 0.046	镍	$(6.59\pm 0.53)\times 10^{-4}$
锌	0.070 ± 0.006	硒	$(1.23\pm 0.15)\times 10^{-4}$

2.4 水飞蓟籽实脂肪酸组成成分分析

由表 5 可知,水飞蓟籽实中共检测出 29 种脂肪酸,包括癸酸、己酸、神经酸、十三烷酸、壬酸、木蜡酸、二十三烷酸、十一烷酸、月桂酸、肉豆蔻酸、十五烷酸、棕榈酸、顺式-9-棕榈油酸、十七烷酸、硬脂酸、油酸、反油酸、亚油酸、反亚油酸、 α -亚麻酸、十九烷酸、顺式-10-十九碳烯酸、花生酸、顺式-11-二十碳烯酸、顺式-11,14-二十碳二烯酸、二十一烷酸、山嵛酸、芥酸和草酸;其中脂肪酸含量前 5 位的是油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸、花生酸,含量分别为 9 281.15,8 206.15,4 286.36,

2 438.68和1 324.54 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,辛酸含量很少,但可以检测到。

水飞蓟籽实中脂肪酸种类丰富,不饱和脂肪酸11种,含量为18 579.59 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,占29种脂肪

酸总含量的66.12%,其中亚油酸含量居第2位,占其总脂肪酸含量的29.20%; α -亚麻酸含量为152.08 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,不饱和脂肪酸含量高,油脂更为健康。

表5 水飞蓟籽实脂肪酸组成和含量

脂肪酸种类	含量/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	脂肪酸种类	含量/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	脂肪酸种类	含量/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$
癸酸	1.88±0.13	十五烷酸	32.13±2.15	顺式-10-十九碳烯酸	17.40±1.29
己酸	1.50±0.07	棕榈酸	4286.36±219.09	花生酸	1324.54±160.80
神经酸	46.36±1.06	顺式-9-棕榈油酸	79.42±6.70	顺式-11-二十碳烯酸	424.78±21.26
辛酸	0.00	十七烷酸	46.87±4.52	顺式-11,14-二十碳二烯酸	17.23±2.38
十三烷酸	1.96±0.09	硬脂酸	2438.68±350.04	二十一烷酸	31.74±2.17
壬酸	3.42±0.22	油酸	9281.15±241.65	山嵛酸	907.92±14.99
木蜡酸	329.43±14.40	反油酸	268.69±13.94	芥酸	26.78±2.55
二十三烷酸	64.38±4.65	亚油酸	8206.15±289.27	不饱和脂肪酸含量	18579.59±331.54
十一烷酸	3.34±0.37	反亚油酸	59.54±1.82	不饱和脂肪酸在	66.12±0.98
月桂酸	4.44±0.64	α -亚麻酸	152.08±12.84	总脂肪酸量占比/%	
肉豆蔻酸	44.02±3.32	十九烷酸	9.06±0.84		

3 讨论

3.1 水飞蓟籽实蛋白质含量与营养评价

水飞蓟的可食用性可以追溯到几个世纪前的地中海盆地,当地农民将水飞蓟纳入到平时的饮食中^[25-26]。在西班牙,水飞蓟可用作沙拉蔬菜或煮炒菜肴^[27]。在突尼斯和阿拉伯,水飞蓟籽实更是传统的可食用谷物^[28]。水飞蓟籽实中蛋白质为低分子量蛋白,更易被消化吸收^[29],且小鼠毒性实验未见急性毒性^[16,30-31]。目前。国内对水飞蓟籽实中蛋白质多用于饲料喂养家畜^[32-36],未见食品中应用,其食用价值有待进一步开发利用。

水飞蓟籽实中氨基酸总量和鸡蛋相近,含量最高的前三位为谷氨酸、精氨酸和天冬氨酸,这与邓小敏^[16]的研究结果一致。谷氨酸虽不是人体必需氨基酸,但营养价值却很高,并作为碳氮营养参加了机体新陈代谢,可以保护肝脏,是肝病患者的辅助药品;精氨酸是人体必需氨基酸,是保证婴幼儿脑部发育必不可少的氨基酸,并且有解酒作用^[37];天冬氨酸为药效氨基酸,可用来防治心脏病、肝脏病、高血压症,和其他各种氨基酸一起制备氨基酸输液,可作为氨解毒剂、肝功能促进剂。这3种氨基酸与水飞蓟的主要活性物质水飞蓟素有相似的功效,都可用于保肝护肝,治疗肝类疾病。水飞蓟籽实中EAA/TAA比值和鸡蛋、大

豆、花生相近,高于紫苏,说明了其氨基酸种类丰富合理。另外,水飞蓟籽实的SRC值为73.3,高于玉米^[38]、糜子^[39]、茶果樟^[40]等,SRC值越接近100,说明其营养价值也越高。可见,水飞蓟籽实中蛋白质具有较高的营养价值,其中甜味氨基酸含量高于苦味氨基酸,且含丰富的鲜味氨基酸,适口性好,不论是饲用还是作为潜在的食物来源均有巨大的开发潜力。水飞蓟籽实中丰富的谷氨酸和必需氨基酸含量符合粮农组织/世界卫生组织要求的2岁~5岁幼儿的日常需求,且没有对水飞蓟籽实蛋白过敏的报道。Shahat等^[41]的研究表明,在小麦面包中加入3%的脱脂水飞蓟籽粉可以改善面包的功能性。可见,水飞蓟籽粉可以用于功能性食品的开发^[26]。

3.2 水飞蓟籽实中矿质元素含量

矿质元素是植物生长发育所必需的微量元素,它是构成人类组织和维持正常生理功能所需要的化合物,但其无法在人体内合成,需要在食品中摄取。水飞蓟籽实中矿质元素含量的分析鲜见报道。本研究表明,水飞蓟含有大量的矿质元素,特别是钙、镁、钾、铁、锰、锌、硒等对人类十分关键的矿质元素,其含量远超过一般谷物^[42-43],且水飞蓟锌铜、锌铁之比分别为1.00:0.32(<10)、1.00:1.71(<1),表明其锌、铜、铁含量合理^[44-45]。

水飞蓟籽实中钾含量远高于钠的含量,属于高钾低钠型比例,有助于维持人体内的水盐代谢平衡,更利于降低血压。

3.3 水飞蓟籽实脂肪酸含量与成分

前人试验证实,水飞蓟籽实中含有约20%~35%的脂肪酸^[46],脂肪酸种类丰富,富含人体所必需的优质脂肪酸亚油酸和亚麻酸,不饱和脂肪酸比例较高^[13,16,30],这与本研究结果一致。本研究采用GC-MS/MS平台对水飞蓟籽实中48种脂肪酸进行了定量分析,共鉴定出29种脂肪酸,分析的脂肪酸种类要多于以往研究^[13,16,30,47-48]。其中,含量最高的脂肪酸为油酸,其次是亚油酸,这和尹起范等^[48]利用GC-MS联用方法测定新疆产水飞蓟精油中脂肪酸的组成以及其相对含量的研究结果相同,均是油酸含量高于亚油酸。有研究表明,水飞蓟籽油是适宜食用的健康油脂,其营养价值与葵花油、红花油相近^[49],且具有较强的抗氧化能力^[50-51],在2014年被中国卫生和健康发展委员会评定为新资源食品。但水飞蓟籽油在国内超市中很少见到,消费者对其了解不多,水飞蓟籽油的宣传也鲜少见到。可见,水飞蓟籽油的可食用性和对人体的益处还有待进一步扩大宣传。另外,水飞蓟籽实内油脂还可以作为日化原料,生产香皂、洗涤用品等。

4 结论

综上所述,水飞蓟籽实蛋白质含量为12.05%,淀粉含量为227.25 mg·g⁻¹,粗脂肪含量为31.74%。水飞蓟籽实氨基酸种类丰富,含有7种必需氨基酸(未检测到色氨酸),甜味氨基酸含量高于苦味氨基酸,且富含丰富的鲜味氨基酸,EAA/TAA为0.324 0,SRV值为73.3,营养价值较高,第一限制级氨基酸为亮氨酸。水飞蓟籽实矿物质元素种类丰富,富含钙、镁、钾、铁、锌、锰、硒等对人体有益的矿物质元素,大量元素含量顺序为钙>钾>镁>磷,微量元素含量顺序为铁>钠>铝>锌>铜=锰>钼>镍>硼>硒,且锌、铜、铁含量合理。水飞蓟籽实富含29种脂肪酸,含有人体所必需的脂肪酸亚油酸和亚麻酸,脂肪酸含量前5位的是油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸和花生酸,不饱和脂肪酸比例高。可见,水飞蓟除了药用价值以外,其营养价值也非常丰富,可作为潜在的蛋白质、脂肪酸、淀粉来源。

参考文献:

- [1] 王红军,姜媛媛,路平,等. 水飞蓟宾的抗肿瘤、抗氧化和免疫调节分子药理学机制研究进展[J]. 药学报,2010,45(4): 413-421.
- [2] 陈世林,洪汝涛,刁磊,等. 水飞蓟素对大鼠急性酒精性肝损伤的保护作用[J]. 安徽医科大学学报,2010(2): 209-212.
- [3] JANG H Y, PARK I C, YUH I S, et al. Beneficial effects of silymarin against nitric oxide-induced oxidative stress on cell characteristics of bovine oviduct epithelial cell and developmental ability of bovine IVF embryos[J]. Journal of Applied Animal Research, 2014, 42(2): 166-176.
- [4] AL-RASHEED N M, AL-RASHEED N M, FADDAH L M, et al. Potential impact of silymarin in combination with chlorogenic acid and/or melatonin in combating cardiomyopathy induced by carbon tetrachloride [J]. Saudi Journal of Biological Sciences, 2014, 21(3): 265-274.
- [5] NADA S A. Protective effect of grape seed extract and/or silymarin against thioacetamide-induced hepatic fibrosis in rats[J]. Journal of Liver, 2015, 4(2): 1423-1432.
- [6] ABENAVOLI L, CAPASSO R, MILIC N, et al. Milk thistle in liver diseases: past, present, future [J]. Phytotherapy Research: PTR, 2010, 24(10): 1423-1432.
- [7] FEKRI KOHAN S, NOUHI KARAROUDI A, BAZGOSHA M, et al. Determining the potential targets of silybin by molecular docking and its antibacterial functions on efflux pumps and porins in uropathogenic *E. coli*[J]. International Microbiology, 2024;38363383.
- [8] SURAI P F, SURAI A, EARLE-PAYNE K. Silymarin and inflammation: food for thoughts [J]. Antioxidants, 2024, 13(1): 98.
- [9] HUANG H T, QIN J, WEN Z, et al. Effects of natural extract interventions in prostate cancer: a systematic review and network meta-analysis [J]. Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytomedicine, 2024, 129: 155598.
- [10] NEELOFAR K, HANEEF J, AHMAD J, et al. Anti-glycating and anti-cytotoxic effect of silybinin on albumin at early glycation: a physicochemical study[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics, 2024, 753: 109916.
- [11] CHAMBERS C S, HOLE KOVÁ V, PETRÁSKOVÁ L, et al. The silymarin composition and why does it matter? [J]. Food Research International, 2017, 100: 339-353.
- [12] POST-WHITE J, LADAS E J, KELLY K M. Advances in the use of milk thistle (*Silybum marianum*) [J]. Integrative Cancer Therapies, 2007, 6(2): 104-109.
- [13] 彭丹,郭贺,杨嘉盛. 不同产地水飞蓟籽油理化特性及脂肪酸组成比较[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2020, 41(1): 8-12.
- [14] 孙小祥,谭才宏,陈钧,等. 基于壳仁分离的水飞蓟提取纯化工艺[J]. 中成药,2016,38(3): 686-689.

- [15] 汪绪龙, 朱红薇, 贾阳月, 等. 水飞蓟种壳中水飞蓟素提取及生物活性的研究[J]. 广州化工, 2017, 45(23): 97-99.
- [16] 邓小敏. 基于膜技术的水飞蓟药材废弃物资源化利用研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2022.
- [17] 朱圣陶, 吴坤. 蛋白质营养价值评价: 氨基酸比值系数法[J]. 营养学报, 1988, 10(2): 187-190.
- [18] Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization. Energy and protein requirements [J]. World Health Organization Nutrition Meeting Reports Series, 1973, 27(11): 52-63.
- [19] Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization. Protein quality evaluation in human diets[R]. Rome: Food and Agriculture Organization, 1991.
- [20] 张耀武, 张建新, 李笠生, 等. 丰年虫鸡蛋与普通鸡蛋的营养价值研究[J]. 西北农业学报, 2012, 21(4): 26-29.
- [21] 陆东林, 张丹凤, 荆文清, 等. 牛奶中的氨基酸含量及其营养价值[J]. 新疆畜牧业, 2001(4): 12-14.
- [22] 邹德乙, 刘小虎, 韩晓日, 等. 长期定位施肥对作物籽实氨基酸含量影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1997, 28(2): 120-124.
- [23] 马勇, 边仁伟. 辽西花生营养成分特性分析[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(8): 35-37.
- [24] 贾青慧, 沈奇, 陈莉. 紫苏籽蛋白质与氨基酸的含量测定及营养评价[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(10): 6-9.
- [25] CLEMENTE-VILLALBA J, BURLÓ F, HERNÁNDEZ F, et al. Valorization of wild edible plants as food ingredients and their economic value[J]. Foods, 2023, 12(5): 1012.
- [26] MAALLOUL S, MAHMOUDI M, MIGHRI H, et al. Tunisian *Silybum* species: important sources of polyphenols, organic acids, minerals, and proteins across various plant organs [J]. Plants, 2024, 13(7): 989.
- [27] MORALES P, FERREIRA I C F R, CARVALHO A M, et al. Mediterranean non-cultivated vegetables as dietary sources of compounds with antioxidant and biological activity[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 55(1): 389-396.
- [28] JADAYIL S A, TUKAN S K, TAKRURI H R. Bioavailability of iron from four different local food plants in Jordan[J]. Plant Foods for Human Nutrition, 1999, 54(4): 285-294.
- [29] 朱淑云, 董英, 肖香, 等. 水飞蓟蛋白组分的理化特性研究[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(10): 15-20.
- [30] 朱淑云. 水飞蓟籽仁蛋白和油的主要特性与生物活性研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2013.
- [31] 陈轩宇, 邓小敏, 苏文强, 等. 水飞蓟蛋白氨基酸组成测定及其急性毒性试验和抗氧化功能评价[J]. 现代中药研究与实践, 2020, 34(5): 23-28.
- [32] 张敏, 王英伟, 李成云, 等. 水飞蓟残渣饲料对育肥猪屠宰性能的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2008(11): 33-34.
- [33] 张松柏. 水飞蓟粕在肉牛中的开发利用及机理研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- [34] 刘铁刚, 张敏, 王英伟. 水飞蓟残渣配合饲料对猪肉品质的影响[J]. 饲料工业, 2012, 33(11): 18-20.
- [35] 胡秀芳, 何玉华. 非常规饲料资源: 水飞蓟粕的开发利用[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2014(4): 78-79.
- [36] 杨航, 杨桂芹, 赵辉. 水飞蓟粕在动物生产上的利用现状及前景[J]. 黑龙江农业科学, 2016(12): 151-154.
- [37] 赵孟良, 刘明池, 钟启文, 等. 29 份菊苣种质资源氨基酸含量和营养价值评价[J]. 种子, 2018, 37(3): 55-60.
- [38] 徐鑫, 毛红艳, 韩登旭, 等. 新疆不同玉米品种氨基酸营养价值评价[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(6): 244-249.
- [39] 托列霍加·加吾提, 吾买尔夏提·塔汗, 隋晓青. 20 份糜子材料的氨基酸含量分析及营养价值评价[J]. 种子, 2020, 39(7): 31-36.
- [40] 侯敏, 李俊南, 李淑芳, 等. 茶果樟果实营养成分分析及其营养评价[J]. 西部林业科学, 2019, 48(6): 80-85.
- [41] SHAHAT M S, HUSSEIN A S, HADY E A. Preparation of bread supplemented with milk thistle flour and its effect on acute hepatic damage caused by carbon tetrachloride in rats[J]. Middle East Journal, 2016, 6: 531-540.
- [42] 罗晨. 全谷物扁粉对肠道菌群的影响及益生作用研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2021.
- [43] 陆美斌, 王步军. 不同消解方式测定谷物中八种矿物质元素[J]. 食品工业, 2017, 38(9): 269-271.
- [44] 金万昆, 杨建新, 杜婷, 等. 乌龙鲫的肌肉营养成分、氨基酸含量及脂肪酸组成的分析[J]. 齐鲁渔业, 2010, 27(1): 20-21.
- [45] 史星雲, 徐珊珊, 殷益明, 等. 黄冠梨果实中氨基酸及矿物质元素分析与评价[J]. 林业科技通讯, 2022(2): 15-20.
- [46] 钱学射, 张卫明, 顾龚平, 等. 值得开发与利用的水飞蓟油[J]. 中国野生植物资源, 2006, 25(5): 13-16.
- [47] 尹兆明, 姜莹芳, 张亚刚, 等. 新疆产水飞蓟油的脂肪酸组成和相对含量分析[J]. 中国测试, 2016, 42(S2): 30-34.
- [48] 尹起范, 王思宏, 南京熙, 等. GC/MS 对延边水飞蓟油中脂肪酸的组成分析[J]. 延边大学学报(自然科学版), 1998, 24(4): 26-28, 60.
- [49] LUTFULLAH G, RAHMAN A, AHMAD A, et al. Comparative studies on rabbit plasma lipid profile fed with *Silybum marianum* oil, sunflower oil and vegetable ghee [J]. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 2017, 30(3): 875-879.
- [50] MEDDEB W, REZIG L, ZARROUK A, et al. Cytoprotective activities of milk thistle seed oil used in traditional Tunisian medicine on 7-ketocholesterol and 24S-hydroxycholesterol-induced toxicity on 158N murine oligodendrocytes[J]. Antioxidants, 2018, 7(7): 95.
- [51] ZARROUK A, MARTINE L, GRÉGOIRE S, et al. Profile of fatty acids, tocopherols, phytosterols and polyphenols in Mediterranean oils (argan oils, olive oils, milk thistle seed oils and *Nigella* seed oil) and evaluation of their antioxidant and cytoprotective activities [J]. Current Pharmaceutical Design, 2019, 25(15): 1791-1805.

(下转第 85 页)

Analysis of Problems in Use of Agricultural Film in Liaoning Province Based on Perspective of Film Thickness Monitoring

ZHAO Bo, LAN Xiping, WANG Yitao, WU Xiaonan

(Liaoning Agricultural Development Service Center, Shenyang 110034, China)

Abstract: The thickness of plastic film is one of the main factors affecting the recycling of waste plastic film. In order to comprehensively grasp the current situation and changing trends of the thickness of plastic film already covered in farmland, explore the problems in the use of plastic film, and establish a long-term mechanism for the recycling and utilization of waste plastic film in Liaoning Province. The small-scale film-covered plots in Liaoning Province were taken as the research object, and the main film-covered areas and different film-covered crops were selected for three consecutive years from 2021 to 2023 to monitor the actual situation of film thickness. The results showed that there were differences in the thickness of covered plastic film in different regions. The use of mulch with a nominal thickness of less than 0.010 mm was mainly prominent in Chaoyang, Jinzhou and Anshan, accounting for 61.4%, 50.0% and 44.4% respectively. The nominal thickness of mulching film in different years showed an increasing trend year by year, and the proportion of mulching film with a nominal thickness of ≥ 0.010 mm was 69.3%, 70.9% and 76.9% respectively. By monitoring the actual situation of the thickness of plastic film in the field, the problems in the use of plastic film in Liaoning Province were analyzed. It was suggested that the relevant functional departments should earnestly implement the supervision responsibilities, strengthen the supervision of the key links of plastic film production and sales, and do a good job in source control and process supervision. All localities should combine the types and characteristics of film-covered crops, adjust measures to local conditions, and implement classified policies. At the same time, we will fully integrate the national film science use recycling pilot project, increase the financial support for thickening high-strength film and fully biodegradable film, and enhance the enthusiasm of farmers for scientific film use.

Keywords: film thickness; Liaoning Province; regulatory responsibilities

(上接第 65 页)

Composition of Nutrition and Fatty Acids in *Silybum marianum* Seeds

CHEN Jing^{1,2}, YING Weiping², CHEN Si^{1,2}, HU Yingying², WU Linlin², LIU Yan², LI Cen², ZHANG Shuquan²

(1. Postdoctoral Workstation, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Institute of Industrial Crops, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to promote its comprehensive development and utilization of *Silybum Marianum*, the content of protein, fat, starch and mineral element were determined, and the amino acid and fatty acid composition were analyzed to systematically detect and evaluate the nutritional composition. The results showed that the protein content of *Silybum marianum* seeds was 12.05%, and the variety of amino acids was abundance which included 7 kinds of essential amino acids (tryptophan not detected). The ratio of essential amino acids to total amino acids (EAA/TAA) was 0.324 0, and the SRC was 73.3, as well as containing high nutritional value. Leucine was the first limiting amino acid. The starch content of silybum marianum seeds was 227.25 mg·g⁻¹. The variety of mineral elements was abundance, including calcium, magnesium, potassium, iron, zinc, manganese, selenium and other beneficial mineral elements, and the order of content was calcium > potassium > magnesium > phosphorus > iron > sodium > aluminum > zinc > copper = manganese > molybdenum > nickel > boron > selenium. The crude fat content of silybum marianum seeds was 31.74%, which was rich in 29 types of fatty acids, including 11 unsaturated fatty acids, accounting for 66.12%, and had a high proportion of unsaturated fatty acids. The nutritional value of *Silybum marianum* seeds was very rich to be used as a potential source of protein, fatty acids and starch. To sum up, it can be processed and utilized in both medicinal and non medicinal parts, with huge development potential.

Keywords: *Silybum marianum*; nutritional composition; protein; fatty acids