

亚麻籽饼基本营养成分分析

李自红¹, 张桃桃¹, 张国治², 李飞飞¹, 宋梦娇¹, 于立芹¹,
朱杰¹, 张海希³, 王红雨³

(1. 河南省纳普生物技术有限公司, 郑州 450002; 2. 河南省科学院 质量检验与分析测试
研究中心, 郑州 450008; 3. 河南雅琪健康科技有限公司, 河南 鹤壁 458031)

摘要: 为了进一步开发利用亚麻籽饼, 增加亚麻籽饼再利用价值, 对亚麻籽饼基本营养成分进行分析。结果表明: 亚麻籽饼中水分、灰分、水溶性浸出物、醇溶性浸出物、粗纤维、粗蛋白质、粗脂肪含量分别为 8.10%、5.80%、25.40%、20.80%、18.50%、34.25%、9.62%; 5 种矿质元素铁、钙、锌、锰、铜含量分别为 219.7、210.0、56.1、27.9、8.7 mg/kg; 亚麻籽饼共检出 16 种氨基酸, 总量为 17.01 g/100 g, 其中 7 种必需氨基酸含量为 8.54 g/100 g, 占氨基酸总量的 50.19%, 9 种非必需氨基酸含量为 8.47 g/100 g, 占氨基酸总量的 49.81%; 亚麻籽饼中总多酚和总黄酮含量分别为 1.45%、1.28%; 亚麻籽饼中检出胆甾醇、菜油甾醇、豆甾醇、 β -谷甾醇等 4 种植物甾醇, 含量分别为 83.6、102.0、6.9、266.4 mg/kg。综上所述, 亚麻籽饼营养丰富, 具有用作除动物饲料以外的产品开发的價值。

关键词: 亚麻籽饼; 营养成分; 动物饲料

中图分类号: TS201.4; TS229 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2024)01-0130-05

Basic nutritional components analysis of camelina seed cake

LI Zihong¹, ZHANG Taotao¹, ZHANG Guozhi², LI Feifei¹, SONG Mengjiao¹,
YU Liqin¹, ZHU Jie¹, ZHANG Haixi³, WANG Hongyu³

(1. Henan Natural Product Biotechnology Co., Ltd., Zhengzhou 450002, China; 2. Quality Inspection and Analytical Test Research Center, Henan Academy of Sciences, Zhengzhou 450008, China;
3. Henan Yaqi Health Technology Co., Ltd., Hebi 458031, Henan, China)

Abstract: In order to further develop and utilize camelina seed cake and increase the reuse value of camelina seed cake, the basic nutritional components of camelina seed cake were analyzed. The results showed that the contents of water, ash, water-soluble extract, alcohol-soluble extract, crude fiber, crude protein and crude fat in camelina seed cake were 8.10%, 5.80%, 25.40%, 20.80%, 18.50%, 34.25% and 9.62%, respectively. The five mineral elements iron, calcium, zinc, manganese and copper were 219.7, 210.0, 56.1, 27.9 mg/kg and 8.7 mg/kg, respectively. The total amount of 16 amino acids were detected in camelina seed cake with the content of 17.01 g/100 g, among which the content of 7 essential amino acids was 8.54 g/100 g, accounting for 50.19% of the total amino acids, the content of 9 nonessential amino acids was 8.47 g/100 g, accounting for 49.81% of the total amino acids. The contents of total polyphenols and total flavonoids in camelina seed cake were 1.45% and 1.28%, respectively. 4 phytosterols were detected in camelina seed cake, which were cholesterol, campesterol, stigmasterol and β -sitosterol with contents of 83.6, 102.0, 6.9 mg/kg and 266.4 mg/kg,

收稿日期: 2022-09-26; 修回日期: 2023-08-28

基金项目: 河南省科学院重大科研聚焦专项项目(190113004)

作者简介: 李自红(1983), 女, 硕士, 研究方向为油脂化学、天然产物分析与研究(E-mail)1848651701@qq.com。

通信作者: 于立芹, 硕士(E-mail)862682996@qq.com。

respectively. In conclusion, camelina seed cake is nutritious and has value for use in product development besides animal feed.

Key words: camelina seed cake; nutritional component; animal feed

亚麻荠,属十字花科、亚麻荠属,是一种古老的草本油料植物^[1]。亚麻荠最早在欧洲被发现并开始种植,现广泛分布于世界各地^[2]。亚麻荠具备抗寒、耐旱、耐贫瘠、抗倒伏和抗病虫害的能力。亚麻荠的种子,即亚麻荠籽,是我国特色油料之一。亚麻荠籽饼是亚麻荠籽提油后的重要副产物,含有丰富的粗蛋白质,还含有总黄酮、酚类化合物等活性成分^[3],营养价值较高。目前,亚麻荠籽饼主要用于饲料,且已被多个国家批准用于牲畜饲料的加工、进口及销售。然而,长期以来我国亚麻荠籽饼的潜在价值未得到很好的开发利用,深加工及综合利用研究极少。近几年,国内外对亚麻荠籽的营养和功能成分研究较多,如李飞飞等^[4]研究表明亚麻荠籽含有丰富的营养成分,但对亚麻荠籽饼营养成分的研究较少。为此,本文以亚麻荠籽饼为材料,对其营养成分进行研究,以期对亚麻荠籽饼的开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

6个不同批次的亚麻荠籽饼,由本实验室提供。

碳酸氢钠、氯化钠、无水碳酸钠,天津市津东天正精细化学试剂厂;氢氧化钠、无水硫酸钠、无水乙醇、甲醇,上海励致化工有限公司;硝酸铝、亚硝酸钠、乙酸钠,新乡市中信化学有限公司;磷酸二氢钾,天津市科密欧化学试剂有限公司;N,N-二甲基甲酰胺,天津市登科化学试剂有限公司;浓盐酸,洛阳昊华化学试剂有限公司;芦丁、没食子酸标准品,金属元素、氨基酸标准溶液,中国食品药品检定研究院;胆甾醇、 β -谷甾醇、豆甾醇、菜油甾醇标准品,美国Sigma-Aldrich公司;二硝基氟苯。

1.1.2 仪器与设备

AUW220D十万分之一天平,日本岛津公司;ME204万分之一天平,上海析域仪器设备有限公司;111万能粉碎机,广州市大祥电子机械设备有限公司;WX-4000微波消解仪,上海屹尧仪器科技发展有限公司;K9840凯氏定氮仪,济南海能仪器股份有限公司;TU1810紫外分光光度计,北京普析通用仪器责任有限公司;LC-20AT液相色谱仪、GC-2010 plus气相色谱仪,岛津国际贸易有限公司;7900电感耦合等离子体质谱仪,安捷伦科技有限公司;DGX-9143B电热恒温鼓风干燥箱,上海福玛实验设备有限公司;HY-4振荡器,上海力辰仪器科技有限公司;XW-80A涡旋仪,海门市其林贝尔仪器制造有限公司;SX2电阻炉,上海跃进医疗器械有限公司;

DZKW-S-6电热恒温水浴箱,北京永光明医疗仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 原料处理

取一定量亚麻荠籽饼,粉碎,过2号筛〔24目,(850 ± 29) μm 〕,置于自封袋,4 $^{\circ}\text{C}$ 下储存。

1.2.2 常规成分的测定

水分的测定参考GB 5009.3—2016;灰分的测定参考GB 5009.4—2016;水溶性、醇溶性浸出物的测定参考2020版《中国药典》四部通则2201;粗脂肪的测定参考GB 5009.6—2016;粗蛋白质的测定参考GB 5009.5—2016;粗纤维的测定参考GB/T 5009.10—2003。

1.2.3 矿质元素的测定

铁、钙、锌、锰、铜含量的测定参考文献[5-6]和GB/T 35871—2018,采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)以及微波消解-原子吸收光谱法进行测定。

1.2.4 氨基酸含量的测定

氨基酸含量的测定参考文献[7-8]的方法,样品经柱前衍生化后,进反相高效液相色谱仪进行测定。称取4g样品,加50mL水,浸润,放置过夜,沸水浴中浸提1~2h,抽滤,将滤液定容至100mL容量瓶中,取0.5mL滤液于10mL容量瓶中,加入0.5mL 0.1mol/L碳酸氢钠调pH至8.5,加入0.5mL质量分数为1%的二硝基氟苯衍生化试剂,混匀后于60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴加热反应60min,冷却后用0.1mol/L磷酸二氢钾溶液定容至10mL,待测。

液相色谱条件:Phenomenex Gemini NX C18色谱柱(4.6mm \times 250mm,5 μm);流动相A为0.1mol/L pH 6.5乙酸钠-乙腈(体积比97:3),B为乙腈-水(体积比4:1);采用梯度洗脱,洗脱程序为0~3min 18%B,3~8min 18%~28%B,8~18min 28%B,18~28min 28%~32%B,28~38min 32%B,38~53min 32%~60%B,53~70min 60%~95%B;流速0.2mL/min;柱温40 $^{\circ}\text{C}$;检测波长360nm;进样量10 μL 。

1.2.5 总多酚含量的测定

参考文献[9-10]的方法并稍作改动测定总多酚含量。称取2g样品,加入70mL体积分数为50%的乙醇溶液,于100 $^{\circ}\text{C}$ 水浴回流提取1h制得样品溶液。移取1.0mL样品溶液至25mL容量瓶中,加入1mL福林酚溶液,摇匀之后加入2.0mL 65g/L碳酸钠溶液,摇匀,定容至25mL。在40 $^{\circ}\text{C}$ 水浴锅中放置1.5h,使用紫外分光光度计在765nm波长处测定吸光度(A),代入以没食子酸为标样绘制

的标准曲线方程($A = 0.0654c + 0.0178$, $r = 0.9995$)中,计算总多酚含量。

1.2.6 总黄酮含量的测定

参考文献[11]的方法并稍加改动进行总黄酮含量的测定。称取1 g样品,加入50 mL体积分数为60%的乙醇溶液,于68℃索氏回流提取24 h,减压蒸干,用60%乙醇溶液溶解并定容至25 mL容量瓶中。取上述样品溶液1 mL至25 mL容量瓶中,加入0.3 mL质量分数5%的亚硝酸钠溶液,摇匀,静置5 min,再加入0.3 mL质量分数10%的硝酸铝溶液,静置5 min,最后加入2 mL 1 mol/L的氢氧化钠溶液,用60%乙醇溶液定容至25 mL,在510 nm波长处测吸光度(A),代入以芦丁为标样绘制的标准曲线方程($A = 0.04462c - 0.00388$, $r = 0.9996$)中,计算总黄酮含量。

1.2.7 植物甾醇含量的测定

参考文献[12]的方法测定植物甾醇含量。称取2 g样品,加入40 mL无水乙醇、10 mL质量分数为50%的氢氧化钾溶液,于100℃水浴回流1 h,皂化结束后,转移到250 mL分液漏斗中,分别加入60 mL乙醚和60 mL 1 mol/L的氢氧化钾溶液,轻轻振荡10 s,静置分层,弃去水层,反复水洗至少3次,水洗完成后,将乙醚层用无水硫酸钠干燥后,于旋转蒸发器55℃条件下旋转蒸发至干,用正庚烷溶解并定容至5 mL,待测。

气相色谱条件:DB-5毛细管色谱柱(30 m × 0.32 mm × 0.25 μm);柱升温程序为初始温度200℃,保持1 min,以30℃/min升温至280℃,保持10 min;进样口温度280℃;检测器温度290℃;进样量1.0 μL;分流比10:1;空气流量350 mL/min;氢气流量30 mL/min。

1.2.8 数据处理

采用IBM SPSS Statistics 26软件进行统计分析,各组试验数据用“平均值 ± 标准差($n = 6$)”表示。

2 结果与分析

2.1 亚麻荠籽饼的常规成分

表1为亚麻荠籽饼常规成分含量。

表1 亚麻荠籽饼常规成分含量 %

成分	含量	成分	含量
水分	8.10 ± 0.13	粗脂肪	9.62 ± 0.17
灰分	5.80 ± 0.21	水溶性浸出物	25.40 ± 0.14
粗纤维	18.50 ± 0.15	醇溶性浸出物	20.80 ± 0.24
粗蛋白质	34.25 ± 0.32		

由表1可知,粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维是亚麻荠籽饼主要的营养成分。亚麻荠籽饼粗蛋白质含量

为34.25%,具备开发为蛋白质饲料的潜力。亚麻荠籽饼粗脂肪含量为9.62%,高于大豆饼(5.80%)、棉籽饼(7.40%)和菜籽饼(7.40%)^[13]。亚麻荠籽饼粗纤维含量为18.50%,高于大豆饼(4.80%)、棉籽饼(12.50%)和菜籽饼(11.40%)^[13]。有研究认为,一定含量的粗纤维对动物具有正效应,可促进畜禽胃肠系统的发育及脂类的代谢,减少异常行为的发生^[14]。随着动物保健理论的兴起,粗纤维在动物生产中的非营养积极作用逐渐受到关注。

2.2 亚麻荠籽饼的矿质元素

图1为亚麻荠籽饼中矿质元素铁、钙、锌、锰、铜的含量。

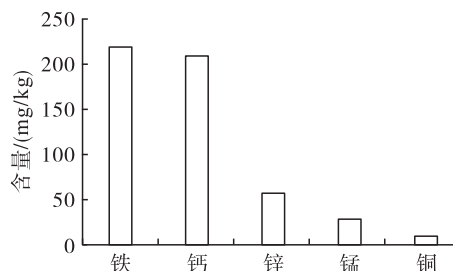


图1 亚麻荠籽饼中矿质元素含量

钙在维持动物骨骼的强度和硬度方面起着重要作用。铁是血红素、肌红蛋白的组成成分,是动物体内最重要的微量元素之一。锌是家禽必需的微量元素,缺锌会导致家禽生产性能和繁殖性能下降。锰可参与骨骼形成、机体代谢和多种酶的合成,直接影响动物的生长发育^[15]。由图1可知,亚麻荠饼5种矿质元素中铁、钙及锌的含量较高,锰和铜的含量较低,5种矿质元素含量从高到低依次为铁(219.7 mg/kg) > 钙(210.0 mg/kg) > 锌(56.1 mg/kg) > 锰(27.9 mg/kg) > 铜(8.7 mg/kg)。

2.3 亚麻荠籽饼的氨基酸组成

表2为亚麻荠籽饼的氨基酸组成及含量。

表2 亚麻荠籽饼的氨基酸组成及含量

氨基酸	含量/(g/100 g)
非必需氨基酸	
天冬氨酸	0.99 ± 0.03
谷氨酸	1.56 ± 0.12
丝氨酸	0.89 ± 0.08
甘氨酸	0.49 ± 0.04
精氨酸	1.38 ± 0.14
脯氨酸	0.78 ± 0.18
丙氨酸	0.88 ± 0.15
胱氨酸	0.20 ± 0.12
酪氨酸	1.37 ± 0.09
总量	8.47 ± 0.17

续表 2

氨基酸	含量/(g/100 g)
必需氨基酸	
苏氨酸	0.84 ± 0.12
缬氨酸	1.33 ± 0.08
甲硫氨酸	1.42 ± 0.14
异亮氨酸	1.18 ± 0.06
亮氨酸	1.39 ± 0.09
苯丙氨酸	1.73 ± 0.11
赖氨酸	0.64 ± 0.14
总量	8.54 ± 0.17
总氨基酸	17.01 ± 0.10

由表 2 可知,亚麻荠籽饼中检测出 16 种氨基酸,其中必需氨基酸 7 种,非必需氨基酸 9 种。亚麻荠籽饼中氨基酸总含量为 17.01 g/100 g,其中 7 种必需氨基酸含量为 8.54 g/100 g,占氨基酸总量的 50.19%。必需氨基酸中苯丙氨酸含量最高,为 1.73 g/100 g;另外,还含有较多的亮氨酸和缬氨酸,二者含量分别为 1.39、1.33 g/100 g。苯丙氨酸在体内能够直接合成重要的神经递质和激素,参与体内供能所必需的糖脂代谢活动^[16];亮氨酸具有调节蛋白质代谢和增强机体免疫力的功能^[15];缬氨酸能够抑制组织蛋白的降解,改善畜禽胴体品质,且能通过影响免疫器官的发育及免疫球蛋白的合成来影响免疫功能^[15]。亚麻荠籽饼中非必需氨基酸含量为 8.47 g/100 g,占氨基酸总量的 49.81%,其中谷氨酸含量最高,达到 1.56 g/100 g。谷氨酸是一种主要的兴奋神经传递质,可以促进大脑的发育,提高大脑的功能^[17]。

2.4 亚麻荠籽饼的微量营养成分

亚麻荠籽饼中微量营养成分含量见表 3。

表 3 亚麻荠籽饼中微量营养成分含量

成分	含量
总多酚/%	1.45
总黄酮/%	1.28
甾醇/(mg/kg)	
β -谷甾醇	266.4 ± 0.1
菜油甾醇	102.0 ± 0.1
胆甾醇	83.6 ± 0.0
豆甾醇	6.9 ± 0.0

由表 3 可看出,亚麻荠籽饼的总多酚含量为 1.45%,总黄酮含量为 1.28%。多酚具有许多生物活性,如抗脂质氧化、抗衰老、预防心血管疾病、预防癌症、抗辐射等^[3]。黄酮类化合物具有降血压、增强心脏收缩、止咳化痰、抗菌抗炎、抗毛细血管脆性、抗肿瘤等作用^[18]。亚麻荠籽饼含有 4 种植物甾醇,

分别为 β -谷甾醇、菜油甾醇、胆甾醇、豆甾醇,总含量为 458.9 mg/kg,其中 β -谷甾醇含量最高,为 266.4 mg/kg。研究发现,植物甾醇能够明显地减少人血浆低密度脂蛋白胆固醇含量,从而对人体健康有正面的作用,在食品、医药、化妆品等方面有着广阔的应用前景^[4]。

3 结论

亚麻荠籽饼的粗蛋白质、粗脂肪和粗纤维含量分别为 34.25%、9.62% 和 18.50%。亚麻荠籽饼含有铁、钙、锌、锰、铜等 5 种矿质元素,其中铁和钙含量较高。亚麻荠籽饼中检测出 16 种氨基酸,其中 7 种为必需氨基酸,9 种为非必需氨基酸。氨基酸总量达 17.01 g/100 g,其中必需氨基酸含量为 8.54 g/100 g,占氨基酸总量的 50.19%,蛋白质品质较好。亚麻荠籽饼的总多酚和总黄酮含量分别为 1.45%、1.28%。亚麻荠籽饼包括胆甾醇、菜油甾醇、豆甾醇、 β -谷甾醇等 4 种植物甾醇,含量分别为 83.6、102.0、6.9、266.4 mg/kg。亚麻荠籽饼营养丰富,后续将对其总多酚和总黄酮等营养成分进行进一步的功效评价,以期对亚麻荠籽饼的深度开发提供技术支撑,同时提高亚麻荠籽饼的经济价值。

参考文献:

- [1] 邓曙东,张青文. 亚麻荠种植和利用的研究现状[J]. 植物学通报, 2004, 39(3): 376-382.
- [2] 苑丽霞,毛雪,高昌勇,等. 新型工业油料作物亚麻荠:从基因组到代谢工程[J]. 植物生理学报, 2015, 51(8): 1204-1216.
- [3] 邓乾春,黄凤洪,黄庆德,等. 一种高利用价值油料作物:亚麻荠的研究进展[J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(4): 551-559.
- [4] 李飞飞,于立芹,魏悦,等. 亚麻荠种子的营养成分分析[J]. 中国油脂, 2019, 44(2): 90-93.
- [5] 叶国健. 微波消解-原子吸收法测定花生中钙、镁、铜和锌的含量[J]. 中国油脂, 2018, 43(3): 141-143.
- [6] 孙琦,刘鹭,张书文,等. 微波消解-火焰原子吸收光谱法测定牛奶中钙含量[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 162-165.
- [7] 曹静亚,张丽先,范毅,等. 柱前衍生反相高效液相色谱法测定绞股蓝茶叶中 17 种游离氨基酸含量[J]. 氨基酸和生物资源, 2016, 38(3): 16-20.
- [8] 黄小兰,何旭峰,杨勤,等. 不同产地地参中 17 种氨基酸的测定与分析[J]. 食品科学, 2021, 42(2): 255-261.
- [9] 唐前,罗燕英,唐玲,等. 正交实验优选金花茶种子总多酚的最佳提取工艺[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(4): 792-793.

(下转第 139 页)

- Retrov, 2014, 30(S1): A240[2022-11-10]. <https://doi.org/10.1089/aid.2014.5531>.
- [8] ZHANG S, YU Z, XIA J, et al. Anti - Parkinson's disease activity of phenolic acids from *Eucommia ulmoides* oliver leaf extracts and their autophagy activation mechanism[J]. Food Funct, 2020, 11(2): 1425 - 1440.
- [9] ALCAIDE - HIDALGO J M, MARGALEF M, BRAVO F I, et al. Virgin olive oil (unfiltered) extract contains peptides and possesses ACE inhibitory and antihypertensive activity[J]. Clin Nutr, 2020, 39(4): 1242 - 1249.
- [10] AMIRNAHAVANDIRAHBAR S, NASIRZADEH M R. Biochemical effects of oleuropein in streptozotocin induced diabetic male rat [J]. Maced Vet Rev, 2018, 41(2): 187 - 194.
- [11] 韩雪娇, 郭娜, 朱美宣, 等. 红景天苷药理作用及其作用机理研究进展[J]. 中国生化药物杂志, 2015, 35(1): 171 - 175.
- [12] 杨子琪, 龙建纲, 刘健康. 羟基酪醇的生物学活性及其代谢特征[J]. 中国药理学通报, 2016, 32(9): 1189 - 1193.
- [13] GAO J, ZOU X, YANG L, et al. Hydroxytyrosol protects against acrolein induced preosteoblast cell toxicity: Involvement of Nrf2/Keap1 pathway[J]. J Funct Foods, 2015, 19: 28 - 38.
- [14] HU Z, WANG Z, LIU Y, et al. Metabolite profile of salidroside in rats by ultraperformance liquid chromatography coupled with quadrupole time - of - flight mass spectrometry and high - performance liquid chromatography coupled with quadrupole - linear ion trap mass spectrometry[J]. J Agric Food Chem, 2015, 63(41): 8999 - 9005.
- [15] 臧皓, 徐倩, 张露云, 等. 酪醇药理作用研究的新进展[J]. 通化师范学院学报, 2017, 38(12): 48 - 53.
- [16] DEWAPRIYA P, HIMAYA S W, LI Y X, et al. Tyrosol exerts a protective effect against dopaminergic neuronal cell death in *in vitro* model of Parkinson's disease [J]. Food Chem, 2013, 141(2): 1147 - 1157.
- [17] ÖZCAN M M, MATTHÄUS B. A review: Benefit and bioactive properties of olive (*Olea europaea* L.) leaves [J]. Eur Food Res Technol, 2017, 243(1): 89 - 99.
- [18] 刘红梅, 方成鑫, 郭力, 等. 不同采收季节对油橄榄茶品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(1): 127 - 132.
- [19] ACAR - TEK N, AĞAGÜNDÜZ D. Olive leaf (*Olea europaea* L. *folium*): Potential effects on glycemia and lipidemia[J]. Ann Nutr Metab, 2020, 76(1): 10 - 15.
- [20] DEMIR S, CETINKAYA H. Effects of saline conditions on polyphenol and protein content and photosynthetic response of different olive (*Olea europaea* L.) cultivars [J]. Appl Ecol Env Res, 2020, 18(2): 2599 - 2610.
- [21] PASKOVIĆ I, LUKIĆ I, ŽURGA P, et al. Temporal variation of phenolic and mineral composition in olive leaves is cultivar dependent [J/OL]. Plants, 2020, 9(9): 1099[2022-11-10]. <https://doi.org/10.3390/plants9091099>.
- [22] DIAB M A, IBRAHIM A K, HADAD G M, et al. Seasonal variations in antioxidant components of *Olea europaea* in leaves of different cultivars, seasons, and oil products in Sinai [J]. Food Anal Meth, 2021, 14(4): 773 - 783.
- [23] WANG B, QU J, FENG S, et al. Seasonal variations in the chemical composition of Liangshan olive leaves and their antioxidant and anticancer activities[J/OL]. Foods, 2019, 8(12): 657[2022-11-10]. <https://doi.org/10.3390/foods8120657>.
- [24] 高彩霞. 油橄榄叶抗氧化物有效成分及其含量变化规律研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2007.
- (上接第133页)
- [10] 刘仙俊, 范向前, 史起鹏, 等. 燕麦总多酚的微波辅助提取工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(17): 55 - 59.
- [11] 余旭亚, 陈朝银, 王洪钟, 等. 核桃仁与核桃油总黄酮含量比较研究[J]. 食品研究与开发, 2002, 23(6): 25 - 26.
- [12] 陈月晓, 何涛, 唐凌轩, 等. 气相色谱法同时测定食品中的胆固醇和植物甾醇[J]. 食品科学, 2016, 37(14): 180 - 183.
- [13] 张宏福. 动物营养参数与饲养标准[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [14] 王建友, 王琴, 刘凤兰, 等. 黑果枸杞籽饼粕的营养成分分析及应用[J]. 粮食与饲料工业, 2016(11): 41 - 42, 61.
- [15] 戴玉, 许腾, 初汉平, 等. 牡丹籽饼营养成分分析[J]. 饲料研究, 2019, 42(7): 54 - 57.
- [16] BERGUIG G Y, MARTIN N T, CREER A Y, et al. Of mice and men: Plasma phenylalanine reduction in PKU corrects neurotransmitter pathways in the brain [J]. Mol Genet Metab, 2019, 128(4): 422 - 430.
- [17] 刘霞, 李华, 杨继红, 等. 冷榨葡萄籽饼粕超微粉中主要营养物质的分析[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(1): 117 - 121, 128.
- [18] 李桂珍, 谷瑶, 杨漓, 等. 不同油茶品种果壳及饼粕中活性成分的测定[J]. 广西林业科学, 2019, 48(3): 348 - 352.