

奇亚籽饼的营养成分分析及物性研究

高亚灵¹, 文宁¹, 陶宁萍^{1,2}

(1. 上海海洋大学 食品学院, 上海 201306; 2. 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306)

摘要:为提高奇亚籽饼的利用率,对奇亚籽饼的营养成分进行分析评价,并对其物性进行研究。结果表明:奇亚籽饼中含有 (32.70 ± 0.10) g/100 g的粗蛋白质, (44.74 ± 0.53) g/100 g的膳食纤维,残存脂肪 (7.15 ± 0.26) g/100 g;压榨过程中部分不饱和脂肪酸氧化分解为饱和脂肪酸;氢氧化钾蛋白质溶解度为90%,符合大豆粕国家标准要求;奇亚籽饼的多酚含量为4.67 mg/g,高于奇亚籽中的多酚含量(3.63 mg/g);经测定奇亚籽饼的膨胀力、持水力、结合水力、吸脂力,得出其综合物性值为11.60,优于常见的大豆纤维和玉米纤维,具有较好的减肥调脂、降血糖等功能特性。

关键词:奇亚籽饼;多酚;氢氧化钾蛋白质溶解度;物性

中图分类号:TS229;TS201.2 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2018)08-0052-05

Nutritional components and physical properties of Chia (*Salvia hispanica*) seed cake

GAO Yaling¹, WEN Ning¹, TAO Ningping^{1,2}

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Shanghai Engineering Research Center of Aquatic - Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China)

Abstract: For improving the utilization efficiency of Chia (*Salvia hispanica*) seed cake, the nutritional components of Chia (*Salvia hispanica*) seed cake were analyzed and evaluated, and its physical properties were studied. The results showed that the Chia (*Salvia hispanica*) seed cake contained (32.70 ± 0.10) g/100 g crude protein, (44.74 ± 0.53) g/100 g dietary fiber and (7.15 ± 0.26) g/100 g residual fat. Partial unsaturated fatty acids were oxidized and decomposed into saturated fatty acids during pressing. The solubility of potassium hydroxide protein of Chia (*Salvia hispanica*) seed cake was 90%, which met the requirements of the national standard of soybean meal, and the content of polyphenol was 4.67 mg/g, higher than 3.63 mg/g of Chia (*Salvia hispanica*) seed. By determining swelling capacity, water holding capacity, water binding capacity and oil absorbency of Chia (*Salvia hispanica*) seed cake, the comprehensive physical property value was 11.60, superior to common soybean fiber and corn fiber, so Chia (*Salvia hispanica*) seed cake had better function for reducing weight, regulating lipid and reducing blood sugar.

Key words: Chia (*Salvia hispanica*) seed cake; polyphenol; solubility of potassium hydroxide protein; physical property

芡欧鼠尾草为一年生草本植物,现广泛分布于

南美、澳大利亚等地区,亚洲没有此物种,奇亚籽(*Salvia hispanica*)是芡欧鼠尾草的种子,我国奇亚籽的食用都依赖于进口^[1-2]。2014年5月30日相关部门批准奇亚籽为新食品原料^[3],奇亚籽在我国市场有着巨大的发展空间和很高的研究价值^[4]。

奇亚籽营养价值丰富,富含脂肪、优质蛋白质、膳食纤维以及多种矿物质等。奇亚籽含粗脂肪

收稿日期:2017-11-10;修回日期:2018-04-18

基金项目:国家重点研发计划专项(2016YFD0400202-8);上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心(11DZ2280300)

作者简介:高亚灵(1990),女,硕士研究生,研究方向为食品营养与品质(E-mail)735651696@qq.com。

通信作者:陶宁萍,教授,博士(E-mail)nptao@shou.edu.cn。

34.20%,多不饱和脂肪酸含量占总脂肪酸的85.02%,其中 α -亚麻酸含量占62.48%^[5]。此外,奇亚籽还富含维生素E、类胡萝卜素、多酚类化合物等抗氧化活性物质,具有很高的生理活性和应用价值^[4]。

奇亚籽经螺旋压榨后得到的奇亚籽饼中蛋白质、膳食纤维含量丰富,具有很高的开发利用价值。目前在海外奇亚籽饼主要用途是添加到动物饲料中,提高肉、蛋、奶中的 $n-3$ 脂肪酸含量,并显著改善产品感官品质。在国内,关于奇亚籽饼的研究和应用少见报道。本文对奇亚籽饼的营养价值和物性特征进行研究,分析评价蛋白质、脂肪酸、多酚类活性物质在压榨过程中的变化。通过测定奇亚籽饼的膨胀力、持水力、结合水力、吸脂力综合评价奇亚籽饼的减肥调脂、降血糖等功能作用,以期对奇亚籽饼的深加工和综合开发利用提供依据,延长奇亚籽制品的产业链。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

奇亚籽,由上海中福集团有限公司从澳洲进口;甲醇、二氯甲烷、无水乙醇、氢氧化钾、氢氧化钠、碳酸钠、没食子酸、福林酚试剂,均为分析纯;正己烷,色谱级;AU28-W 37种脂肪酸甲酯混合标准溶液(质量浓度10 mg/mL),美国Supelco公司;所用水为去离子水。

1.1.2 仪器与设备

WMTL-ZYJ-H榨油机(中山市唯美天丽电器有限公司),Knifetec粉碎机(FOSS公司),Kjeltec 8400全自动定氮仪(FOSS公司),Soxtec 2050全自动索氏抽提系统(FOSS公司),Fiber E全自动膳食纤维测定仪(FOSS公司),DHG-9140A型电热鼓风干燥箱,SXL-1002型马弗炉,Thermo TRACE GC ULTRA气相色谱仪配FID检测器(安捷伦科技(上海)有限公司),SENCO GG17型旋转蒸发仪,高效10点加热磁力搅拌器RT10,UV2300紫外分光光度计(麦仪科学仪器上海有限公司),TG16-WS台式高速离心机。

1.2 试验方法

1.2.1 样品的制备

取适量奇亚籽经螺旋压榨后得到奇亚籽饼,将奇亚籽饼置于干燥器中冷却至室温,用旋风粉碎机粉碎后过筛得到奇亚籽饼粉末,收集样品粉末密封,于干燥器内贮藏备用。

1.2.2 奇亚籽饼基本成分及指标测定

水分含量:参照GB/T 5009.3—2016;灰分含量:参照GB/T 5009.4—2016,马弗炉550℃灼烧法测定;粗蛋白质含量:参照GB/T 5009.5—2016;粗脂肪含量:参照GB/T 5009.6—2003,索氏提取法测定;膳食纤维含量:参照GB/T 5009.88—2014,酶-重量法(MES-TRIS缓冲液)。

脂肪酸组成:脂肪酸甲酯化方法,参照GB/T 5009.168—2016中的三氟化硼法。气相色谱条件为Agilent SP-2560色谱柱(100 m×0.25 mm×0.2 μm),柱初始温度70℃,以50℃/min升温至140℃,保持1 min,4℃/min升温至180℃,保持1 min,3℃/min升温至225℃,保持30 min;汽化室温度25℃;载气为N₂;柱流速1 mL/min;分流比45:1;进样量1 μL,脂肪酸含量采用峰面积归一化法确定。

氢氧化钾蛋白质溶解度:参照GB/T 19541—2004。

1.2.3 奇亚籽饼多酚含量的测定

多酚含量的测定参照文献[6]中的福林酚法,并适当修改。

1.2.3.1 标准曲线的绘制

准确称取0.05 g没食子酸,用蒸馏水定容至500 mL,配制成0.1 mg/mL的没食子酸母液;精确吸取0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL母液,分别置于20 mL比色管中,每个质量浓度梯度3个平行,加蒸馏水补足到1 mL后,再加1.5 mL FC(福林酚试剂),加3 mL 75 g/L的碳酸钠溶液,用蒸馏水定容至10 mL,室温静置反应2 h。以蒸馏水调零,测定上述样品在波长760 nm下的吸光度。以标准品质量浓度(x)为横坐标,吸光度(y)为纵坐标绘制标准曲线,线性回归方程为: $y = 11.763x + 0.0255$, $R^2 = 0.9974$,线性关系良好。

1.2.3.2 多酚含量的测定

分别称取奇亚籽饼粉末各1 g于3个锥形瓶中,料液比1:20,以65%乙醇分3次提取,2 h后过滤取滤液。旋转蒸发到一定体积后定容至50 mL,取1 mL待测液,加1.5 mL FC试剂,加3 mL 75 g/L的碳酸钠溶液,用蒸馏水定容至10 mL,静置反应2 h。以去离子水为参比溶液,在760 nm处测定吸光度。

1.2.4 奇亚籽饼物性测定

1.2.4.1 奇亚籽饼膨胀力测定

准确称取0.10 g奇亚籽饼粉末,置于50 mL干燥量筒中,轻轻振荡使其均匀平铺,记录干燥时样品

的体积,加入 10 mL 蒸馏水,振荡混合均匀后在 25 ℃ 条件下密封放置,24 h 后记录物料溶胀后总的体积^[7]。计算膨胀力,最终结果为 3 次测定结果的平均值。

膨胀力 = (溶胀后的总体积 - 干燥样品体积) / 样品的干重

1.2.4.2 奇亚籽饼持水力测定

准确称取 2.00 g 奇亚籽饼粉末置于 100 mL 洁净烧杯中,加入 20 ℃ 的蒸馏水 40 mL,密封 25 ℃ 条件下浸泡 1 h 后,用定量滤纸沥干样品的水分,迅速转移至干燥洁净的平皿中称其湿重^[7]。计算奇亚籽饼的持水力,最终结果为 3 次测定结果的平均值。

持水力 = (样品的湿重 - 样品的干重) / 样品的干重

1.2.4.3 奇亚籽饼结合水力测定

准确称取 1.00 g 奇亚籽饼粉末置于干燥洁净的平皿中,加入蒸馏水 20 mL 于 25 ℃ 条件下密封保存 1 h 后转移至滤纸上沥干水分,湿样转移至 10 mL 的离心管中,4 000 r/min 的条件下离心 5 min 后,除去上层水分,剩余的湿样称重^[7]。计算奇亚籽饼的结合水力,最终结果为 3 次测定结果的平均值。

结合水力 = (离心后样品的湿重 - 样品的干重) / 样品的干重

表 1 奇亚籽饼营养成分含量(湿重)

样品	粗脂肪	粗蛋白质	膳食纤维	碳水化合物	水分	灰分
奇亚籽	34.20 ± 1.31	23.31 ± 0.18	27.71 ± 0.09	5.58 ± 1.30	4.79 ± 0.06	4.41 ± 0.02
奇亚籽饼	7.15 ± 0.26	32.70 ± 0.10	44.74 ± 0.53	5.65 ± 0.53	2.74 ± 0.06	7.02 ± 0.07

注:碳水化合物含量 = 总量 - 蛋白质含量 - 脂肪含量 - 水分含量 - 灰分 - 膳食纤维含量。

由表 1 可以看出,奇亚籽饼中含量最多的是膳食纤维和粗蛋白质,以及部分残余的脂肪。奇亚籽饼中膳食纤维含量为 44.74%,膳食纤维被称为第七大营养素,能螯合消化道中的胆固醇、重金属等有害杂质,减少致癌物的产生,促进肠蠕动,预防结肠癌和便秘,同时在预防和改善冠状动脉硬化造成的心脏病,调节糖尿病的血糖水平,以及预防肥胖病和胆结石等方面,具有独特的保健作用^[8]。奇亚籽饼中富含膳食纤维,可作为加工减肥、降糖、调脂食品的原料。

蛋白质是各种生物体内构成多种重要活性物质的重要成分,奇亚籽饼中粗蛋白质含量较高,为 32.7%。奇亚籽蛋白中必需氨基酸与总氨基酸的比例优于常见的花生蛋白、亚麻籽蛋白和核桃蛋白,与大豆蛋白类似^[9]。奇亚籽蛋白中氨基酸组成接近于 FAO/WHO 推荐的理想模式^[5],具有较高的食用价值,是优质的植物蛋白来源。奇亚籽饼可作为加工高蛋白健康食品的原料,具有较高的经济价值。

重) / 样品的干重

1.2.4.4 奇亚籽饼吸脂力测定

准确称取 1.00 g 奇亚籽饼粉末于离心管中,加入植物油 9.00 g,振荡使其混合均匀,37 ℃ 条件下密封静置 1 h,4 000 r/min 离心 10 min 去掉上层液态油脂,并用定量滤纸吸干试样中游离的油脂,得到吸脂后的样品,称量并记录其质量^[7]。计算奇亚籽饼的吸脂力,最终结果为 3 次测定结果的平均值。

吸脂力 = (吸脂后样品质量 - 吸脂前样品质量) / 吸脂前样品质量

1.2.4.5 奇亚籽饼综合物性判定方法

参考文献[7]中的加权系数分析方法计算其综合物性指标。最终结果的数值越大说明其减肥调脂功能较理想,品质较好。

1.2.5 统计分析

采用 SPSS 23 软件对试验数据进行 ANOVA 显著性差异分析。

2 结果与讨论

2.1 奇亚籽饼的营养成分

对奇亚籽饼的营养成分进行测定,并与奇亚籽^[5]的营养成分比较,结果见表 1。

奇亚籽饼中有 7.15% 的粗脂肪,植物油料经压榨工艺并不能把油脂全部榨出,残留在油料饼中的脂肪仍有很高的研究和利用价值,可以直接以奇亚籽饼为原料加工生产食品,以提高食品的 $n-3$ 脂肪酸含量,改善产品的感官品质。

2.2 奇亚籽饼脂肪中脂肪酸组成及含量

对奇亚籽饼脂肪中脂肪酸组成及含量进行了测定,并与奇亚籽做对比,结果见表 2。

由表 2 可以看出,奇亚籽饼脂肪中含量最多的为不饱和脂肪酸,占总脂肪酸的 86.72%,多不饱和脂肪酸含量占总脂肪酸的 80.94%。其中 $n-3$ 系列不饱和脂肪酸含量占总脂肪酸的 59.79%。FAO/WHO 建议饮食中 $n-3/n-6$ 值在 0.1 ~ 0.2 左右,比例越高对人体越有利。奇亚籽饼脂肪的 $n-3/n-6$ 值较高,为 2.83,高于奇亚籽油的 2.62。

由表 2 还可以看出,奇亚籽饼与奇亚籽对比单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸之间的差异性水平均显著($P < 0.05$)。虽然奇亚籽饼脂肪中饱和脂肪酸含

量略有增加,不饱和脂肪酸含量减少,但在脂肪酸组成及含量方面,与其他油脂比较仍有很大的优势。

表2 奇亚籽饼脂肪中脂肪酸组成及含量(湿重)

g/100 g			g/100 g		
脂肪酸	奇亚籽	奇亚籽饼	脂肪酸	奇亚籽	奇亚籽饼
C14:0	0.01 ± 0.03	-	C20:1	0.06 ± 0.03	-
C16:0	2.34 ± 0.11 ^a	2.49 ± 0.10 ^a	C18:2n6c	8.44 ± 0.11 ^a	6.91 ± 0.10 ^b
C18:0	1.10 ± 0.07 ^b	1.78 ± 0.06 ^a	C18:3n6	0.09 ± 0.01 ^a	0.04 ± 0.03 ^a
C20:0	0.01 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.11 ^a	C18:3n3	22.33 ± 0.07 ^a	19.64 ± 0.01 ^b
C22:0	0.02 ± 0.03 ^a	0.01 ± 0.03 ^a	∑SFA	3.50 ± 0.14 ^a	4.36 ± 0.14 ^a
C24:0	0.02 ± 0.03 ^a	0.02 ± 0.11 ^a	∑MUFA	2.40 ± 0.51 ^a	1.90 ± 0.10 ^b
C14:1	0.01 ± 0.01	-	∑PUFA	30.86 ± 0.13 ^a	26.59 ± 0.14 ^b
C16:1	0.03 ± 0.13	-	总计	36.76 ± 1.21 ^a	32.85 ± 1.34 ^b
C18:1n9c	2.30 ± 0.11 ^a	1.90 ± 0.10 ^b			

注:“-”表示含量低于0.01 g/100 g;同行右上角字母不同代表差异显著($P < 0.05$)。

2.3 奇亚籽饼的氢氧化钾蛋白质溶解度

氢氧化钾蛋白质溶解度是反映油料饼粕受热程度的一个重要指标^[10]。饼粕的受热程度不同,其氢氧化钾蛋白质溶解度也不同;当加热不足时,饼粕的氢氧化钾蛋白质溶解度较高,此时抗营养因子没有完全失活,使用时会影响消化;当氢氧化钾蛋白质溶解度较低时表明受热过度,此时部分氨基酸、蛋白质已经变性,利用率降低。

奇亚籽蛋白中含量最高的是球蛋白,为52%^[11],原始的球蛋白外部具有大量的亲水性基团,与水结合,在蛋白质分子外部形成一层水膜,使蛋白质分子之间分离开来,增强了溶解蛋白质的稳定性,阻止其蛋白成分在溶液中沉淀析出,使奇亚籽蛋白表现出良好的溶解性。如果在压榨过程中加热过度,则会使这些亲水性球蛋白变性分解,内、外部结构被破坏,大量疏水基团暴露,蛋白成分沉淀析出,使奇亚籽饼的氢氧化钾蛋白质溶解度降低。

经测定,奇亚籽饼的氢氧化钾蛋白质溶解度为90%,符合大豆粕(GB/T 19541—2004)的技术要求(氢氧化钾蛋白质溶解度 $\geq 70.0\%$),说明奇亚籽饼在压榨过程中,加热适宜,压榨过程对蛋白质的影响较小,在使用过程中不会影响其消化率。

2.4 奇亚籽饼中的多酚含量

经测定,奇亚籽饼中多酚含量为4.67 mg/g,高

于奇亚籽(3.63 mg/g)以及常见的苹果果肉^[12]中的多酚含量(1.95 mg/g),低于蓝莓^[13](11.05 mg/g)和绿茶^[14](66.03 mg/g)的多酚含量。对于奇亚籽饼中多酚含量高于奇亚籽的这一现象,在苹果的热处理过程中也有类似情况发生。可能原因是多酚苯环上有比较活泼的 H^+ ,在较高温度的作用下,多酚可能通过疏水键和多点氢键与蛋白质和糖类发生缩合反应,形成难溶的化合物,相对分子质量增大,导致单位摩尔吸收系数或者单位百分吸收系数变大。根据朗伯-比尔定律,吸光度增大,多酚含量增加,因而表现出增加的趋势^[15]。

国内外研究表明多酚类化合物具有抑制人体低密度脂蛋白的氧化、抗辐射、提高免疫力、预防白内障、预防慢性病、调节血糖浓度、调节抗氧化酶系的表达作用^[16-17]。有关研究表明^[18],每天摄入500 mg的多酚类物质,可使II型糖尿病患者发生心血管疾病的风险下降5%,即每天食用100 g奇亚籽饼制成的食品即可达到效果。以奇亚籽饼为原料加工生产糖尿病患者用食品,可以有效降低糖尿病患者心血管疾病的患病风险。

2.5 奇亚籽饼的物性

对奇亚籽饼的膨胀力、持水力、结合水力、吸脂力进行测定,与亚麻籽纤维^[19]、大豆纤维^[20]、玉米纤维^[7]比较结果见表3。

表3 不同原料的物性值

原料	膨胀力/(mL/g)	持水力/%	结合水力/(g/g)	吸脂力/(g/g)	综合物性值
奇亚籽饼	36.80 ± 0.89	579.50 ± 2.7	28.70 ± 0.4	0.77 ± 0.07	11.60 ± 0.06
亚麻籽纤维	5.32	473	5.4	2.47	3.55
大豆纤维	5.1	500	6.7	4.2	4.63
玉米纤维	1.6	450	4.2	0.8	2.90

由表3可以看出,奇亚籽饼的膨胀力、持水力、结合水力均明显高于亚麻籽纤维、大豆纤维、玉米纤

维,表明奇亚籽饼的水合能力较强。奇亚籽饼的吸脂力低于亚麻籽纤维和大豆纤维,与玉米纤维接近。

奇亚籽饼的综合物性值为 11.60, 明显优于亚麻籽纤维的 3.55、大豆纤维的 4.63、玉米纤维的 2.90。表明奇亚籽饼的减肥调脂功能较常见的膳食纤维更强, 性能更优。

综合分析, 奇亚籽饼的物性较优, 有很大的发展空间及很高的经济价值。以奇亚籽饼为原料, 开发减肥调脂的相关健康产品, 可以调节糖尿病患者的血糖浓度、降低胆固醇含量以及帮助肥胖患者减肥。

3 结论

对奇亚籽饼的营养成分进行分析评价, 结果表明: 奇亚籽饼中含有 (32.70 ± 0.10) g/100 g 的粗蛋白质, (44.74 ± 0.53) g/100 g 的膳食纤维, 残存脂肪 (7.15 ± 0.26) g/100 g, 是一种高膳食纤维高蛋白的食品原料; 压榨过程中部分不饱和脂肪酸氧化分解为饱和脂肪酸, 奇亚籽饼脂肪中脂肪酸组品质较优; 奇亚籽饼的氢氧化钾蛋白质溶解度为 90%, 符合大豆粕国标中的要求; 奇亚籽饼多酚含量为 4.67 mg/g, 高于奇亚籽的多酚含量, 以及常见的苹果果肉中的多酚含量, 低于蓝莓和绿茶的多酚含量。

奇亚籽饼的综合物性值为 11.60, 优于常见的亚麻籽纤维、大豆纤维和玉米纤维, 具有较好的减肥调脂、降血糖等功能特性。

综合分析, 奇亚籽饼是一种高纤维、高蛋白、物性值较优的原料, 可以考虑用于食品、医药、化妆品等领域, 以提高奇亚籽饼的经济价值。

参考文献:

- [1] CAHILL J P. Ethnobotany of Chia (*Salvia hispanica* L.) (Lamiaceae) [J]. *Economic Botany*, 2003, 57(4): 604-618.
- [2] AYERZA R, COATES W. Chia: rediscovering a forgotten crop of the Aztecs [M]. USA, Tucson: University of Arizona Press, 2005.
- [3] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 关于批准塔格糖等 6 种新食品原料的公告 (2014 年第 10 号) [EB/OL]. (2016-06-17) [2017-10-09]. <http://www.nhfpc.gov.cn/sps/s7890/201406/8268613682e44b1cb2098e0b9c9143d7.shtml>.
- [4] MUÑOZ L A, COBOS A, DIAZ O, et al. Chia seed (*Salvia hispanica*): an ancient grain and a new functional food [J]. *Food Rev Int*, 2013, 29(4): 394-408.
- [5] 荣旭, 陶宁萍, 李玉琪, 等. 奇亚籽营养成分分析与评价 [J]. *中国油脂*, 2015, 40(9): 89-93.
- [6] SUMAIRA N, MUHAMMAD A, ASIF M. Optimization of extraction conditions for the extraction of phenolic compounds from *Moringa oleifera* leaves [J]. *Pakistan J Pharmaceut Sci*, 2012, 25(3): 535-541.
- [7] 张艳荣, 卜佳莹, 杨小盈, 等. 玉米膳食纤维挤出功能化及粒度对其物性的影响研究 [J]. *食品科学*, 2009, 30(10): 127-130.
- [8] 王林山, 王松江, 杨玉娟. 玉米膳食纤维酸奶的研制 [J]. *粮食与食品工业*, 2006, 13(5): 32-35.
- [9] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌, 等. 中国食物成分表 [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2002.
- [10] 邱代飞, 黄家明. 温度变化对氢氧化钾蛋白质溶解度测定结果的影响 [J]. *广东饲料*, 2013, 22(6): 31-32.
- [11] AYERZA R, COATES W. Influence of environment on growing period and yield, protein, oil and α -linolenic content of three Chia (*Salvia hispanica* L.) selections [J]. *Indust Crops Prod*, 2009, 30(2): 321-324.
- [12] 王岩, 裴世春, 王存堂, 等. 苹果果皮、果肉多酚含量测定及抗氧化能力研究 [J]. *食品研究与开发*, 2015, 15(36): 24-27.
- [13] 韩彩静, 王文亮, 陈相艳, 等. 响应面法优化超声波提取蓝莓多酚工艺 [J]. *南方农业学报*, 2014, 45(2): 285-290.
- [14] 侯冬岩, 回瑞华, 李铁纯, 等. 高效液相色谱法对绿茶中茶多酚含量的测定 [J]. *食品科学*, 2010, 31(24): 305-307.
- [15] 王林枫, 杨改青, 张世君, 等. 不同处理方式对苹果渣中苹果多酚含量的影响 [J]. *饲料工业*, 2008, 21(29): 48-50.
- [16] XU C M, ZHANG Y L, CAO L, et al. Phenolic compounds and antioxidant properties of different grape cultivars grown in China [J]. *Food Chem*, 2010, 119(4): 1557-1565.
- [17] AMIT K D, DEEPTI B, VINEET K, et al. Antioxidant potential and radioprotective effect of soy isoflavone against gamma irradiation induced oxidative stress [J]. *J Funct Foods*, 2012, 4(1): 197-206.
- [18] 陈伟, 姬秋和. 《中国糖尿病医学营养治疗指南》的更新与发展 [J]. *中华糖尿病杂志*, 2015, 7(2): 65-67.
- [19] 李可. 亚麻籽粕膳食纤维的提取工艺研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013.
- [20] 潘利华, 徐学玲, 罗建平. 超声辅助提取水不溶性大豆膳食纤维及其物理特性 [J]. *农业工程学报*, 2011, 27(9): 387-391.