DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2019.07.033

核桃粕中环烯醚萜苷提取分离与抗疲劳活性研究

Extraction, identification and anti-fatigue activity of iridoid glycosides from walnut meal

金 蒙 徐德平 詹 积 陈 晨

JIN Meng XU De-ping ZHAN Ji CHEN Chen

(江南大学食品学院,江苏 无锡 214122)

(*Food Faculty of Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu* 214122, *China*)

摘要:核桃粕经乙醇提取,乙酸乙酯、正丁醇分别萃取,不同溶剂萃取物通过小鼠跑台试验和负重游泳试验确定抗疲劳作用,并对有明确抗疲劳效果的萃取物进行 MCI 分离柱、ODS 反相柱层析分离,得到的单体化合物采用核磁共振法鉴定其结构。结果表明:核桃粕醇提物正丁醇萃取物抗疲劳作用效果最为明显,该部分上 ODS 柱经 5% 乙醇洗脱分离得化合物Ⅱ,鉴定得该化合物为 4-羧基-7-羟基-8-乙酸乙酯基-3,6-环戊烯环烯醚萜苷,且能显著提高小鼠运动抗疲劳能力。

关键词:核桃粕;环烯醚萜苷;抗疲劳;分离;结构鉴定

Abstract: The extraction and identification and anti-fatigue activity of iridoid glycosides in walnut meal were studied. The walnut was extracted by ethanol reflux, extracted with ethyl acetate and n-butanol. Different solvent extracts were used to determine the anti-fatigue effect by mouse running test and weight-bearing swimming test. The extract with clear anti-fatigue effect was further separated by MCI and ODS reverse-phase column chromatography, and the obtained monomer compound was identified by NMR. The results showed that the extract of n-butanol from the walnut meal extract had the most obvious effect on the anti-fatigue effect of the mice. The part of the ODS column was eluted with 5% ethanol to obtain the compound II. The compound was identified as the iridoid glycoside. And can significantly improve the anti-fatigue ability of mice.

Keywords: walnut meal; iridoid glycoside; anti-fatigue; separation; structure identification

基金项目:江苏高校品牌专业建设工程资助项目(编号:PPZY2015A052);云南省重大科技专项计划项目(编号:2018ZG003)

作者简介:金蒙,女,江南大学在读本科生。

通信作者:徐德平(1965—),男,江南大学副教授,博士。E-mail:xdp1219@sina.com

收稿日期:2019-03-05

核桃(*Juglans regia L*)又名胡桃、羌桃、合桃等,系胡桃科植物胡桃的干燥果实[1],含蛋白质、碳水化合物、脂肪等多种成分[2-3]。现代医学研究[4-8]表明,核桃具有健脑益智、降血脂、抗氧化、降血糖、补肾固精、抗疲劳等多种功效。

核桃粕是核桃榨油后的饼粕,富含蛋白质、维生素等营养物质,大多用作饲料,仅少量用于生产核桃蛋白粉等初级产品,造成资源浪费[9]。樊永波等[10]研究表明,影响大鼠学习、记忆和抗氧化功能的主要成分存在于核桃粕中。乌兰等[11]发现核桃粕中的核桃肽可提高乳酸脱氢酶活性,降低血乳酸和血清尿素氮含量,提高肌糖原储备量,显著延长负重游泳时间,具备一定的缓解疲劳的作用。可见对核桃粕功能成分及作用机制的研究十分必要。而目前,中国对核桃的研究主要集中在对核桃油脂的营养价值以及对核桃蛋白的提取工艺方面,对核桃粕功能的研究报道较少,且均为对核桃粕粗提取物的功能研究,有关核桃粕中的功能成分,特别是抗疲劳活性成分目前尚未明确。

本试验对核桃冷榨粕进行提取分离,拟对核桃提取物的不同萃取物进行抗疲劳作用研究,以确定核桃粕中对补肾固精、抗疲劳的有效成分,以期为核桃粕研究和利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

核桃冷榨粕:云南林科院;

无水乙醇、甲醇、乙酸乙酯、正丁醇:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

ICR 小白鼠:雄性,上海斯莱克实验动物有限公司。

1.1.2 仪器与设备

不锈钢五谷杂粮磨粉机:CLF-250 型,浙江省温岭市

创立药材器械厂;

双层玻璃提取罐:RAT-100 型,无锡申科仪器有限公司;

旋转蒸发器:R1005 型,上海申顺生物科技有限公司;

循环水式多用真空泵:SHZ-95 型,上海丞明仪器设备有限公司;

恒流泵:SYB106-100 型,天津市科器高新技术公司;

电脑全自动部份收集器:DBS-100 型,上海沪西分析仪器厂有限公司;

超声波清洗器:KQ-250B 型,昆山市超声仪器有限公司;

动物实验跑台:BW-TDW709 型,上海软隆科技发展有限公司;

核磁共振仪:Avance 500 MHz,德国 Bruker 公司;

高压液相仪:Waters Alliance 1525 分离单元,美国 Waters 公司。

1.2　方法

1.2.1　核桃粕提取物与粗分离　称取核桃粕 10 kg,粉碎后过 30 目筛,置于 100 L 提取罐中,按 1∶10(g/mL)料液比加入体积分数为 75% 乙醇,60 ℃条件下搅拌提取 5 h,过滤取滤液,滤渣重复提取两次,合并滤液,减压浓缩至2 L,即为核桃粕乙醇提取物 A,保存备用。向核桃粕醇提后的滤渣中加入 100 L 去离子水,并于 60 ℃条件下搅拌提取 5 h,过滤,取上清液减压浓缩至合适体积,即为核桃粕水提物,-18 ℃下保存备用。

取适量核桃粕乙醇提取物于 1 000 mL 分液漏斗中,按 1∶1 体积比加入乙酸乙酯,震荡混匀静置,反复萃取 3 次,取乙酸乙酯相浓缩至浸膏状,即得乙酸乙酯萃取物 B,在乙酸乙酯萃取残余物中再按 1∶1 体积比加入正丁醇,震荡混匀静置,萃取 3 次,取正丁醇相减压浓缩至浸膏状,即得正丁醇萃取物 C,低温保存备用。取适量核桃粕水提物,加入适量无水乙醇至酒精浓度达到 70% 以上,并且不断搅拌使得浓缩液充分醇沉,静置过夜,过滤,滤液相经减压浓缩至浸膏,得水提醇溶物 D,低温保存备用。

1.2.2　核桃粕不同组分的抗疲劳作用　取 3 周龄 SPF 级雄性 ICR 小白鼠 50 只,体重(16.0±2.0) g。适应性喂养 1 周后,随机分为空白组与 A、B、C、D 试验组,每组 10 只。用水溶解各提取物,并对试验组每日给以剂量 1.0 g/kg 灌胃,小鼠的灌胃体积为 0.1 mL/10 g,空白组给等量正常饮用水,连续给药 30 d。

(1) 小鼠跑台试验:给药前 1 周,在喂食 30 min 后对小鼠进行 15 min 跑步机适应性训练;连续给药,第 30 天给药后 30 min,对小鼠进行体能测试。小鼠训练和测试方法如表1,通过逐渐加大速度和坡度的测试方案,最后以 20 m/min 速度使小鼠奔跑直至力竭。若小鼠落入电击区,数次电击后仍无法继续活动即判定力竭,记录跑步时间。测试过程中,小鼠若因受电击离开刺激源,在跑带上继续活动,此时通道计时累加。用时到达 2 h 后,试验结束。

表 1　试验动物训练及测试方案†

Table 1　Training and measurement plan of laboratory animals

时间/min	速度/(m·min^{-1})	坡度/(°)
2	4	0
4	8	0
6	12	5
8	16	5
10	20	10

†　10 min 之后保持 20 m/min 速度和 10°坡度至结束。

(2) 小鼠负重游泳试验:根据文献[12－13]修改如下:跑台试验测试结束 24 h 后,再次给药,30 min 后对小鼠进行负重游泳试验。将小鼠放入水深 35 cm,水温(25±1) ℃的水箱(50 cm×50 cm×50 cm),鼠尾负 5% 体重的铅皮,记录小鼠放入水箱至水浸没头部后持续 8 s 不能浮出水面的时间,即力竭时间。

1.2.3　核桃粕抗疲劳作用组分的分析　利用 HPLC 对具有抗疲劳作用的萃取物中化学组成进行分析。色谱条件:色谱柱 XBridge^{TM} C_{18} 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm);流动相乙腈—水溶液(40∶60);流速 1 mL/min;进样量 20 μL。紫外检测器条件 203 nm。

1.2.4　抗疲劳活性组分的分离　将具有抗疲劳活性组分的正丁醇萃取物 C 取出解冻,过滤,上样到 MCI 柱(5 cm×100 cm),依次用去离子水、体积分数为 5%,10%,50% 的乙醇进行梯度洗脱,流速 10 mL/min,用 TLC 薄层法跟踪检测洗脱液中的成分,并根据 R_f 值和显色反应的结果,分析合并相同组分,得到水洗脱物 L、5% 乙醇洗脱物 M 和 10% 乙醇洗脱物 N。

1.2.5　抗疲劳活性化合物的化学鉴定　将得到的抗疲劳活性化合物以氘代二甲基亚砜(DMSO-d_6)为溶剂,四甲基硅烷(TMS)为内标物,进行^{1}H NMR、^{13}C NMR 等测定。

1.2.6　单体化合物的抗疲劳作用　取 3 周龄 SPF 级雄性 ICR 小白鼠 20 只,体重(16.0±2.0) g。适应性喂养 1 周后,随机分为空白组与试验组,每组 10 只。试验组给单体化合物Ⅱ以每日剂量 0.5 g/kg 灌胃,小鼠的灌胃体积为0.1 mL/10 g 只,空白组给等量正常饮用水,连续给药 21 d 后,记录小鼠体重变化,并进行小鼠跑台试验和负重游泳试验,方法同 1.2.2。

1.2.7　统计学方法　采用 SPSS 20 软件对所有数据进行

处理，数据用（$\bar{x} \pm s$）表示，采用单因素方差分析，$P<0.05$ 有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 核桃粕不同组分的抗疲劳作用

由表 2 可知，各试验组中，核桃粕正丁醇萃取物组 C 小鼠体重变化最大，跑台测试力竭时间和负重游泳力竭时间均为最佳，抗疲劳效果最显著，且与对照小鼠存在显著性差异（$P<0.01$）。而 A、B、D 组小鼠的体重变化、跑台测试力竭时间和负重游泳力竭时间与空白组相比均无明显改善，说明不含抗疲劳活性成分。由此推断核桃粕醇提物有抗疲劳作用，且有效成分分布于核桃粕醇提物正丁醇萃取物中，故对正丁醇萃取物进一步分离。

表 2 不同萃取物对小鼠体重、跑台测试和负重游泳的影响†

Table 2 Effects of different extracts on body weight, treadmill test and weight-bearing swimming of mice ($n=10$)

组别	体重变化/g	跑台测试力竭时间/s	负重游泳力竭时间/s
对照	12.16±14.06	73±22.38	35±1.89
A 组	16.41±13.14*	92±18.33*	52±2.95
B 组	13.37±12.33	80±22.42	44±2.56
C 组	18.46±11.37*	98±21.46*	59±2.35
D 组	12.77±11.57	79±16.78	41±2.66

† * 表示与对照组比较 $P<0.05$。

2.2 正丁醇萃取物组成成分

核桃粕抗疲劳有效成分存在于乙醇提取物正丁醇萃取物中，对该萃取物进行 HPLC 分析，图 1 为正丁醇萃取物的 HPLC 图谱，图中主要由 4 个峰，保留时间分别为 2.008，2.949，3.508，4.405 min，说明该部分主要由 4 种化合物组成。

2.3 抗疲劳作用单体化合物的分离及鉴定

2.3.1 化合物的分离　保留时间为2.008 min 的化合物由于含量较低，未能分离到单体。其他组分分离结果：

（1）水洗脱物 L：将 L 反复上 ODS-AQ 柱（3 cm×100 cm），用去离子水洗脱，流速 10 mL/min，洗脱液用试管收集，TLC 法跟踪检测洗脱液中的成分，并根据 R_f 值和显色反应的结果，分析合并相同组分，得到单体化合物Ⅰ，即为图 1 中保留值为 2.949 min 的化合物。

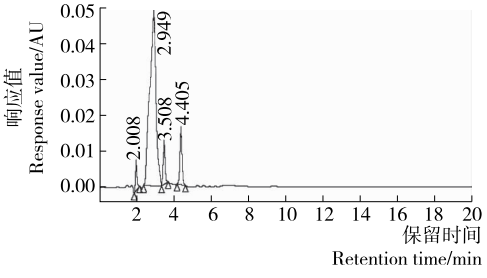


图 1 正丁醇萃取物液相色谱图

Figure 1 HPLC of *N*-butanol extract

（2）5% 乙醇洗脱物 M：将 M 反复上 ODS-AQ 柱（3 cm×100 cm），依次用体积分数 2%，5%，10%，15% 的乙醇溶剂洗脱，流速 10 mL/min，自动收集器每管 20 mL 收集洗脱液，用 TLC 法检测其中成分，并据 R_f 值和显色反应情况合并相同组分，直至得到单体化合物Ⅱ，即为图 1 中保留值为 3.508 min 的化合物。

（3）10% 乙醇洗脱物 N：将 N 反复上 ODS-A 柱（3 cm×100 cm），用体积分数 5%，10%，20%，50% 的乙醇溶剂洗脱，流速 8 mL/min，洗脱液用试管收集，TLC 法检测其成分，并根据结果将相同组分合并，直至得到单体化合物Ⅲ，即为图 1 中保留值为 4.405 min 的化合物。

2.3.2 结构鉴定　有抗疲劳活性组分的正丁醇萃取物经 ODS-AQ、ODS-A 柱层析分离得到 3 个化合物，经 TLC 法显色可见化合物Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的单一斑点，均为单一化合物，其化学结构分别为：

（1）化合物Ⅰ：无定形粉沫，易溶于水，微溶于乙醇、甲醇。

从 ^{1}H-NMR（500 MHz，D_2O）可见：δ 4.61（1H，d，$J=1.2$）应为糖上的端基 H-1 信号，δ 3.3～3.8 为糖上的其余 H 信号，δ 1.09 有 1 个三峰甲基信号，表明化合物为糖的衍生物；从 ^{13}C-NMR 可见：δ 103.5，76.7，74.0，72.1，70.5，61.8，61.3，15.3 共 8 个碳信号，经文献[14]对比，该化合物为 α-乙氧基半乳糖苷。

（2）化合物Ⅱ：无定形粉沫，易溶于水、乙醇、甲醇。其 ^{1}H-NMR（500 MHz，D_2O）和 ^{13}C-NMR 图谱见图 2，由图谱可见其无杂峰，为单一化合物。

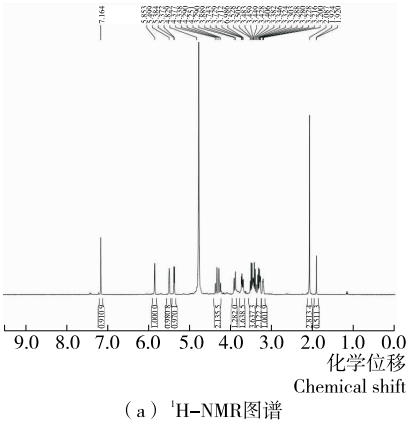
从图 2(a)可见：δ 7.2（1H，s）；δ 5.9（1H，s）；δ 5.5（1H，s）；δ 5.4（1H，d，$J=6.0$）；δ 4.3（2H，dd，$J=19.5$，43.5）；δ 3.9（1H，d，$J=15.5$）；δ 3.7（1H，dd，$J=7.0$，15.5）；δ 3.5（3H，m）；δ 3.3（2H，m）；δ 3.2（1H，t，$J=6.0$）。

从图 2(b)可见：化合物Ⅱ含有 δ 151.7，150.9，128.3，116.6 4 个碳信号，应为 2 个双键碳信号。δ 177.4，176.6 为羰基碳信号，δ 23.5 为甲基碳信号，故推测有 $CH_3C{=}O$—结构。结合 ^{135}DEPT 可见，δ 150.9，128.3，101.1，98.2，85.8，78.9～72.2，48.5，43.2 为 11 个—CH—信号，δ 63.3，62.0 为 2 个—CH_2—碳信号，δ 23.5 为 1 个—CH_3— 碳信号。C_1 98.2，C_3 151.7，C_4 116.6，C_5 43.21，C_6 128.3，C_7 150.9，C_8 85.9，C_9 48.6，C_{10} 63.4，—CH_3— 23.5，—C═O— 176.6，—COOH 177.4，该化合物还含有 1 个葡萄糖基 101.2，75.4，78.3，72.3，78.9，62.0。

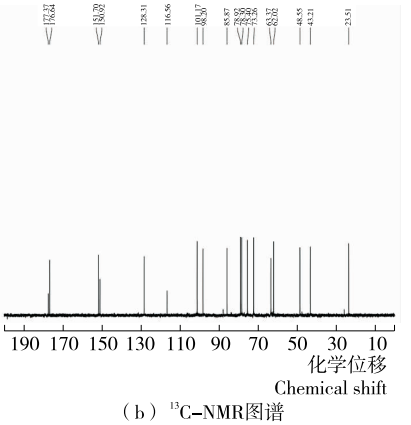
综合分析并与文献[15]对比，该化合物为环戊烯型环烯醚萜苷类化合物，结构为：4-羧基-7-羟基-8-乙酸乙酯

基-3,6-环戊烯环烯醚萜苷,为首次从核桃粕中分离出的物质,化学结构如图 3 所示。

(3) 化合物Ⅲ:白色无定形粉沫,易溶于水,可溶于乙醇、甲醇。从^{1}H-NMR(500 MHz,D_2O)可见:6.41(1H,d,J=8.0),6.31(1H,d,J=8.0),6.29(1H,d,J=8.0);从^{13}C-NMR 可见:δ 146.6,133.4,118.9,107.6 共 4 个碳信号,经文献[14]对比,该化合物为尿嘧啶。



(a) ^{1}H-NMR图谱



(b) ^{13}C-NMR图谱

图 2　化合物Ⅱ的^{1}H-NMR 和^{13}C-NMR 图谱

Figure 2　^{1}H-NMR and ^{13}C-NMR of Ⅱ

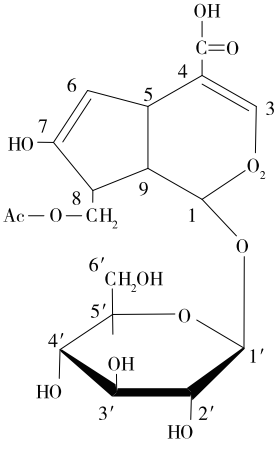


图 3　化合物Ⅱ的化学结构

Figure 3　The chemical structures of compounds Ⅱ

2.4　单体化合物的抗疲劳作用

化合物Ⅰ、Ⅲ未有文献报道其具抗疲劳活性,而化合物Ⅱ为环烯醚萜苷类化合物,此前多有研究[16]报道该化合物具有抗疲劳活性,因此对化合物Ⅱ单体进行抗疲劳评价,其作用如表 3 所示。

由表 3 可知,单体化合物Ⅱ组小鼠的体重显著增加($P<0.05$),跑台测试力竭时间和负重游泳力竭时间最长,分别为(111±30.44) s 和(56±4.87) s,明显高于对照组($P<0.01$),由此推断,单体化合物Ⅱ,即 4-羧基-7-羟基-8-乙酸乙酯基-3,6-环戊烯环烯醚萜苷,为核桃抗疲劳的活性成分之一。

表 3　化合物Ⅱ对小鼠体重、跑台测试和负重游泳的影响†

Table 3　Effect of compound II on body weight, treadmill test and weight-bearing swimming of mice (n=10)

组别	体重变化/g	跑台测试力竭时间/s	负重游泳力竭时间/s
对照组	11.22±12.19	78±28.28	29±3.67
化合物Ⅱ组	18.94±14.77*	111±30.44**	56±4.87**

†　与空白对照组比较,* 表示 $P<0.05$;** 表示 $P<0.01$。

3　结论

本研究通过小鼠跑台试验和负重游泳试验,发现正丁醇组小鼠的抗疲劳能力明显高于乙醇提取组、乙酸乙酯组和乙醇萃取组,说明核桃粕醇提物正丁醇萃取物含有具明显抗疲劳作用的成分。正丁醇萃取物经 MCI 柱和 ODS 柱分离得到的 3 个主要化合物,经鉴定分别为 α-乙氧基半乳糖苷、4-羧基-7-羟基-8-乙酸乙酯基-3,6-环戊烯环烯醚萜苷和尿嘧啶。

本文从核桃中分离到环烯醚萜苷类成分,并经动物试验表明该成分具有显著抗疲劳功效,与核桃补肾固精、抗疲劳作用有关。但核桃粕中是否还存在环烯醚萜苷类类似物或其他补肾固精、抗疲劳功效成分还仍需进一步研究明确。

参考文献

[1] 李剑赟,雷立,张炳全,等. 核桃、芝麻、花生去油脂饼粕研究现状[J]. 现代食品,2017(18):14-16.

[2] 黄黎慧,黄群,孙术国,等. 核桃的营养保健功能与开发利用[J]. 粮食科技与经济,2009,34(4):48-50.

[3] 李翔,王卫,刘达玉,等. 速溶核桃营养粉的制作工艺研究[J]. 农产品加工,2011(9):67-69.

[4] SUN Shu-jie, WANG Zhao-hua, SONG Kang, et al. Research advancement on nutritional value and functional activity of walnut[J]. Food and Nutrition in China, 2013, 19(5): 72-74.

(下转第 236 页)

of rice bran insoluble dietary fiber[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 52: 699-706.
[37] JORFI M, FOSTER E J. Recent advances in nanocellulose for biomedical applications[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2015, 14(132): 41 719.
[38] GOMEZ H C, SERPA A, VELÁSQUEZ-COCK J, et al. Vegetable nanocellulose in food science: A review[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 57: 178-186.
[39] LIU Ling-ling, KERR W L, KONG Fan-bin, et al. Influence of nano-fibrillated cellulose (NFC) on starch digestion and glucose absorption[J]. Carbohydrate Polymers, 2018, 196: 146-153.
[40] 李小红, 王栋, 周良春. 纳米纤维素制备及其在面包中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2018(6): 118-124.
[41] 胡建雪. 纳米纤维素纤维的制备及其在食品中的应用[D]. 无锡: 江南大学, 2015: 44-50.
[42] SRIVIDHYA V, SUJATHA K, PONMAGAL R S. Ethylene gas measurement for ripening of fruits using image processing[J]. Indian Journal of Science and Technology, 2016, 9(31): 112-116.
[43] PIRSA S, CHAVOSHIZADEH S. Design of an optical sensor for ethylene based on nanofiber bacterial cellulose film and its application for determination of banana storage time[J]. Polymers for Advanced Technologies, 2018, 29(5): 1 385-1 393.
[44] NING Rui-zhi, WU Chun-nan, TAKEUCHI M, et al. Preparation and characterization of zinc oxide/TEMPO-oxidized cellulose nanofibril composite films[J]. Cellulose, 2017, 24(11): 4 861-4 870.
[45] ZIVANOVIC S, DAVIS R H, GOLDEN D A. 8-Chitosan as an antimicrobial in food products[M]//TAYLOR T M. Handbook of natural antimicrobials for food safety and quality. Oxford: Woodhead Publishing, 2015: 153-181.
[46] NOORBAKHSH-SOLTANI S M, ZERAFAT M M, SABBAGHI S. A comparative study of gelatin and starch-based nano-composite films modified by nano-cellulose and chitosan for food packaging applications[J]. Carbohydrate Polymers, 2018, 189: 48-55.
[47] SALARI M, SOWTI KHIABANI M, REZAEI MOKARRAM R, et al. Development and evaluation of chitosan based active nanocomposite films containing bacterial cellulose nanocrystals and silver nanoparticles[J]. Food Hydrocolloids, 2018, 84: 414-423.
[48] 董峰. 基于果蔬包装的纳米纤维素/壳聚糖复合膜的制备、性能及应用[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015: 89-118.
[49] 陈珊珊, 陶宏江, 王亚静, 等. 葵花籽壳纳米纤维素/壳聚糖/大豆分离蛋白可食膜制备工艺优化[J]. 农业工程学报, 2016, 32(8): 306-314.
[50] FOTIE G, AMOROSO L, MURATORE G, et al. Carbon dioxide diffusion at different relative humidity through coating of cellulose nanocrystals for food packaging applications[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2018, 18: 62-70.
[51] JAFARI S M, BAHRAMI I, DEHNAD D, et al. The influence of nanocellulose coating on saffron quality during storage[J]. Carbohydrate Polymers, 2018, 181: 536-542.
[52] LOZOWICKA B. Health risk for children and adults consuming apples with pesticide residue[J]. Science of The Total Environment, 2015, 502: 184-198.
[53] DROGU S, DEMARIA F. Pesticide residues and trade, the apple of discord? [J]. Food Policy, 2012, 37(6): 641-649.
[54] CHEN Jie, HUANG Mei-zhen, KONG Li-li, et al. Jellylike flexible nanocellulose SERS substrate for rapid in-situ non-invasive pesticide detection in fruits/vegetables[J]. Carbohydrate Polymers, 2019, 205: 596-600.

(上接第 175 页)

[5] 虞立霞, 姚奎章, 夏君霞, 等. 核桃对发育期小鼠认知功能的改善作用[J]. 营养学报, 2015, 37(2): 185-188.
[6] WANG Shuai, LI Han-yang, DAI Lian-yi, et al. Effects of walnuts on sleep improvement in mice and its mechanism[J]. ACTA Nutrimenta SINICA, 2017, 39(2): 189-193.
[7] 付艾妮, 朱书秀, 艾永循, 等. 核桃仁提取物对阿尔茨海默病模型大鼠学习记忆能力和海马区神经元的保护作用[J]. 医药导报, 2015, 34(6): 722-725.
[8] 周丽莎, 朱书秀, 望庐山. 核桃仁提取物对老年痴呆模型大鼠 Ach、ChAT 及 AchE 活性的影响[J]. 中国医院药学杂志, 2011, 31(6): 446-449.
[9] 冯贞, 方晓璞. 核桃加工副产物综合利用途径[J]. 中国油脂, 2018, 43(9): 71-74, 87.
[10] 樊永波, 陶兴无, 马琳, 等. 核桃饼粕对大鼠学习、记忆和抗氧化功能的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(17): 323-326.
[11] 乌兰, 刘睿, 杜倩, 等. 核桃肽对小鼠的抗疲劳作用[J]. 中国食物与营养, 2018, 24(12): 50-54.
[12] ZHU Chao, CAO Jian-ming, ZHOU Hai-tao, et al. Effect of Morindae officinalis radix on the exercise capacity in rats and oxidation resistance of mitochondrial [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2013, 19(3): 219-222.
[13] ZHANG Zhong-qi, YUAN Li, YANG Ming, et al. The effect of Morinda officinalis How, a Chinese traditional medicinal plant, on the DRL 72-s schedule in rats and the forced swimming test in mice [J]. Pharmacology Biochemistry & Behavior, 2002, 72(1): 39-43.
[14] 傅宏征, 张晓威, 张礼和, 等. 黄海葵的化学成分研究I[J]. 中国海洋药物, 1998(1): 13-16.
[15] 刘艳霞, 史文中, 倪雅娟, 等. 尖叶假龙胆全草中环烯醚萜苷类成分的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报, 2016, 33(9): 702-705, 722.
[16] 毛婷. 肉苁蓉苯乙醇苷与栀子黄色素混合物抗缺氧疲劳作用研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2018: 20-25.