

杜仲的化学成分及药理作用研究进展

李欣,刘严,朱文学,白喜婷,王娜,刘少阳

(河南科技大学食品与生物工程学院,河南洛阳 471003)

摘要:综述了杜仲化学成分及同类化合物的药理作用研究成果。通过与同类化合物的药理作用研究比较,为杜仲活性功能的物质基础研究以及新型活性功能的开发提供参考信息。

关键词:杜仲,化学成分,同类化合物,药理作用

Study advancement about chemical composition and pharmacological effects of *Eucommia ulmoides* Oliv.

LI Xin, LIU Yan, ZHU Wen-xue, BAI Xi-ting, WANG Na, LIU Shao-yang

(College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China)

Abstract: Advances in the research of chemical composition of *Eucommia ulmoides* Oliv. and the pharmacological effects of similar compounds were reviewed. Reference information for studying of the material basis of *Eucommia ulmoides* Oliv. active function, as well as the development of new active function were provided, through the comparative study of the pharmacological effects of similar compounds.

Key words: *Eucommia ulmoides* Oliv.; chemical composition; similar compounds; pharmacological effects

中图分类号: TS201.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)10-0378-05

杜仲作为中药在我国已有 2000 多年的药用历史,《神农本草经》和《本草纲目》均将其列为上品,其具有多种功效,主要用于治疗肾虚腰痛,筋骨无力,妊娠漏血,胎动不安,高血压症。近年来,杜仲因其显著的生理功能也得到了众多学者的广泛关注,国内外学者在杜仲的有效成分、提取物分析、药理及应用方面做了大量的研究,取得了巨大成绩。

1 杜仲资源概述

杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliv.)属被子植物门,杜仲科,杜仲属(单科单属),落叶乔木^[1]。其高达 20m,树皮灰褐色,粗糙,连同枝、叶、根均含胶,折断有银白色细丝。叶椭圆或椭圆伏卵型,长 6~18cm,边缘有锯齿,下边脉上有毛,叶柄长 1~2cm,果为翅果扁平而薄,内含一种子^[1-2]。

杜仲为地质史上第三纪冰川运动残留下来的古生物树种,为国家二级保护植物^[3],原产于我国西南诸省山区,喜温暖而凉爽的气候,属喜光树种,在强光、全光条件下才能良好生长。杜仲适生范围较广,我国有丰富的资源,主要分布于甘、陕、晋、豫、湘、鄂、川、滇、黔、桂、苏、皖、浙、赣等省、自治区,垂直分布一般在 200~1500m 之间,个别地区海拔高度可达 2500m,其野生的分布中心是在中国中部地区^[4]。在日本、俄罗斯、朝鲜、北欧、北美等国家和地区也有

引种^[5]。

2 杜仲的化学成分

近年来,各国学者对杜仲的化学成分进行了大量研究,目前经过分离和鉴定的有机化合物约有 70 种以上,无机矿物元素不少于 15 种。研究还发现,杜仲皮、花、叶和枝条等各部分中含有相似的化学成分,主要包括:木脂素类、环烯醚萜类、黄酮类、多糖、氨基酸和杜仲胶等有机化合物,及钙、铁等无机元素。

2.1 木脂素类

木脂素是植物体中由双分子苯丙素聚合而成的化合物,按其结构特点可分为单环氧木脂素、双环氧木脂素、环木脂素和新木脂素等类型,其中多为苷类,迄今已从杜仲中分离、鉴定出 27 种木脂素及其苷类^[6-8]。

2.2 苯丙素类

苯丙素类是形成木脂素的前体,在杜仲中广泛存在。迄今为止,杜仲中发现的苯丙素类有 11 种咖啡酸、松柏酸、愈创木丙三醇、松柏苷、丁香苷、间羟基苯丙酸、绿原酸、绿原酸甲酯、香草酸、寇布拉苷^[7-11]等。成军等^[12]用有机溶剂多次渗漉法可从杜仲叶中分离出对香豆酸、咖啡酸乙酯、绿原酸等苯丙素类化合物。本实验室^[13-15]研究发现杜仲中绿原酸的含量比较高,各部位含量高低顺序为:叶>雄花>皮>果。对杜仲雄花及花茶中绿原酸的含量进行分析得出:杜仲雄花经加工以后绿原酸的含量明显降低,这可能是由于杜仲雄花加工过程中受高温所致。因为杜仲雄花在加工过程中要经过杀青、烘干、复火

收稿日期:2011-05-26

作者简介:李欣(1979-),女,博士,研究方向:天然产物功能性研究及应用。

基金项目:河南省教育厅自然科学基金项目(2006550001)。

等受热过程,最高温度可达到 260℃,而由于组成绿原酸的邻苯二酚结构不稳定,在高温加热条件下易分解,所以绿原酸的含量在加工前后有较大的变化。经进一步研究证明杜仲花茶在加工过程中,绿原酸含量在初炒和精炒过程中有所损失,但是变化不大,绿原酸的损失主要是在杀青这一步。

2.3 环烯醚萜类

环烯醚萜类及其苷类化合物在植物界中分布较广,是由臭蚁二醛转变而来的单萜类化合物,分子中含有环烯醚键,杜仲醇类无环烯醚键,可看成环烯醚萜开环后的产物。另外,环烯醚萜还可形成多聚体。现已从杜仲叶、皮中分离出 10 多种环烯醚萜类成分,其中多数为已知化合物:杜仲醇、杜仲醇苷、京尼平、脱氧杜仲醇、京尼平苷、京尼平苷酸、桃叶珊瑚苷、哈帕苷丁酸酯、筋骨草苷、雷扑妥苷、杜仲醇苷、车叶草苷、车叶草酸、去乙酰车叶草酸、10-乙酰鸡屎藤苷表杜仲醇等^[16]。

桃叶珊瑚苷是环烯醚萜类化合物的一种,也是杜仲中有效活性成分之一。本实验室^[17]研究发现不同部位桃叶珊瑚苷含量的高低顺序为:果 > 叶 > 皮 > 雄花,并且还和地域、品种、采收季节和处理方法有关。

2.4 黄酮类

黄酮类化合物也是杜仲的主要有效成分之一。杜仲不同部位中总黄酮的含量也有很大的差别,以杜仲叶中的总黄酮含量最高,尤其以老叶中的含量最高;主根和主根皮中黄酮含量最低,而除叶外的各部位的含量相差不大,且含量都较低^[18]。其含量的高低是判断杜仲生药及其产品质量的重要指标。因为加工过程对总黄酮的含量会有所影响,本实验室研究^[19]发现杜仲雄花加工成杜仲花茶后,总黄酮的含量明显升高。可能是在加工过程中,杀青、初炒、精炒等受热环节中挥发性物质减少,低熔点的化学成分被破坏减少,而不易挥发,熔点高的黄酮类物质不易破坏,使杜仲雄花茶中总黄酮的含量相对升高。

成军^[20]等采用溶剂法和色谱法分离对杜仲叶提取物进行分离纯化,通过波谱法鉴定出 5 个黄酮:槲皮素、山奈酚、紫云英苷、异槲皮苷、芦丁,其中紫云英苷、异槲皮苷和芦丁为首次从杜仲叶中分离获得。Hye^[21]对杜仲叶的乙醇/水提取物进行分离纯化,从中得到了三种黄酮类单体化合物,鉴定为:槲皮素-3-O- α -L-吡喃阿拉伯糖基-(1 \rightarrow 2)-8-D-葡萄糖甙、紫云英苷和异槲皮苷。

2.5 其他成分

杜仲多糖是近年来研究发现的又一活性成分。组成明确的有:Gonda 等^[22]从杜仲皮中分离出的酸性聚糖杜仲糖 A(Eucomman A)和 Tomoda 等^[23]分离出的杜仲糖 B(Eucomman B)。杜仲糖 A 是由 L-阿拉伯糖、D-半乳糖、D-葡萄糖、L-鼠李糖、D-半乳糖醛酸按摩尔比 8:6:4:5:8 组成;杜仲糖 B 的结构主要为 α -1,2-L-鼠李糖,1,4-D-半乳糖。这两种多糖对网状内皮系统均有活化作用,可增强机体非特异性免疫功能。

杜仲胶因其在工业上的良好用途已成为现在研究的又一热点,它是普通天然橡胶的同分异构体,属反式聚戊二烯,杜仲胶具有金属光泽,耐酸碱、不易腐蚀,其硫化制品质量比天然橡胶品质优良,是现代工业开发高性能绿色橡胶的极好材料^[24]。

杜仲中除上述成分外,还包含酚、醇类化合物、抗真菌蛋白^[25]、生物碱及挥发油^[26]等。另外杜仲营养成分含量丰富,含有丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、精氨酸等 17 种游离氨基酸,其中必需氨基酸齐全;还有 Zn、Cu、Fe、Mn、Ge、Xe 等 15 种微量元素^[27]。

3 杜仲主要化学成分及同类化合物的活性研究

根据中医理论和现代西医理论,中药的活性功能是由药材本身的物质基础决定的,即中药的活性功能是和药物本身所含的化学成分紧密联系的。根据植物化学分离提取原理和现代医学理论,国内外学者对各中药材活性功能的物质基础作出了广泛而深入的研究,并取得巨大的成绩。现代医学理论还表明,相同骨架的化合物可能具有相类似的生理活性,因此参考其他中药同类化合物的活性研究对杜仲活性成分的确定具有重要意义。

现代药理学也证明,杜仲具有多种功能活性,如:降血压作用,抗衰老、抗癌、抗菌、镇痛、消炎,利尿、镇静、安神,抗病毒作用,增强机体非特异免疫力,并能对细胞免疫进行双向调节等功效,另外对神经中枢也有一定作用等。杜仲也因其显著的生理活性得到了众多学者的关注。但目前,对杜仲的研究主要还集中在化学成分方面,而杜仲功能成分的研究还处于浅层的验证性研究阶段,多种活性功能的物质基础还有待于进一步的确定。同时,随着杜仲化学成分研究的进一步深入,杜仲的新型活性功能也有待于发掘。分析杜仲化学成分同类化合物的功能活性,将有助于杜仲活性功能的物质基础研究及新型活性功能的开发。

3.1 木脂素类化合物的活性研究

木脂素类化合物是自然界中普遍存在的一类物质,具有抗肿瘤、抗炎、抗病毒,保肝及抑制血小板活化因子等生理功能^[28]。富含木脂素类化合物的植物在民间有着相当长的医用历史,如鬼臼属植物在美洲用于治疗毒蛇咬伤、五味子在中国用于治疗肝炎等^[29]。根据研究,天然鬼臼类木脂素具有显著抗肿瘤活性,糙叶败酱总木脂素对 K562 细胞增殖有显著抑制作用,作用的机制与其诱导 K562 细胞凋亡有关^[30];内南五味子 12 种木脂素中就有 7 种具有抗 HIV 病毒性能^[31];另据研究报道,从五味子果实中分离出来的五味子乙素对原代培养的大鼠肝细胞脂质过氧化具有较好的抗氧化作用,使脂质过氧化产物丙二醛(MDA)的生成和乳酸脱氢酶(LDH)及丙氨酸转氨酶(ALT)释放减少,细胞膜保持完整,明显提高肝细胞的存活率^[32]。

杜仲木脂素类化合物体现的抗菌抗肿瘤活性和其他中药中木脂素类化合物的功能相符,这也恰恰证明了母核相似,既有可能具有相似的功能活性的

猜想,但与此同时,杜仲中木脂素松脂素二糖甙的降压作用在其他中草药木脂素类活性还未见有报道,这可能与它们的母核连带基团的差异有关;同时也有可能是其他中草药的木脂素类化合物还没有做相关研究。同样,在其他中草药木脂素类化合物发现的功能活性,也可在研究杜仲木脂素类化合物时进行参考。

3.2 环烯醚萜类化合物的活性研究

环烯醚萜(iridoids)物质有多种生理活性。刘净等^[33]总结了此类化合物的生物活性,包括抗细菌、抗真菌、抗滤过性病原体、抗炎、止痛、利胆、保肝、通便、降压、镇静、抗肿瘤以及治疗风湿等功能活性。乔卫、张彦文等^[34]提出,环烯醚萜苷和其乙酰酯为相应的半缩醛和其他具有药理活性的衍生物的前药,并且一些环烯醚萜类化合物的活性是由其转变成吡啶单萜生物碱而形成的。

对杜仲的环烯醚萜研究表明,其中的京尼平甙酸具有预防性功能低下、增强记忆、抗癌、抗氧化(抗衰老)、泻下、促进胆汁分泌及降压作用;京尼平甙具有抗肿瘤活性,并具有抗补体性;桃叶珊瑚甙对革兰氏阴性菌和阳性菌均有抑制作用,具有较强的镇痛、抗菌消炎作用,临床上可用于促进伤口愈合,还能够加快副交感神经中枢,加快尿酸转移和排出,利尿作用明显^[35]。杜仲甲醇提取物可促进人体皮肤、骨骼、肌肉中蛋白质胶原的合成和分解,促进代谢,预防衰老,实验表明其活性物质和桃叶珊瑚甙等环烯醚萜单甙类有关^[36]。

3.3 苯丙素类化合物的活性研究

苯丙素类是形成木脂素的前体,近年来的研究表明,苯丙素类化合物具有抗菌消炎、抗肿瘤、抗病毒、抗氧化、保肝护肝和碱基修复作用;对于糖尿病及相关疾病,以及对由于身心压力所致的性功能障碍,学习、记忆能力低下等都具有明显的改善作用^[37]。

目前,对杜仲苯丙素类的报道较少,且主要集中在绿原酸、香草酸等活性成分的研究上。绿原酸抗菌作用较强,具有利胆、降压、抗菌、消炎、止血、抗氧化及升高白细胞的作用,对急性咽喉炎及皮肤病有明显疗效,对月经过多、子宫功能性出血有良好的止血效果,并且具有与肾上腺素类似的作用^[38]。研究证明杜仲中的绿原酸有较强的抗菌作用,能兴奋中枢神经、促进胆碱和胃液分泌、止血,提高白细胞数量和抗病毒作用^[39]。

3.4 黄酮类化合物的活性研究

黄酮类化合物广泛存在于药用植物中,是植物在长期自然选择过程中产生的一些次级代谢产物,具有广谱的药理活性和较低毒性,已成为国内外天然药物开发利用研究的热点。黄酮类化合物不仅分布广泛,而且生物活性多样,如抑制特异性关键酶、调节神经递质的释放等,具有降血脂、降胆固醇、保肝抗炎等作用,尤其是近年来研究报道,黄酮类化合物在抗病毒(如艾滋病病毒、流感病毒等)、逆转肿瘤细胞多药耐药性、诱导肿瘤细胞凋亡等研究中也表现

出了显著的活性^[40]。

杜仲总黄酮具有抗氧化、降血脂、提高免疫力等生物活性^[41]。吴春等^[42]研究表明,杜仲黄酮对猪油具有较强的抗氧化作用,且存在剂量效应关系。另有报道,韩国学者从杜仲叶中分离出三种黄酮类化合物能够抑制糖基化终产物的产生,其效果可与氨基胍类相媲美^[43]。黄酮类化合物具有广泛的生理活性,而杜仲中黄酮类化合物的研究还仅限于该类化合物粗提物的研究,具体活性的物质基础还没有确定。通过杜仲中黄酮类化合物的深入研究,将有利于我们确定杜仲众多活性的物质基础,进而为杜仲的研究开发奠定一定的基础。

3.5 其他成分的活性研究

研究显示酸枣仁总生物碱具有镇静催眠活性^[44]。本实验室对杜仲总生物碱、水溶性生物碱和脂溶性生物碱进行研究,发现均具有良好的镇静催眠活性,能显著的增强戊巴比妥钠对小鼠的催眠作用。

杜仲的功能活性除与上述化学成分有关外,还有许多功能与其他成分相关,活性成分尚不明确。本实验室^[45-47]研究证明,杜仲雄花茶对小鼠的中枢神经系统具有明显的抑制作用,能明显延长戊巴比妥钠对小鼠的催眠作用时间,而且随着剂量的增大催眠效果也会随之增强。经进一步研究不同提取物对小鼠自主活动数的影响及直接镇静催眠、与戊巴比妥钠的协同作用和抗惊厥作用,发现杜仲雄花水提取物、正丁醇提取物、乙酸乙酯提取物均具有良好的镇静催眠活性。在此基础上研究杜仲叶的镇静催眠活性,取得了一定的成果,分离得到了5种具有镇静催眠活性的化合物。

杜仲主要成分体现出和其他中药中同类化合物的相符功能活性,证明了母核相似即有可能具有相似的功能活性的猜想,但杜仲主要成分的活性和其他中药中同类化合物功能活性还存在不相符的情况,这可能与它们的母核连带基团的差异有关,化合物结构中连带基团不同也会造成功能活性的差异。另外,同类化合物的功能活性并不单一,研究过程中可以进行多方面的探讨。因此,杜仲在中药的活性成分研究中,可以考虑多个因素,以便更加全面的研究开发中药的功能活性及其活性成分。

4 展望

我国的杜仲叶资源丰富,但近年来,杜仲叶大部分出口到日本等国,我们自己的产品仍处于初级阶段。我们可以借鉴日本发展杜仲产业的经验,使杜仲乃至中药产业发展走向规模化、产业化及科、工贸一体化的道路,不断生产出高科技名牌产品。在研究杜仲在医药、保健食品方面应用的同时,应加强杜仲的临床疗效、制备工艺、质量标准方面的研究,只有这样,才能更好地进行杜仲的深度开发。随着研究的进一步深入,杜仲的各种功能活性逐渐被人们所认识、利用,随之杜仲产品的开发必将成为又一个热点,杜仲的研究和开发将具有一个更广阔的前景。

参考文献

- [1] 王俊丽. 杜仲研究[M]. 河北: 河北大学出版社, 2001.
- [2] 周正贤. 中国杜仲[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1992.
- [3] 郭双举. 杜仲科的演化史[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1992.
- [4] 张康健. 中国杜仲研究[M]. 第一版. 西安: 陕西科学技术出版社, 1992: 19-23.
- [5] 杜红岩, 赵戈, 卢绪奎. 论我国杜仲产业化与培育技术的发展[J]. 林业科学研究, 2000, 13(5): 554-561.
- [6] 尉芹, 马希汉, 张康健. 杜仲化学成分研究[J]. 西北林学院学报, 1995, 10(4): 88-93.
- [7] Deyama T, kawa T, Nishibe S. The constituents of *Eucommia ulmoides* Oliv. II - isolation and structure of three new lignan glycosides[J]. Chem Pharm Bull, 1985, 33(9): 3651-3657.
- [8] Deyama T, kawa T, tagawa S, et al. The constituents of *Eucommia ulmoides* Olive. III - isolation and structure of a new lignan glycoside[J]. Chem Pharm Bull, 1986, 4(2): 523-527.
- [9] Deyama T, kawa T, tagawa S, et al. The constituents of *Eucommia ulmoides* Olive. V - Isolation of dihydroxydehydrodiconiferyl alcoholisomers and phenolic compounds [J]. Chem Pharm Bull, 1987, 5(3): 1785-1789.
- [10] Deyama T, kawa T, tagawa S, et al. The constituents of *Eucommia ulmoides* olive. VI - Isolation of a new sesquilignan and neolignan glycosides [J]. Chem Pharm Bull, 1987, 35(5): 1803-1807.
- [11] Nakamura T, akazawa Y, Onizuka S, et al. Twelve phenolics from leaves of *Eucommia ulmoides* [J]. Nat Med, 1998, 52(3): 460-465.
- [12] 成军. 杜仲叶苯丙素类成分的研究[J]. 中国中药杂志, 2002, 27(1): 38.
- [13] 吴龙奇, 朱文学, 张玉先, 等. 杜仲中绿原酸含量及提取检测方法分析[J]. 食品科学, 2005(S1): 187-192.
- [14] 白喜婷, 朱文学, 罗磊, 等. 杜仲雄花及花茶中绿原酸含量分析[J]. 食品工业科技, 2007, 28(6): 216-217.
- [15] 白喜婷, 朱文学, 廉小梅, 等. 加工过程对杜仲雄花茶中绿原酸含量的影响[J]. 食品科学, 2007, 28(11): 264-267.
- [16] 胡佳玲. 杜仲研究进展[J]. 中草药, 1999, 30(5): 394-396.
- [17] 朱文学, 吴龙奇, 易军鹏, 等. 杜仲中桃叶珊瑚甙的含量及提取分离工艺分析[J]. 食品科学, 2005(S1): 69-72.
- [18] 孙兰萍, 马龙, 张斌, 等. 杜仲黄酮类化合物的研究进展[J]. 食品工业科技, 2009, 30(3): 359-363.
- [19] 白喜婷, 朱文学, 罗磊, 等. 杜仲雄花及花茶中总黄酮含量的测定[J]. 食品科技, 2008(4): 186-188.
- [20] 成军, 赵玉英, 崔育新, 等. 杜仲叶黄酮类化合物的研究[J]. 中国中药杂志, 2000, 25(5): 284-287.
- [21] Hye Young Kima, Byung Ho Moonb, Hak Ju Lee, et al. Flavonol glycosides from the leaves of *Eucommia ulmoides* Olive. with glycation inhibitory activity [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2004, 93(2): 227-230.
- [22] Gonda R, Tomoda M, Shimizu N, et al. An acidic polysaccharide having activity on the reticuloendothelial system from the bark of *Eucommia ulmoides* [J]. Chem Pharm Bull, 1990, 38(7): 1966-1969.
- [23] Tomoda M, Gonda R, Shimizu N, et al. A reticuloendothelial system-activating glycan from the barks of *Eucommia ulmoides* [J]. Phytochemistry, 1990, 29(10): 3091-3093.
- [24] 陈士朝. 杜仲橡胶的开发和应用[J]. 橡胶工业, 1993, 40(11): 690-692.
- [25] 刘小烛, 胡忠, 李英, 等. 杜仲皮中抗真菌蛋白的分离和特性研究[J]. 云南植物研究, 1994, 16(4): 385-391.
- [26] 郭志峰, 刘鹏岩, 安秋荣, 等. 杜仲叶挥发油的 GC-MS 分析[J]. 河北大学学报: 自然科学版, 1995, 15(3): 35-39.
- [27] 张军民, 高振川, 张琪, 等. 杜仲叶及提取物营养价值和药用成分研究[J]. 氨基酸和生物资源, 2002, 24(1): 1-2.
- [28] 郭铁英, 李名扬. 木脂素类化合物的研究进展[J]. 现代农业科技, 2008(9): 199-201.
- [29] 程丽蛟, 丁羽佳, 翟永功, 等. 植物中新的木脂素类化合物及其生物活性[J]. 国外医药·植物药分册, 2006, 21(3): 93-100.
- [30] 陈茹, 赵健雄, 王学习. 糙叶败酱总木脂素对 K562 细胞体外生长的影响[J]. 四川中医, 2007, 25(5): 14-17.
- [31] Chen Daofeng, Zhang Shunxing, Xie Lan, et al. Anti-AIDS agents-XXVI, Structure-activity correlations of gomisins-related and HIV lignans from *Kadsura interior* and of related synthetic analogs [J]. Bioorg Med Chem, 1997, 5(8): 1715-1723.
- [32] Zang Teimei, Wang Baoen, Liu Gengtao. Effect of schisandrin B on Lipoperoxidative damage to plasma membrane of rat liver in vitro [J]. Acta Pharmacol Sin, 1992, 13(3): 255.
- [33] 刘净, 梁敬钰, 谢韬. 环烯醚萜类化合物近年研究进展[J]. 海峡药学, 2004, 16(1): 14-19.
- [34] 乔卫, 张彦文, 吴寿金, 等. 天然环烯醚萜类化合物的生物活性[J]. 国外医药·植物药分册, 2001, 16(2): 65-67.
- [35] 杜红岩. 杜仲活性成分与药理研究的新进展[J]. 经济林研究, 2003, 21(2): 58-61.
- [36] 赵晖编译. 杜仲叶药理作用研究—抗衰老作用[J]. 国外医学-中医中药分册, 2000, 22(3): 151-153.
- [37] 许敬英, 苏奎, 周静. 苯丙素苷类化合物的研究进展(II) [J]. 时珍国医国药, 2007, 18(7): 1770-1772.
- [38] 谭仁祥. 植物成分分析[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 486-502.
- [39] 盛军利, 孙桂菊. 杜仲的功效学研究现状及其应用前景[J]. 医学综述, 2006, 12(16): 1022-1024.
- [40] 周新, 李宏杰. 黄酮类化合物的生物活性及临床应用进展[J]. 中国新药杂志, 2007, 16(5): 350-355.
- [41] 孙兰萍, 马龙, 张斌, 等. 杜仲中黄酮类化合物的研究进展[J]. 食品工业科技, 2009, 30(3): 359-363.
- [42] 吴春, 胡小妹, 陈林林, 等. 杜仲黄酮的提取及抗氧化活性研究[J]. 哈尔滨商业大学学报: 自然科学版, 2004, 20(5): 509-511.
- [43] Kim H Y, Moon B H, Lee H J, et al. Flavonol glycosides from the leaves of *Eucommia ulmoides* Olive. with glycation inhibitory activity [J]. J Ethnopharmacol, 2004, 93(2): 227-230.
- [44] 符敬伟, 乔卫, 程朝晖. 酸枣仁总生物碱镇静催眠作用的实验研究[J]. 天津医科大学学报, 2005, 11(1): 52-54.

结构脂的构效关系及酶法制备的研究进展

刘宁¹, 汪勇², 赵强忠¹, 赵谋明^{1,*}

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640;

2. 暨南大学食品科学与工程系, 广东广州 510632)

摘要: 结构脂具有天然油脂的风味和物理特性, 由于对人体具有特殊的生理功能和营养价值而倍受关注。本文基于结构脂的构效关系, 对脂肪酶催化分子设计制备结构脂的研究现状进行了综述, 系统介绍了人乳替代品、类可可脂、甘油二酯和单甘酯等热门结构脂的研究进展。

关键词: 结构脂, 构效关系, 脂肪酶

Research progress of structure–function relationship of structured lipids and enzymatic preparation

LIU Ning¹, WANG Yong², ZHAO Qiang-zhong¹, ZHAO Mou-ming^{1,*}

(1. College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;

2. Department of Food Science and Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: The structured lipids, which have similar flavor and physical characteristics as natural lipids, are attracting interestings due to their special physiological functions and nutritional values. Based on the relationship between structure and function, the applications of lipase-catalyzed molecular design on the preparation of structured lipids were summarized, especially certain types of structured lipids, such as human milk fat substitute, cocoa butter, diacylglycerols, monoacylglycerols, and so on.

Key words: structured lipids; structure–function relationship; lipase

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)10-0382-04

结构脂 (Structured lipids) 是根据脂质在体内消化和代谢过程所设计的一种特殊的脂肪, 通过改变天然脂质中脂肪酸的组成和各种脂肪酸在甘油三酯 (TAG) 中的位置, 并将具有特殊营养或生理功能的脂肪酸结合到特定位置, 从而最大限度地发挥各种脂肪酸的物理和功能性质^[1]。如图 1 所示, 甘油分子上的酰基可位于三个立体位置, 即 sn-1, sn-2 和 sn-3。甘油酯的结构及脂肪酸组成对脂肪的代谢吸收有很大影响, 从 sn-1 和 sn-3 释放的脂肪酸, 具有与 sn-2 上释放的脂肪酸不同的代谢途径。在人体内的吸收方式与脂肪酸链长及所处的立体位置有关, 若酰基在 sn-1 或 sn-3 位上, 脂肪酸以游离的形式被吸收; 当酰基在 sn-2 位时, 则以单甘酯的形式并且容易被吸收^[2]。

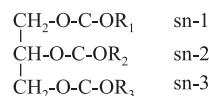


图 1 甘油酯的结构图

Fig.1 The structure of triglyceride

结构脂在自然界一般是不存在的, 需要人工合成, 若采用化学合成法, 在甘油分子上定位分布某种脂肪酸是不能控制的, 常常达不到目的, 因此需要通过酶法或化学-酶法才能实现^[3]。脂肪酶具有位置选择性, 可对催化产品有目的地作用, 从结构上进行分子设计, 制备具有高附加值的结构脂产品。目前, 利用脂肪酶的这一特性, 改性油脂生产结构脂, 如人乳替代品、类可可脂、甘油二酯等, 国内外研究取得了一定的进展, 具有很大的工业应用前景。

1 人乳替代品 (HMFS)

人乳中含有 3%~5% 的甘油三酯, 是重要的营养和生理活性物质, 提供给婴儿 50%~60% 左右的能量和生长发育的必需脂肪酸。这种甘油三酯具有特殊的结构特征, 棕榈酸有 70% 分布在 sn-2 位, 主要类

收稿日期: 2011-06-13 * 通讯联系人

作者简介: 刘宁 (1984-), 男, 博士研究生, 研究方向: 食品生物技术。

基金项目: 国家 863 计划项目 (2010AA101505); 粤港关键领域重点突破项目 (2009A020700003); 广东省科技计划项目 (2009B080701063)。

[45] 李欣, 王卉, 朱文学, 等. 杜仲雄花乙酸乙酯提取物镇静催眠作用研究[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 360-363.

[46] 李欣, 樊金铃, 朱文学, 等. 杜仲雄花正丁醇提取物的镇

静催眠作用研究[J]. 食品机械, 2009, 25(4): 56-59.

[47] 刘少阳, 李欣, 朱文学, 等. 杜仲雄花水提物镇静催眠作用的研究[J]. 农产品加工·学刊, 2010(4): 29-31.