

药用植物多糖的提取方法研究进展

黄小葳

(北京联合大学生物化学工程学院, 北京 100023)

摘要:对近年来一些药用植物中具有生物活性的多糖提取方法进行分析 and 总结,并对多糖提取的发展方向进行了展望。

关键词:多糖;提取;药用植物;生物活性

中图分类号:O629.12;TQ450.2

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2010)12-0032-05

Advances in polysaccharides extraction from medicinal plants

HUANG Xiao-wei

(College of Bio-Chemical Engineering, Beijing Union University, Beijing 100023, China)

Abstract: The extraction methods for bioactive polysaccharide from some medicinal plants in recent years are analyzed and summarized, the development direction of polysaccharide extraction are predicted.

Key words: polysaccharides; extraction; medicinal plants; biological activity

药用植物中,多糖类化合物是其中非常重要的成分,研究表明,多糖在增强免疫能力、抑菌、调节血糖、抗氧化、抗病毒、抗疲劳、抑制肿瘤生长、延缓衰老等方面具有众多药理功能,且无毒副作用。因此从植物中提取具有生物活性的多糖,已成为近年来的研究热点。本文中对多糖提取主要采用的几种方法进行了介绍。

1 提取方法

1.1 水提醇沉法

多糖是一类含有大量羟基的大分子化合物,因其与水分子之间极易形成氢键而易溶于水。而在醇、醚、酮等溶剂中,它们与多糖不易形成氢键,因此在较高浓度的醇、醚中的溶解度较低。利用这一原理向溶解了大量多糖的水溶液中加入醇溶剂就可以使多糖沉淀下来。其优点是简单、方便,成本低,无污染,适合工业化生产。缺点是提取温度较高,提取率较低,活性损失大,纯化困难。

目前提取多糖的常规方法就是水提醇沉法。如王新琪等^[1]提取冬瓜皮多糖,用10倍水量回流2h,然后用质量分数为80%的乙醇沉淀多糖,可提取冬瓜皮多糖质量分数为55%以上。

刘建长等^[2]发现枸杞子多糖收率的最大影响因素是提取温度,其次是提取时间,最佳提取温度为80℃,提取时间3.5h。任守利等^[3]提取天麻多糖时,也发现影响提取收率的因素依次为提取温度、提取时间和料液比,最佳提取温度100℃,提取时间4h,料液比1:40。曾哲灵等^[4]研究大蒜多糖的提取

工艺,同样发现水提温度对多糖提取率的影响最大,最佳提取温度是80℃,时间为3h,水料比30:1。

肖怀秋等^[5]从车前草中提取水溶性多糖,结果发现在80℃以下,温度越高提取的多糖含量越大;2h之内,随提取时间延长,多糖含量增加;料液比超过1:20后多糖含量下降;提取次数超过2次,多糖含量变化不大。田春莲等^[6]研究提取温度、时间和料液比对飞龙掌血多糖提取率的影响,也发现70℃以下提取率随温度增加而增加;时间超过3h后提取率变化不大。

李天金等^[7]研究刺五加多糖提取工艺,得到最佳提取温度90℃、时间150min、水料比18:1,采用乙醇沉淀多糖,沉淀温度-20℃,沉淀时间36h,pH为7时,刺五加多糖收率可达236.3mg/mL。周增志等^[8]也发现普洱茶茶多糖提取率随水提温度升高而增加;水提时间越长,茶多糖提取率越高;料液比越大茶多糖提取率越高;醇沉时间不超过1h。此外,王丽艳等^[9]研究芦柑皮中水溶性多糖提取条件,于伟伟^[10]研究灵芝多糖提取条件,刘忆冬等^[11]研究苦瓜多糖提取技术也都得到了类似的结果。

齐祥明等^[12]在研究芦荟多糖的提取工艺时发现,在醇沉步骤中,乙醇浓度是影响其最大的因素,其次是醇沉温度,而醇沉时间超过2h后变化不大。李颖等^[13]在研究北沙参多糖提取工艺时也发现,乙醇浓度和醇沉时间对多糖收率影响很大,其中乙醇添加量达4倍体积时,多糖收率最高,醇沉时间超过8h后多糖收率略有下降。施翠娥等^[14]在寻找分离大豆多糖工艺条件时,发现乙醇浓度影响最显著,

其次是乙醇的加入量,而醇沉时间的影响力略小一些。

1.2 酸、碱提取法

在稀酸或稀碱作用下,植物或菌类的细胞、细胞壁被充分溶胀以致破裂,使其中游离的多糖增加,更易溶解在稀酸或碱水溶液中,利用这一特性可提高此类多糖的提取率。但这类方法仅适合特定类型的多糖,并且要严格控制 pH,使用起来有很大的局限性。

碱提取法适合提取含有糠醛酸的多糖,例如灵芝多糖、松茸多糖等,提取的多糖具有一定的生物活性,提取率高于水提醇沉法。如丁重阳等^[15]用碱提法提取姬松茸胞内多糖,研究表明当 NaOH 浓度 1.03 mol/L,温度 60.9℃,时间 4.63 h,提取率可达 273.49 mg/g,远高于水提醇沉法。采用碱提法不但提高了提取率,而且还具有节省时间、减少原材料消耗等优点,但其过滤提纯困难。为防止碱提时多糖水解,通常要加入硼氢化钠或硼氢化钾,也可以采用通入氮气的方法加以保护。传统的碱提法是在样品中加入一定浓度的碱液,浸提,然后调整 pH 到中性,取清液浓缩,然后加醇沉淀出多糖。常用的碱液有 NaOH、KOH、Ca(OH)₂、Na₂CO₃ 等。

碱提法对多糖提取率影响的因素主要是碱浓度、碱提时间、提取温度等。如王志刚等^[16]从木耳渣中提取多糖的工艺条件为:碱浓度 0.75 mol/L,碱提时间 150 min,提取温度 85℃,料液比 1:50。廖丽娟等^[17]研究了 Na₂CO₃、NaCl、NaOH 等溶液对提取松茸多糖的影响,发现碱性较强的溶液提取率较高。李波等^[18]研究了 NaOH 溶液对鸡腿菇菌柄多糖提

取的影响,也发现随 NaOH 浓度的增加,多糖提取率逐渐增加,超过 4% 后,增加不明显,这说明碱性过大可能破坏多糖结构;另外碱提时间超过 2 h、碱提温度超过 80℃ 都会破坏多糖的结构。

用酸提取法仅适合提取酸溶性多糖,有时对植物多糖的提取更为有效。在酸性条件下会引起多糖中糖苷键的断裂,破坏多糖的结构,所以该方法较少采用。酸提取法是在一定温度下用酸浸泡样品,然后调整 pH 到中性,再用醇沉得到多糖。优点是产品纯度较高,能保持多糖的活性,缺点是有可能引起多糖水解,改变多糖结构。

周裔彬等^[19]用酸提取法提取海带多糖,用浓度 0.10 mol/L 的 HCl 处理海带干粉,破坏海带的细胞、细胞壁,在温度 75℃ 下浸泡 4 h,多糖得率由传统方法的 2.98% 提高到 35.10%。任初杰等^[20]采用酸法提取花生粕多糖的最佳工艺条件是: HCl 浓度为 0.17 mol/L,提取温度 87℃,时间 74 min,料液比为 1:25。

1.3 微波提取法

微波具有强大的穿透能力,当细胞吸收了微波的能量后内部会因高温高压使细胞壁破裂,细胞内的物质流出,从而提高提取率。微波提取的优点是操作简单、提取时间短、效率高、无污染,但是耗电量大、易破坏多糖结构。现在微波提取已经成为多糖提取的 1 个重要手段。

微波提取法要事先除去单糖、低聚糖以及甙类成分,样品在微波反应器中用水回流(也可先用微波处理,再用水回流),然后滤液加入乙醇醇沉即可。

(上接第 31 页)

- [30] Deng L, Li J, Lai D M, *et al.* Catalytic conversion of biomass-derived carbohydrates into gamma-valerolactone without using an external H₂ supply[J]. *Angewandte Chemie*, 2009, 121(35): 6651 - 6654.
- [31] Bond J Q, Alonso D M, Wang D, *et al.* Integrated catalytic conversion of gamma-valerolactone to liquid alkenes for transportation fuels[J]. *Science*, 327(5969): 1110 - 1114.
- [32] Serrano-Ruiz J C, Wang D, Dumesic J A. Catalytic upgrading of levulinic acid to 5-nonanone[J]. *Green Chem*, 12(4): 574 - 577.
- [33] Serrano-Ruiz J C, Dumesic J A. Catalytic processing of lactic acid over Pt/Nb₂O₅[J]. *ChemSuschem*, 2009, 2(6): 581 - 586.
- [34] Serrano-Ruiz J C, Dumesic J A. Catalytic upgrading of lactic acid to fuels and chemicals by dehydration/hydrogenation and C—C coupling reactions[J]. *Green Chem*, 2009, 11(8): 1101 - 1104.
- [35] Holm M S, Saravanamurugan S, Taarning E. Conversion of sugars to lactic acid derivatives using heterogeneous zeotype catalysts[J]. *Science*, 328(5978): 602 - 605.
- [36] Fukuoka A, Dhepe P L. Catalytic conversion of cellulose into sugar alcohols[J]. *Angewandte Chemie*, 2006, 118(31): 5285 - 5287.
- [37] Luo C, Wang S, Liu H. Cellulose conversion into polyols catalyzed by reversibly formed acids and supported ruthenium clusters in hot water[J]. *Angewandte Chemie*, 2007, 119(40): 7780 - 7783.
- [38] Ji N, Zhang T, Zheng M, *et al.* Direct catalytic conversion of cellulose into ethylene glycol using nickel-promoted tungsten carbide catalysts[J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2008, 47(44): 8510 - 8513.
- [39] Zheng M Y, Wang A Q, Ji N, *et al.* Transition metal-tungsten bimetallic catalysts for the conversion of cellulose into ethylene glycol[J]. *ChemSuschem*, 2010, 3(1): 63 - 66.
- [40] Wen G, Xu Y, Xu Z, *et al.* Direct conversion of cellulose into hydrogen by aqueous-phase reforming process[J]. *Catal Commun*, 2009, 11(6): 522 - 526.
- [41] Liu H, Jiang T, Han B, *et al.* Selective phenol hydrogenation to cyclohexanone over a dual supported Pd-lewis acid catalyst[J]. *Science*, 2009, 326(5957): 1250 - 1252. ■

谷绒^[21]发现提取木耳多糖时,微波功率是最大的影响因素,其次是提取时间,当微波功率 550 W、提取 20 min 时提取量可达到 8.90 mg/g。李双妹^[22]从黄精中提取多糖,发现微波处理时间越长提取率越高,超过 8 min,提取率下降。李德海等^[23]用微波辅助法提取滑菇多糖,发现用 480 W 微波处理 4 min,水回流 55 min,提取率可达 14.61%。

1.4 超声波法

超声波法也称为超声波辅助提取法,是利用超声波的高频振荡所产生的空化作用、机械作用和热学作用,在物体内部形成局部高温、高压环境,增加分子运动的频率和速率。这些作用会使动植物细胞组织变形、破裂,并释放出内含物,从而促进细胞内有效成分的溶出。另外,超声波在传播过程中其能量不断被溶剂分子吸收变成热能,可加速有效成分的溶解。

超声波法常压操作,处理温度低,不破坏多糖的结构,简便安全,提取效率高,有效成分损失少,缺点是可能导致可溶性多糖降解。超声波法是将样品加入溶剂中浸泡一定时间,或者直接在超声波作用下浸提(也可先在超声波下作用一段时间,然后水提),过滤、浓缩清液,然后加入乙醇醇沉。目前,超声波法已经成为最常用的提取方法之一。延绥宏等^[24]用超声波法提取菊花多糖,发现影响提取率依次为超声波功率、提取温度、超声波处理时间、料液比。同时超声波功率不宜过大;提取温度在 60~80℃为宜;超声波时间不要超过 45 min。李兰等^[25]分析了超声波功率、处理时间、料液比和超声处理后水提时间等因素对山药多糖提取率的影响,得到料液比为 1:18、超声功率 450 W、超声处理 60 min、超声处理后水提时间 120 min,提取率可达 31.56%。宋清焕等^[26]发现超声波功率 120 W、超声提取时间 60 min、料液比 1:30(质量比,下同)时多糖提取率可达 92.1%。

1.5 酶提取法

在天然物分离、提取过程中,也可以利用酶的催化特性,使提取在较温和的条件下进行。同时利用酶的高选择性,降低细胞壁、蛋白质等对细胞内多糖的阻碍,获得较高的提取率。因此酶提取法是一种具有很大潜力的提取方法。与常规方法相比,酶提取法具有操作条件温和、多糖活性高、易于剔除杂质、提取时间短等优点。但酶提取法条件苛刻、容易失活、对设备要求高。

酶提取法是在温水中加入一定量的酶,在一定

pH 下浸提,分离出清液,经过滤、浓缩,再用醇沉析出多糖。酶提取法可分为单酶提取法和复合酶提取法。常用的酶有纤维素酶、果胶酶、木瓜蛋白酶、中性蛋白酶等。杨宏志等^[27]用木瓜蛋白酶提取沙棘多糖时,发现对提取率影响大小顺序为酶用量、温度、提取时间和 pH。当酶用量 2%(质量分数,下同)、温度 45℃、提取时间 50 min 和 pH = 7.5 时得到最佳提取量 65.91 mg/g。刘青娥^[28]分别用果胶酶、纤维素酶、木瓜蛋白酶对袖珍菇多糖提取工艺进行了研究,结果发现木瓜蛋白酶效果最好,其次是果胶酶,即使是纤维素酶的提取率也高于水浸提 40% 以上。

张帅等^[29]用纤维素酶和果胶酶形成的复合酶提取猴头菇多糖,发现 pH 在 4.0~4.5 时酶活性较高;酶活性随温度升高而增加,超过 50℃ 逐渐失活;提取时间 90 min 为宜;酶用量超过 2.5% 后作用增加不明显。夏平等^[30]用果胶酶与纤维素酶形成的 1:1 的复合酶提取桑叶多糖,最佳工艺是温度 50℃、pH 4.5,酶用量 1%,提取时间 60 min,提取率可达 14.32%。

1.6 超高压提取

利用超高压迫使植物细胞壁破裂,释放出内部可溶物,这种方法具有操作温度低、提取时间短、提取率高、杂质少、不影响活性等特点,是一种很有前景的提取方法。其工艺过程是将样品倒入水中,搅拌形成悬浮液,调节 pH,装入聚乙烯袋中在高压容器中进行高压处理,过滤、减压浓缩得到多糖。凌庆枝等^[31]发现提取桑叶多糖的最佳工艺条件是压力 300 MPa、超高压处理时间 45 min、pH = 9.0、料液比 1:46,多糖提取率达到 2.23%。

1.7 醇碱提取法

醇碱提取法是按比例向样品中加入碳酸钠乙醇溶液,在一定温度下回流。经过滤、浓缩,然后用醇沉的方法得到多糖。如田洛等^[32]用该方法得到了比水提醇沉法更高的提取率,当料液比 1:10, pH = 12 的质量分数为 5% 碳酸钠乙醇溶液,在 90℃ 下提取 90 min,提取率可达 19.15%。红外光谱分析表明,采用该方法在残渣中黄芪多糖的残留量最低。

1.8 回流提取法

用回流来替代浸提。方法是先对样品水溶液在一定温度下回流,经浓缩后醇沉。除了水,也有采用乙醇回流报道,但是效果不如水。如聂小华等^[33]在提取黄芪多糖时,采用料液比 1:10,回流 60 min,分离后将残渣再加水回流 40 min,合并 2 次提取液浓缩到体积的 1/5,加 4 倍的工业酒精,在 4℃ 下静置,

收集沉淀多糖。研究表明该方法得到的黄芪多糖对 ConA 诱导的 T 淋巴细胞增殖具有显著的促进作用。

1.9 超滤分离法

超滤是一种膜分离技术。由于超滤膜特殊的不对称微孔结构,在一定压力下,可使水等溶剂分子通过,而多糖、病毒、蛋白质等大分子溶质不能通过。利用滤膜的这一特性,可以将溶液中的多糖从水溶液中分离出来。超滤法分离多糖效率高、对活性无影响、操作简单、能耗低、无污染,适合连续分离操作,便于工业化,尤其适合分子质量较大、溶液黏度大、对温度敏感的多糖提取。但需要了解多糖分子质量大小、事先除去蛋白质等之后才能取得比较好的效果。

超滤法一般是样品加水进行浸提,清液经预处理然后超滤分离,最后得到多糖。阎超等^[34]将甘蔗叶粉碎后先用质量分数为 80% 乙醇浸泡、洗涤、干燥,按料液比 1:5 加入蒸馏水,90℃ 下浸提 6 h,然后用 0.5 μm 的超滤膜分离甘蔗叶多糖,研究表明,温度为 30 ~ 40℃、压力差为 0.15 MPa、膜面流速 20 m/s、相对分子质量为 50 000 以上的多糖占 17.2%,而相对分子质量 5 000 以下的单糖和寡糖占 35.5%。王子尧等^[35]用超滤法分离丹皮多糖,发现选用截留量为 10 kDa(1 kDa = 1 000 摩尔质量)、温度 35℃、压力为 0.21 MPa,丹皮多糖的截留率为 92.91%,多糖纯度达到 84.2%。

1.10 超临界萃取法

超临界萃取法是以超临界流体为溶剂,从固体或者液体中萃取出某种成分,并进行分离的一种技术。超临界流体既具有气体的高扩散、高渗透性,又具有液体的高溶解性,这些特性可以通过调节温度和压力加以改变,因而可以达到分离提取的目的。目前采用 CO₂ 超临界萃取法在天然产物分离方面已经成为一个非常重要的方法。

CO₂ 超临界萃取法具有溶解能力强、效率高、安全清洁、无污染等特点,尤其是具有选择性好,适合挥发性强、对热敏感以及脂溶性成分的提取分离。同时 CO₂ 具有惰性保护作用,可最大限度保护提取物的天然状态,所以活性不受影响。缺点是设备投入大、运行成本高、提取范围有限,同时由于多糖类化合物分子质量大、羟基多、极性较强,单独用 CO₂ 萃取产率低。

张素霞^[36]采用超临界 CO₂ 辅助提取法,研究了萃取压力、萃取温度和萃取时间对香菇多糖提取率的影响,结果表明萃取压力是影响最大的因素,其次

是萃取温度,与传统水提相比显著提高了多糖的提取率。赵子剑等^[37]利用 CO₂ 流体萃取茯苓多糖提取工艺,得到的最佳提取条件为萃取温度 35℃、萃取压力 20 MPa、萃取时间 4 h,夹带剂(水)用量 0.4 mL/g。

此外,其他一些超临界流体也有应用,例如娄冠群等^[38]采用亚临界水(过热水)提取法研究可溶性大豆多糖提取工艺,结果表明,当提取温度 150℃、提取时间 11 min、料液比 35:1 时,得率为 22.8%,高于传统水提法。

1.11 双水相萃取法

所谓双水相是指由 2 种化学结构不同的亲水性高聚物(例如聚乙二醇-葡萄糖)或者一种亲水性高聚物与无机盐(例如聚乙二醇-磷酸铵)在水中以适当的浓度形成的互不相溶的 2 个水相体系。在这样的体系中,一些生物分子或者蛋白质等大分子会因为 2 个水相间分配系数的差异,因而溶解度不同。双水相萃取技术就是利用这一原理分离提取生物活性物质的。作为 1 个近年来新发展起来的分离技术,双水相萃取法具有操作条件温和、处理时间短、后处理简便,不会引起生物活性物的失活和变性,因而已广泛应用于生物化学、细胞生物学和生物化工等领域,尤其是在分离提取蛋白质、提取抗生素和分离生物活性物等方面。

邢健敏等^[39]探讨了聚乙二醇-硫酸铵双水相体系对芦荟多糖提取分离工艺。研究发现聚乙二醇-硫酸铵具有较好的分相能力。采用聚乙二醇 6000/硫酸铵双水相体系从芦荟中提取的芦荟多糖含量高于传统水提法。

1.12 复合方法

将多种方法结合起来也会达到比较好的提取效果。如杨宏志等^[27]用酶-超声波法萃取沙棘多糖,将沙棘果渣按料液比 1:50 加水,调节 pH = 7.5,在 45℃ 下加入 2% 的木瓜蛋白酶,并用超声波处理 20 min,继续酶处理 30 min,灭酶后,得到沙棘多糖提取量为 81.5 mg/g,高于酶提取法的 65.91 mg/g。谢红旗等^[40]用中性蛋白酶辅助水提-超滤膜分离方法,研究了酶法提取条件和膜分离参数选择,先用中性蛋白酶在 pH 4.8,温度 50℃ 下处理 60 min,再在 35℃、压力 0.15 MPa 下,用截留分子质量 300 kD 的陶瓷超滤膜处理,透过液再通过 50 kD 陶瓷超滤膜,经浓缩、乙醇沉淀、干燥所得到的中等分子质量的多糖,纯度可达 80% 以上,将截留分子质量 300 kD 的超滤膜截留液剔除蛋白质后可得大分子多糖,多糖质量分数可达 92%。

2 总结与展望

多糖提取方法中最基本的方法是水提醇沉法。在此基础上通过改变溶液 pH 可以变化为酸碱提取法,这种提取法尽管可能提高多糖的提取率,但是易造成多糖结构破坏、活性降低。将一些物理辅助手段用于水提醇沉法上,可以得到微波提取法、超声波提取法,这 2 种方法提取率高、简单,因而具有广泛的应用前景。将酶用于水提醇沉法,可以得到酶提取法,它不仅提高了提取率,而且能保持多糖的天然活性。此外,近年来其他一些新型的提取方法在多糖提取中的应用也越来越引起人们的关注,如超滤分离法、超临界萃取法、双水相萃取法等。这些新的方法对某些多糖的提取具有很好的效果,很值得进一步研究。

目前评价多糖提取方法主要还是依赖多糖提取率的高低,但是实际上多糖的活性大小也是 1 个十分重要的指标。如何在保证多糖天然活性的基础上提高提取率还缺乏深入地研究。从现有的提取方法来看,采用酶提取法、超临界萃取法与超声波法结合将是今后的一个发展方向,此外一些新的分离方法如超滤和双水相萃取法也具有相当的研究价值。

参考文献

- [1] 王新琪,蔡广知,韩梅,等.冬瓜皮多糖提取工艺研究[J].吉林农业大学学报,2010,32(1):54-57,61.
- [2] 刘建长,姜波,刘亮,等.枸杞子多糖提取工艺优化及体外抗氧化活性研究[J].时珍国医国药,2009,20(3):661-663.
- [3] 任守利,刘塔斯,刘宇婧,等.大麻多糖提取工艺的研究[J].湖南中医药大学学报,2010,30(1):37-40.
- [4] 曾哲灵,梁丽军,季闯,等.大蒜多糖提取工艺优化及体外抗氧化活性研究[J].食品工业科技,2009,30(4):200-202.
- [5] 肖怀秋,李玉珍.车前草粗多糖提取及生物学活性研究[J].食品与发酵科技,2009,45(3):37-40.
- [6] 田春莲,文赤夫,吴文滔.飞龙掌血多糖提取工艺研究[J].中药材,2010,33(3):462-464.
- [7] 李天金,翟树平,李浩,等.刺五加多糖提取纯化工艺的优化[J].安徽农业科学,2009,37(17):7977-7980.
- [8] 周增志,周斌星,王燕.普洱茶茶多糖提取工艺研究[J].安徽农业科学,2009,37(11):5117-5119.
- [9] 王丽艳,荆瑞勇,阮洪生,等.芦柑皮中水溶性多糖提取条件的研究[J].食品科学,2009,30(6):117-119.
- [10] 于伟伟,常继东.灵芝多糖提取条件的响应曲面法优化研究[J].江苏农业科学,2009(1):259-262.
- [11] 刘忆冬,翟金兰,梁海成.苦瓜多糖提取技术的研究[J].粮油加工,2009,4:133-135.
- [12] 齐祥明,王静,侯冰,等.芦荟多糖提取工艺的优化[J].食品研究与开发,2009,30(4):16-18.
- [13] 李颖,李庆典.北沙参多糖提取工艺的研究[J].食品科技,2009,34(1):171-173.
- [14] 施翠娥,蒋立科,李苗苗.大豆多糖提取分离工艺的优化研究,安徽农学通报,2009,15(3):148-150.
- [15] 丁重阳,张笑然,张梁,等.姬松茸胞内多糖碱提取工艺的研究[J].生物加工过程,2008,6(5):21-26.
- [16] 王志刚,姜红,朱蓓薇.碱法提取木耳渣中多糖的研究[J].大连轻工业学院学报,2007,26(3):206-209.
- [17] 廖丽娟,李英姬,金光洙.松茸多糖提取工艺及质量测定[J].延边大学医学学报,2008,31(3):370-371,471.
- [18] 李波,索晓敏,芦菲,等.鸡腿菇菌柄多糖提取工艺的研究[J].食品工业科技,2010(5):128-240,244.
- [19] 周裔彬,汪东风,杜先锋,等.酸化法提取海带多糖及其纯化的研究[J].南京农业大学学报,2006,29(3):103-107.
- [20] 任初杰,姚华杰,王承明,等.酸提花生粕多糖工艺研究[J].食品科学,2007,28(9):128-132.
- [21] 谷绒.超声波和微波法对木耳多糖提取量的比较[J].食品研究与开发,2010,31(3):23-25.
- [22] 李双妹.黄精中多糖提取及其含量的测定[J].濮阳职业技术学院学报,2009,22(3):133-135,144.
- [23] 李德海,孙常雁,孙丽洁,等.微波辅助法提取滑菇多糖的工艺研究[J].食品工业科技,2008,29(4):226-228.
- [24] 延绥宏,李稳宏,蔡静,等.菊花多糖超声提取工艺及数学模拟[J].中国医院药学杂志,2010,30(3):188-190.
- [25] 李兰,蒋爱凤.均匀设计法优化山药多糖提取工艺的研究[J].江苏调味副食品,2010,27(1):10-12,16.
- [26] 宋清焕,赵喜.物理条件对黄芪多糖提取的影响[J].安徽农业科学,2010,38(9):4422-4426.
- [27] 杨宏志,钟运翠,阎福林,等.沙棘多糖提取工艺研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,2009,21(2):68-71.
- [28] 刘青娥.酶法提取袖珍菇多糖工艺的研究[J].食品研究与开发,2008(2):53-56.
- [29] 张帅,沈楚燕,董基.酶法提取猴头菇多糖的研究[J].河南工业大学学报:自然科学版,2010,31(2):76-79.
- [30] 夏平,谢何青.复合酶法提取桑叶中多糖的工艺条件优化[J].安徽农业科学,2009,37(1):198-199.
- [31] 凌庆枝,李晓,魏兆军,等.桑叶多糖超高压提取工艺研究[J].食品与机械,2008(2):50-57.
- [32] 田洛,宣依昉,范荣军,等.醇碱提取法提取黄芪多糖[J].吉林大学学报:理学版,2006,44(4):652-657.
- [33] 聂小华,史宝军,敖宗华,等.黄芪多糖的提取及其对淋巴细胞增殖的影响[J].安徽农业大学学报,2004,31(1):34-36.
- [34] 阎超,黄建城,刘昔辉,等.超滤法提取分离甘蔗叶多糖的研究[J].生物技术,2008,18(3):49-51.
- [35] 王子尧,陈彦,孙文秀,等.超滤法分离丹皮多糖的研究[J].膜科学与技术,2009,29(4):98-100,116.
- [36] 张素霞.香菇多糖提取工艺的比较研究[J].长江蔬菜,2009,14:52-55.
- [37] 赵子剑,连琰,王国全,等.正交实验法优化二氧化碳超临界流体萃取茯苓多糖工艺参数[J].时珍国医国药,2008,19(7):1628-1629.
- [38] 娄冠群,张永忠,李振艳,等.亚临界水提取豆渣中可溶性大豆多糖工艺研究[J].中国油脂,2010,35(5):61-63.
- [39] 邢健敏,李芬芳,梁逸曾,等.聚乙二醇/硫酸铵双水相体系提取分离芦荟多糖及含量的测定[J].中国药学杂志,2007,42(7):541-544.
- [40] 谢红旗,周春山,杜邵龙.酶法提取超滤分离香菇多糖新工艺研究[J].食品科学,2007,28(4):217-219. ■