

# 柑橘皮里功能性物质种类及其提取工艺的研究进展

苏东林<sup>1,2</sup>, 单杨<sup>1</sup>, 李高阳<sup>1</sup>

(1. 湖南省农产品加工研究所, 湖南 长沙410125) (2. 湖南农业大学食品科技学院, 湖南 长沙 410128)

**摘要:** 柑橘类水果是全世界最大宗产量的水果之一, 皮渣作为其主要副产物占柑橘总量的20%~40%, 具有较大的利用价值。本文综述了柑橘类主要副产品(香精油、果胶、天然色素、膳食纤维、黄酮类化合物和类柠檬苦素)的功能特性, 以及国内外对这些物质的提取情况; 并对我国柑橘加工产业提出了建议。

**关键词:** 柑橘皮; 功能性成分; 提取工艺; 建议

中图分类号: TS255; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2007)03-0090-05

## The Advance in Investigation of Functional Compounds in Citrus Peels and Their Extraction

SU Dong-lin<sup>1,2</sup>, SHAN Yang<sup>1</sup>, LI Gao-yang<sup>1</sup>

(1. Hunan Provincial Research Institute of Agricultural Product Processing, Changsha 410125, China)

(2. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** Citrus fruit is one of fruits with high yield in the world and peel pomace, the mainly byproduct with 20%~40% content in the total citrus fruit, has many application values. In this article, the characteristics and functions of main citrus byproducts, including essential oils, pectin, natural colours, dietary fiber, flavonoids and limonoids, were summarized. Researches on the extraction of those byproducts at home and abroad are reviewed. Some suggestions are made for the processing of citrus in China.

**Key words:** citrus peel; physiologically-active compound; extraction method; suggestion

柑橘皮是柑橘果实加工后余留最大宗的副产品, 其内含丰富的生理活性成分及磷、钾、钙、铁等微量元素<sup>[1]</sup>。中医观点认为: 柑橘皮味辛、苦、性温, 其功能主要为化痰止咳、理气止痛, 可入药。其所含营养成分除氨基酸外, 其余均高于果肉, 尤其是富含有一定生理活性成分如黄酮类、维生素C、类胡萝卜素等物质, 使柑橘皮及提取物具有多重生理功效<sup>[2]</sup>。传统处理方法是将其直接进行丢弃、填埋或少部分加工成饲料, 从环境和经济角度分析, 都是不科学不合理的解决途径, 造成了极大的浪费。本文拟着重对柑橘皮中存在的生理活性成分作用和提取情况加以论述。

### 1 香精油

柑橘香精油是重要的化工及医学原料。研究表明, 柑橘皮油具有祛痰、止咳、促进肠胃蠕动、促进消化液分泌、镇痛、溶解胆结石及消炎抗菌等作用<sup>[3]</sup>。从柑橘皮中提取香精油的常用方法有水蒸汽蒸馏法、压榨法(冷榨法)、和溶剂浸提法(冷磨法)<sup>[1]</sup>。冷磨

油不经化学或热处理, 以机械方法破坏油胞, 用喷淋水把油冲洗出来, 再通过离心分离而制得。冷磨萃取法有效地保持了香精油的各种性能, 是一种较好的香精油提取方法。郑旭熙<sup>[4]</sup>等认为石油醚是最经济实惠的萃取溶剂; 以出油率为考察指标, 冷磨萃取法适宜的具体工艺条件为: 搅拌时间20 min, 石油醚溶剂与冷磨液体积比2:5(冷磨液中橙皮与水的质量比为1:5), 萃取次数1次; 精制后香精油得率为1.92%, 其中含柠檬烯86.36%。冷榨油一般先用石灰水浸泡果皮使之硬化, 再压破油胞, 并用水喷淋洗出, 通过离心分离而得到。蒸馏油是把果皮粉碎后或把冷磨或冷榨油排出的油渣、废水进行蒸馏得到的。由于加热, 使香精油香气的重要成分如醇类、醛类、脂类, 遭受较大损失; 因而, 蒸馏法生产的香精油品质最差。以上三种方法的精油提取率均较低, 一般为果实的0.2%~0.5%<sup>[5]</sup>。沈致隆<sup>[6]</sup>等研究发现, 应用超临界二氧化碳萃取技术从柑桔皮中回收提取并浓缩香精油, 通过气、液相色谱分析比较, 得出含氧化合物与萜烯烃在超临界相中的比例分别为0.084和0.0224, 含量明显高于常规方法所获得的香精油。郭明学<sup>[7]</sup>等用超临界

收稿日期: 2006-09-14

作者简介: 苏东林, 硕士研究生, 研究方向是食品安全及检测

CO<sub>2</sub>萃取橙皮油,在40~80℃及140~160 kg/cm<sup>2</sup>条件范围内,能选择性地萃取出散发出浓郁橘香且富含天然色素的橙皮油。丁一刚等<sup>[8]</sup>实验研究表明萃取温度、萃取压力是影响甜橙皮油得率的两个主要因素,且在萃取温度50~60℃、萃取压力16~18 MPa的范围内可选择性获得浓郁桔香味且富含天然色素的精甜橙皮油。在Su-Nanwei等<sup>[9]</sup>利用硅胶对香油进行除杂浓缩基础上,Chouch等<sup>[10]</sup>又发展用CO<sub>2</sub>超临界萃取精油中的萜烯类化合物并得到最佳的解吸数据。Mira等<sup>[11]</sup>研究了利用超临界二氧化碳技术提取干燥脐橙皮中香油,选取压力8~28 MPa、温度20~50℃、流量0.5~3.5 kg/h、粉碎粒度0.1~10 mm,得出提取柠檬油精最佳条件为12.5 MPa和35℃,快速提取时粉碎粒径需在2 mm以下。孙爱东等<sup>[12]</sup>采用甜橙皮作为实验材料,研究超临界状态下粉碎粒度、温度及压力对油脂萃取率影响,为批量生产提供了依据。超临界流体萃取是较为理想的提取方法,但设备昂贵,操作繁杂,对原料的水分、粉碎程度等有一定工艺要求。采用先进的真空冷冻干燥技术<sup>[13]</sup>,在-30℃左右低温条件下,利用冰晶升华原理,在高真空环境下,将已冻结物料水分不经过冰的融化直接从固态升华为水蒸汽,从而使物料脱除水分,有效地保护了芳香成分,获取更优质的香精油<sup>[14]</sup>。李于善等<sup>[15]</sup>采用先冷榨,再高速离心分离,最后以己烷低温浓缩,真空蒸发除去痕量己烷的方法,成功地提取了柑橘香精油。

## 2 果胶提取

果胶是一种良好的增稠剂与稳定剂,被广泛应用于食品工业中;在医药工业中果胶可用来制造泻剂、止血剂、血浆代用品等,更重要的是果胶还是重金属的解毒剂和预防剂等<sup>[16]</sup>。提取果胶是柑橘果实加工后利用渣料的典型途径。目前,从柑橘中提取果胶的方法主要有酸提取乙醇沉淀法、离子交换法、酸提取盐沉淀法、酶法、微生物法<sup>[17]</sup>。酸提取乙醇沉淀法主要是利用在酸性条件下原果胶可水解成果胶,以及在酸性条件下果胶较易溶出,然后用乙醇对其进行沉淀。这种方法生产工艺简单,所得果胶纯度高,色泽好,但乙醇用量大,生产成本较高。张法忠<sup>[18]</sup>等通过实验得出了果胶产量最高的浸泡时间为2 h左右、水解时间为2.5 h左右、pH值为2~3、水解温度为85~95℃。张争光<sup>[19]</sup>等认为酸法提取果胶的最佳工艺条件是:将柑橘皮渣粉末置于10倍重量的提取液中,调节pH值至1.5,加热至85℃并恒温60 min即可。赵静<sup>[20]</sup>等在用酸对柑橘皮中的果胶提取的研究中发现,酸的种类、pH

值、温度、时间对果胶的得率和果胶胶凝强度的影响是不同的;还得出酒石酸的提取效果要比盐酸好的结论。汤青云<sup>[21]</sup>等用三级逆流浸提工艺得到果胶收率约为果皮渣(绝干质量)的25%离子交换法主要是利用阴离子交换树脂对果胶提取液进行“吸附”,使带负电荷的果胶“挂”在树脂上,然后通过洗脱液进行洗脱。酸提取盐沉淀法是利用果胶与高价金属离子生成沉淀,使其从果胶提取液中分离,然后进行脱盐处理。但用铝盐沉淀产率较低,沉淀颗粒较小,难以分离;用高价铁盐产率较高,但沉淀颜色较深<sup>[22]</sup>。赵伟良<sup>[23]</sup>曾提出用铁铝混合溶液沉淀形成果胶酸盐的絮状沉淀,得到的产品沉淀色泽好,产率高。酶法、微生物法主要利用添加在其间的酶制剂或微生物所分泌的酶促进原果胶的分解和果胶的溶出。Cho Chang-Won<sup>[24]</sup>等应用响应面设计方法对柑橘果汁加工废水中回收果胶的工艺进行了优化。

## 3 膳食纤维的提取

膳食纤维按溶解特性分为不溶性膳食纤维(IDF)和水溶性膳食纤维(SDF)两大类。IDF主要是细胞壁的组成成分,包括纤维素(CEL)、半纤维素(HC)、木质素(Lignin)、原果胶(Protopectin)、壳聚糖和植物蜡等。SDF主要指植物细胞内的储存物质和分泌物,还包括部分微生物多糖和合成类多糖如水溶性果胶(WSP)、瓜儿胶、藻酸钠、葡聚糖和真菌多糖<sup>[25]</sup>。中性洗涤剂纤维(NDF)主要由CEL、HC和木质素等不溶性膳食纤维组成。酸性洗涤剂纤维(ADF)主要由CEL和木质素组成<sup>[26]</sup>。Porzio<sup>[27]</sup>等人的研究表明柑橘类膳食纤维具有独特的功能特性,可作为一种优质的食品添加剂。美国药品和食品管理局(FDA)裁定,高SDF结合低饱和脂肪、低胆固醇膳食,可以显著降低心脏病的发生率<sup>[28]</sup>。柑橘类纤维与谷类纤维相比,有很大的不同。谷类纤维如谷物麸皮、小麦麸皮和大麦渣SDF的含量相当低,分别只有0.40%、2.87%和1.69%<sup>[29]</sup>,而柑橘果皮和果肉中的SDF含量分别在8.89%~15.39%和5.39%~18.22%之间,其中柠檬果肉SDF含量分别是谷物麸皮的45.6倍,小麦麸皮的6.35倍和大麦渣的10.78倍;在柑橘皮中纤维素和半纤维素约占50%~60%,由于柑橘纤维中还含有维生素C和Ca、K等矿物元素,以及较高浓度的类黄酮<sup>[30]</sup>,因此它更具有一些别的纤维类产品所难以比拟的优点,是提取膳食纤维的良好原料。

R.J.Braddock<sup>[31]</sup>等对从柑橘皮中提取膳食纤维做研究,并且测定了其组成。其结果分析表明,在所提

取的膳食纤维中主要由纤维素、半纤维素、果胶、木质素组成,分别占干果皮总重的10.8%、12%、19.3%和6.6%。其提取工艺如下:橙皮→削去黄皮层→只保留白皮层→绞碎至0.6 cm→用水浸提30 min(料水比1:25)→过滤,收集滤渣→干燥→粉碎→甲醇洗涤→乙醚洗涤→真空干燥。用水浸提的主要目的是除去还原糖,防止纤维素粉在放置过程中发生褐变。甲醇、乙醚洗涤主要是除去蛋白质、香精油、类黄酮等以防止褐变和减轻苦味<sup>[17]</sup>。潘明<sup>[32]</sup>等研究了以加热加压法从锦橙皮渣中提取DF的影响因素和工艺参数。结果表明:加热温度、加热时间、均质压力和次数是提取DF的主要影响因素,其中温度对DF的得率以及SDF与IDF的比值影响最大,提取的最佳条件为水料比40:1,加热温度90℃,加热时间20 min,均质压力40 MPa,均质次数1次。

#### 4 黄酮类化合物

黄酮类化合物是一类具有C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>结构的酚类化合物的总称,是色原酮或色原烷的衍生物。柑橘中所含有的黄酮类物质主要为黄烷酮、黄酮、黄酮醇及仅存在于血橙中的花色苷。目前已从柑橘中鉴定出来的黄酮类化合物有60余种,最常见的为橙皮苷、柚皮苷、新橙皮苷、柚皮素芸香苷等二氢黄酮类<sup>[33]</sup>。黄酮类物质在人和动物体具有抗肿瘤、抗病菌、抗炎、降低毛细血管脆性、抗过敏、抑制血小板凝集等多方面的药理作用<sup>[34]</sup>。橙皮苷(甙)和柚皮苷(甙)是目前柑橘属黄酮中最主要的研究对象。

严赞开<sup>[35]</sup>等探讨了从提取桔皮色素后的滤渣中提取橙皮甙的新工艺,试验表明,主要浸提剂(饱和氢氧化钙溶液)与干滤渣的重量比为20:1,在50℃下保温3 h,浸提率可得1.5%,且橙皮甙的色泽好。王德友<sup>[36]</sup>等以柑橘落果为原料提取橙皮甙,主要操作程序是:先将柑橘落果粉碎到3~4 mm,加入一定量的水,再用生、熟石灰混合粉调节到pH为11至12,搅拌浸提1.5 h;过滤,酸化,收集固体,最后干燥,就可以得到纯度约为90%的橙皮甙,提取率为8.4%左右。汤建国<sup>[37]</sup>等在超声波作用下,用饱和Ca(OH)<sub>2</sub>水溶液浸提、盐酸酸析,从柑橘汁加工下脚料—柑橘果皮中提取橙皮甙。以精制橙皮甙收率为评价指标,利用正交实验筛选最佳工艺条件为:超声提取温度25℃、超声时间30 min、饱和Ca(OH)<sub>2</sub>溶液与柑橘皮质量比4:1、超声频率25 kHz。按优选的最佳工艺实验3次,精制橙皮甙平均收率达2.32%(为常规浸提法的1.61倍),相对标准偏差(RSD)为0.91%(n=3)。谭世语<sup>[38]</sup>等对其提取做研究,

其工艺为:柑橘皮→切碎(5 mm)→浸泡在pH 12~13的NaOH 6~8 h→压滤、收集滤液→HCl调节pH至4~5,搅拌后静置10 h→过滤、收集沉淀→清洗→粗品→用80℃热水重新溶解、过滤、冷却、静置4 h,使其重结晶→低温干燥(70℃)→成品。将橘皮加入1%的石灰粉,直接榨汁,经酸化,可得11°Bx~14°Bx糖蜜,直接发酵制取酒精,榨渣经饱和石灰水浸泡,可得到高得率的橙皮苷<sup>[39]</sup>。将橘皮干燥切块,酸解,提取果胶,果胶得率为13%~14%;将滤渣冲洗,碱处理取滤液,用盐酸沉淀,可产得率为4%~4.5%的橙皮苷<sup>[7]</sup>。李勇<sup>[40]</sup>用饱和石灰水浸泡橙皮,保持pH为11至12之间,并加入适量偏重亚硫酸钠,数小时后,经过滤,取过滤液,并用盐酸调节至pH 6~7,放置过夜,有白色粉末状固体析出,此为粗橙皮甙。周小华<sup>[41]</sup>等研究了用D-254树脂从柑桔加工废水中吸附回收橙皮苷的方法,在pH=8.0,树脂:废水=1:100(m/v)时,D-254树脂可吸附废水中96.3%的橙皮苷,被吸附的橙皮苷用pH 5.5,95%的乙醇洗脱,回收率为92.6%,产品纯度达到91.4%。张国福<sup>[42]</sup>采用焦性没食子酸还原法从果渣中提取橙皮苷,焦性没食子酸有易溶于乙醇的特点,在用乙醇重结晶时,剩余少量的焦性没食子酸能溶于乙醇中,从而起到对产品的抗氧化作用,使产品中橙皮苷的成分大大提高,此方法产率高,纯度高。

传统柚苷提取工艺,由于提取过程中柚皮中果胶、蛋白质、色素、多糖等成分同时进入提取液,致使产品纯度低,需要多步重结晶法纯化,从而使得溶剂、能量和单耗大幅增加。李炎等<sup>[43]</sup>采用超滤法从柚皮中提取柚苷,在超滤操作加压力控制为0.15~0.25 MPa,循环通量180 L/h,料液pH 9~10,温度50℃时,所得产品纯度可达95%。中国农业科学院柑桔研究所采用盐类或发酵处理提取浓缩液,从而大大降低提取浓缩液的粘度和糖分,使黄酮苷特别是柚苷结晶析出快且收率高<sup>[44]</sup>。陈仪本<sup>[45]</sup>等用4倍鲜柚皮加水量,在50℃条件下用Ca(OH)<sub>2</sub>调节pH 7~7.5浸提3 h,所得总柚皮甙抽提率为2.95%~4.75%(折干计)。贾冬英等<sup>[46]</sup>用25倍原料重70%乙醇,60℃条件下保温浸提1 h,两步结晶法所得柚皮苷精制品的纯度为90.01%。董朝青<sup>[47]</sup>等在提取温度90℃,乙醇浓度70%,提取时间90 min,固液比为25:1条件下提取3次,最终柚皮甙的提取率可达83.32%。

#### 5 柑橘皮色素

柑橘皮色素是一类性能较稳定、安全可靠的天然色素,可代替人工合成色素用于食品着色,同时含有维生素E,可防止癌细胞生长,尤其能治疗皮肤癌,

延迟细胞衰老和增强人体免疫力<sup>[48,49]</sup>。陶俊<sup>[50]</sup>应用HPLC技术分析我国53个柑橘品种资源的6种类胡萝卜素成分(叶黄素、玉米黄素、 $\beta$ -隐黄质、 $\alpha$ -胡萝卜素、 $\beta$ -胡萝卜素和番茄红素)含量。结果表明,柑橘果皮和果肉中均以叶黄素、玉米黄素、 $\beta$ -隐黄质为主, $\beta$ -胡萝卜素含量较低, $\alpha$ -胡萝卜素极低。与果肉相比,柑橘果皮中叶黄素、玉米黄素、 $\beta$ -隐黄质的单位鲜重含量分别为果肉的2.5~15倍,是柑橘果实中主要类胡萝卜素存在部位。桔皮黄色素主要分为水溶性色素(桔黄素A)和脂溶性色素(桔黄素B)。Rosenberg<sup>[51]</sup>通过d-柠檬油精提取柑橘皮中类胡萝卜素,研究料液比、颗粒大小和提取时间、温度,得出两步提取法,料液比1:2,1 kg Valencia桔中可得到4.5 g粗色素浓缩液,证实d-Limonene是提取柑橘皮中类胡萝卜素的良好提取剂。国内近年来出现了一些对桔黄色素提取研究报告,张鸿发<sup>[52]</sup>将桔皮烘干,粉碎粒径至40目后,溶剂浸泡,抽滤,蒸馏得红色馏液,并回收溶剂。收集溶剂量为总滤液量的85%~90%再进行真空浓缩得棕红色浸膏,再用等体积石油醚萃取上层液经洗涤、干燥、蒸馏、真空浓缩可得脂溶性色素,下层液加3倍体积无水乙醇,混匀,静置2 h,离心分离后除去杂质,减压蒸馏回收乙醇,浓缩得膏状水溶性色素。李佑稷<sup>[53]</sup>通过研究得出桔黄色素最佳工艺条件是:以pH为5.0、体积分数99.7%无水乙醇为提取剂,按1 g桔皮粉加提取剂8 ml比例投料,65 °C浸提5 h。李安平等<sup>[54]</sup>研究影响微波萃取桔皮色素的各项因素及萃取桔黄色素品质,得出桔皮含水量为35%,颗粒大小为60目,40倍桔皮的乙醇为溶剂,10 min微波萃取作用下所得桔皮色素不仅收率最高,且性能稳定,质量较好。范正国<sup>[55]</sup>将挤压出橘香油后的橘皮,装入不锈钢容器内,加入浓度80%的食用酒精淹没橘皮,浸泡24 h吸出浸出液,再加入浓度为80%食用酒精淹没橘皮,浸泡24 h,吸出浸出液,合并两次橙色浸出液,在水浴条件下分馏,于75~85 °C时回收酒精,移下水浴,加热至90 °C蒸发水分后,得到橙色素;收率为60%左右,产率为橘皮质量的0.1%。李志洲<sup>[56]</sup>将鲜脐橙皮洗净,烘干,粉碎,用60%乙醇溶液浸泡,物料比(m/v)为1:5,室温下浸提8 h(搅动),用干净白纱布包裹,挤出浸提液,再用60%乙醇溶液对残渣浸提2次,合并3次浸提液,抽滤,得桔红色液体,60 °C以下减压蒸馏回收乙醇,得深黄棕色粘稠膏状体;后用95%乙醇复溶,减压浓缩,回收乙醇,得深黄棕色精制膏状色素。

## 6 结语

中国是世界第三大柑橘生产国,柑橘业的健康、良性、可持续发展事关国计民生。近年来,国内许多学者对柑橘皮渣综合利用做过不少有益的探索和尝试,但仍缺乏系统性和与产业发展相配套的战略规划。我国柑橘产业发展模式不仅仅应借鉴巴西、美国等先进柑橘生产国科学的栽培和管理技术,更重要的是实施现代加工和综合利用方法;减少资源浪费、保护生态环境,充分利用柑橘皮渣生产出高附加值的产品来提高原料利用率、降低生产成本和提高企业经济效益。

总之,柑橘皮渣富含多种功能性成分,其开发利用有着广阔的前景,应结合现代高新技术,加以综合利用。

## 参考文献

- [1] 陈纯馨,赖兴华,袁毅桦,等.从柑桔皮中提取香精油的技术研究[J].佛山大学学报(自然科学版),1997,15(2):68-72.
- [2] 丁晓雯.柑桔皮提取液抗氧化及其它保健功能研究[D].西南农业大学博士学位论文,2004:28.
- [3] 肖崇厚.中药化学[M].上海:上海科学技术出版社,1997. 265, 465.
- [4] 郑旭熙,殷钟意,洪燕,等.从橙皮中提取香精油的工艺条件研究[J].天然产物研究与开发,2003,15(6):528-530,535.
- [5] 高彦祥,方政.柑橘类果汁加工副产品综合利用研究进展[J].饮料工业,2005,8(1):1-7.
- [6] 沈致隆,吴爱萍.柑桔香精油中萜烯化合物的超临界CO<sub>2</sub>萃取[J].食品工业科技,1997, (3):4-7.
- [7] 郭明学,童景山,严彤心.超临界CO<sub>2</sub>萃取橙皮油的实验研究[J].化学工程,1990(1):28-31.
- [8] 丁一刚,曾嘉,吴元欣,等.超临界流体CO<sub>2</sub>萃取甜橙皮油的工艺研究[J].湖北化工,2000(3):17-18.
- [9] Su-Nanwei,Liu-Hwany ,choog-Youk Meny.Fractionation of endogenous enzyme treated citrus peeloil by silica gel fast column chromatography.J.Chinese Agricultural Society.1999, 37 (2):276-288.
- [10] Chouchi,D.Bartn, D.Reverchon,E.Bigarade peeloil fraction by supercritical carbon dioxide desorption.J.Agric. Foodchem.1996, 44(4):1100-1104.
- [11] ALTOMARE R E.Citrus albedo bulking agent and process therefor[P].U S Patent 4,526-794,1985.
- [12] 孙爱东,葛毅强,倪元颖,等.CO<sub>2</sub>超临界流体萃取技术提取甜橙皮精油的研究[J].食品工业科技,1999,20(3):7-8.
- [13] 张志纯译.冰冻干燥法[M].台湾徐氏基金会出版,1987.
- [14] 王岚.天然植物香精油的开发利用[J].中国油脂,2003,28 (12): 86-89.

- [15] 李于善,贺艳,邓静,等.柑橘精油的提取及提高其香气品质的研究[J].食品与发酵工业,2004,30(11):51-54.
- [16] 王敏.用柑橘皮制取果胶粉的生产技术[J].农产品加工, 2003, (9):30.
- [17] 乔海鸥,丁晓雯,张庆祝.柑橘皮的综合利用[J].浙江柑橘, 2003,20(2):31-35.
- [18] 张法忠,朱启忠.柑橘皮中果胶提取条件的研究[J].资源开发与市场,2004,20(6):455-457.
- [19] 张争光,李于善.用柑橘皮渣提取果胶的工艺优化研究[J].吉林化工学院学报,2003,20(1):10-12.
- [20] 赵静,吴永娴,冯叙桥,等.柑橘果胶提取的研究[J].西南农业大学学报,1994(5):300-333.
- [21] 汤青云,等.柑橘皮中橘皮油、果胶、橙皮苷的提取与利用[J].湖南城市学院学报(自然科学版),2003,24(6):103-104.
- [22] 刘蕤,何秋星.柑桔果皮的深加工与综合利用[J].韶关学院学报,2002(6):78-83.
- [23] 赵伟良.混合盐析法从柑桔皮中提取果胶[J].广西化工, 1994, (4):27.
- [24] Chocw,Leedy, Kimcw.Concentration and purification of soluble pectin from mandarin peels using crssflow microfiltration system[J].Carbohydrate Polymers,2003,54, (1): 21-26.
- [25] 郑建仙.膳食纤维研究中应注意的几个问题[J].中外技术情报,1995(2):5-7.
- [26] Van-Soest PT,Wine RH.Use of detergeats in the analysis of fibrous feeds[J].Journal of the Association of Offical Analytical Chemists,1967(50):50-55.
- [27] Braddock R J,Cadwallader K R.Citrus by-products manufacture for food use[J].Food Technology, 1992, 46(2):105.
- [28] 祝渊.柑橘果实膳食纤维的研究[J].果树学报,2003,20, (4):256-260.
- [29] Grigelmo-Miguel N,Cornstein S,Martin-Bellose O.Characterization of peach dietary fiber concentrate as a food ingredient[J].Food Chemistry,1995(65):175-181.
- [30] 郑建仙.低能量食品[M].北京:中国轻工业出版社,2001.
- [31] R.J.Braddock,P.G.Crandall.Carbohydrate fiber from orange albedo[J].Food Science,1987,46(2):650-654.
- [32] 潘明,王世宽.锦橙皮渣膳食纤维提取研究[J].四川轻化工学院学报,1999,12(4):54-58.
- [33] 贾冬英,姚开,谭敏,等.橘果皮中生理活性成分研究进展[J].食品与发酵工业,2002,27(11):74-77.
- [34] Russo A,et al.Cell Biol.Toxicol, 2000, 16, (2): 91-98.
- [35] 严赞开,王朝晖,徐小万,等.桔皮中提取橙皮甙的优化工艺[J].食品工业科技,1999,20(6):33-34.
- [36] 王德友,黄绍华,叶东,等.用柑桔落果提取橙皮甙的工艺改进研究[J].天然产物研究与开发,1990,2(4):81-85.
- [37] 汤建国,汪秋安,单杨.从柑橘皮中超声提起橙皮甙[J].精细化工,2004,21(3):171-173.
- [38] 谭世语,马蓓蓓,张贤飞.从鲜橙皮中提取橙皮甙的一种方法[J].重庆大学学报(自然科学版),1991,14(6):119-120.
- [39] 饶志明.从柑橘皮中同时制取乙醇和橙皮苷的新方法[J].漳州师范学院学报(自然科学版),2000(6):57-59.
- [40] 李勇.柑桔甙生产工艺探讨[J].食品科学,1994,7(4):16-20.
- [41] 周小华,康佳捷,任绍光,等.从柑桔加工废水中吸附回收橙皮苷[J].离子交换与吸附,1994(5):434-437.
- [42] 张国福.从提取果胶后的果渣中提取陈皮甙[J].现代化工,1994(9):14-15.
- [43] 李炎,毛新武,赖旭新,等.超滤法从柚皮中提取柚甙[J].食品科学,1997,18 (5):36-38.
- [44] 翟羽翼.从植物中提取黄酮苷(特别是柚苷)的方法[J].专利文摘,1992 (9):15.
- [45] 陈仪本,黄小茉,欧阳友生,等.柚皮甙提取工艺的研究[J].生态科学,2002,20 (3):109-114.
- [46] 贾冬英,姚开,谭敏,等.柚皮中柚皮苷的乙醇提取工艺研究[J].中草药,2002,33 (8):801-802.
- [47] 董朝青,蒋新宇,周春山.柚子中柚皮苷提取工艺研究[J].湖南文理学院院报(自然科学版),2004,16 (1):34-36,62.
- [48] 石桂凤,朱玉昌.柑桔皮综合利用的实用技术[J].食品工业科技,1989(5):41-45.
- [49] YEN W J.Isolation of xanthophylls from Taiwanese orange peels and their effects on the oxidation stability of soybean oil[J].Food Chemistry,1995,53 (4):417-425.
- [50] 陶俊,张上隆,徐建国,等.柑橘果实主要类胡萝卜素成分及含量分析[J].中国农业科学,2003,36 (10):1202-1208.
- [51] Rosenberg,M,Mannheim C H.Carotenoid base food colorant extracted from orange peel by d-limonene extraction process and use [J]. Lebensmittel-Wissens chaft & Techno-logy,1983, 7(5):270-275.
- [52] 张鸿发,厉建荣,周勤,等.从桔皮中连续提取色素、果胶的工艺研究[J].食品科学,2000(11):37-40.
- [53] 李佑稷,宋志娟,田宏现,等.橘皮黄色素提取工艺研究[J].食品与发酵工业,2002 (11):28-32.
- [54] 李安平,谢碧霞.桔黄色素微波萃取的研究[J].中国食品添加剂,2004(1):1 6-19.
- [55] 范国正,章湘云.柑橘果皮综合利用的研究[J].适应技术市场,2000(12):39-40.
- [56] 李志洲.脐橙皮色素的提取及稳定性研究[J].宝鸡文理学院学报(自然科学版), 2003, 23 (4):276-278.