

文章编号: 1001-1498(2003)05-0628-08

天然动植物色素的特性及其提取技术概况*

郑 华, 张 弘, 张忠和

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650216)

摘要: 综述了天然生物色素在动植物体中的分布和特定生理功能。概括了动植物色素的主要提取方法及其发展状况: 直接破碎原料、溶剂浸提、物理技术辅助浸提和现代仪器提取分离等; 指出超临界流体萃取(SFE)是较具发展潜力的高效萃取方法, 有利于提高色素产品质量。

关键词: 天然动植物色素; 浸提; 超临界流体萃取

中图分类号: Q946 文献标识码: A

天然色素广泛存在于多种生物及非生物体中, 根据其来源划分, 主要包括植物色素、动物色素、微生物色素、矿物色素等^[1~5], 颜色包括红、绿、黄、蓝、黑、棕等多种类型。目前, 各类天然色素已为人类研究利用的情况不同, 对生物色素的开发利用研究多于矿物色素, 而在生物色素中又以对各种植物色素的化学成分及性质、提取分离及精制、综合利用及加工为重点, 所涉及的植物种类遍及众多科属; 有关微生物色素的研究已在细菌分类和鉴定等传统技术上得到应用^[6]; 在动物色素的研究方面, 重点集中在某些大型哺乳动物色素的提取和直接利用上, 如从家畜中提取胆红素、食用血红素等, 对于动物界中种类最丰富的昆虫资源, 则开发利用甚少, 其中紫胶色素和胭脂虫红色素的提取及应用较具前景^[7~8], 尤其后者, 目前是化妆品色素中涉及的唯一昆虫色素, 市场供不应求, 价格昂贵^[9]。

天然动植物色素虽可广泛利用, 但其产生却并非为了人类的需要, 而是动植物体生长、代谢等过程的结果, 因此具有某些与生物学相关的特性。同时, 天然色素大多具有独特的理化性质及对环境的绿色性, 不可能用人工合成色素完全替代, 而其加工往往不如合成色素快捷、经济、批量大, 所以, 天然动植物色素的提取加工技术水平在很大程度上决定了其产业化的成本规模和效益, 对现代色素工艺的发展至关重要。

1 天然动植物色素与生物学特性

天然动植物色素由动植物的某些器官产生, 具有各种功能。目前, 国内外文献从化学结构类型方面大量探讨天然动植物色素的性质, 而对其与生物学相关的特性尚无系统报道。

收稿日期: 2002 09 16

基金项目: 云南省自然科学基金项目“胭脂虫寄主选择性研究”(2002C0027Q)和中国林业科学研究院资源昆虫研究所科研院所-企业横向合作课题“胭脂虫色素提取技术研究”(2001—2002年)的内容之一

作者简介: 郑华(1971—), 男, 重庆荣昌人, 助理研究员, 博士后。

* 陈晓鸣研究员审阅全文并提出指导性建议, 冯颖研究员提供有关日本昆虫色素的技术信息, 特此致谢!

1.1 动物色素特性

研究发现,动物色素主要分布于肌肉、循环系统、视觉器官及体表等部位,多由神经信号引起内分泌系统作用产生,具有特定的生理功能。部分大型哺乳动物体内的血红蛋白是肌肉和血液颜色的主要物质,存在于肌肉、血液的红血球中,分别称肌红蛋白和血红蛋白。在适当的pH值和温度条件下,肌红蛋白的氧化还原反应对于肉类的色泽及其稳定性具有重要意义^[1]。胆绿素等血液色素常与蛋白质形成复合体,影响动物体循环和代谢等作用;此外,对海产动物及昆虫色素的研究也表明,很多动物体内的色素成分都与蛋白质形成特殊的复合体。视觉器官中的色素细胞是角膜、虹膜、网膜的重要构成物质,对感光、成像、辨色、调节视觉分辨力等功能均有重要作用。体表色素一般与体壁的硬化、黑化过程有关,如黑色素、类胡萝卜素等,伴随动物的生长发育或取食行为逐渐在体内积累及转化,对动物体壁保护功能的产生具有重要作用;而荧光色素等体表色素则赋予动物体美丽的外观^[10]。

以昆虫色素为例,昆虫的脑神经分泌细胞产生脑激素,引起咽侧体分泌保幼激素(JH),该激素通过性腺和皮细胞层,促进多种色素(非黑色素)的形成。昆虫的血液色素一般与蛋白质分子相结合,种类较多,如 α 胡萝卜素、核黄素、叶绿素a、叶绿素b、酪氨酸、色氨酸、苯丙氨酸等。过去认为植食性昆虫血液颜色源于其吞食植物色素,此类提法现已被证实为有误或无根据,而昆虫表皮色素中的类胡萝卜素则需由植物食料中摄取获得,常以颗粒形式存在于昆虫体壁的皮细胞中,其产生和移动受激素控制^[10]。紫胶色素可见于紫胶虫体血液中,在虫体所分泌的紫胶体树脂中也有少量存在,前者受内分泌系统调控形成,后者与体壁上具有向外泌胶功能的紫胶腺作用有关。胭脂虫是同翅目(Homoptera)胭脂科(Dactylopidae)胭脂属(*Dactyloius*)昆虫,该属昆虫区别于其它科属蚱虫的主要特征之一是血液中含有红色素,反映出动物血液色素在分类学上具有实际意义^[11]。

1.2 植物色素特性

天然色素在植物体中大量分布,并广泛参与植物体的生理活动。植物的根、叶、茎、花、果实、种子中均发现有色素存在。从细胞水平看,色素主要存在于质体、液泡等细胞器及细胞壁内,分别称质体色素、胞液色素和膜色素,如叶绿体中的叶绿素、液泡细胞液中的花青素是形成植物界万紫千红缤纷色彩的关键要素^[12]。研究发现,植物色素往往与蛋白质、糖类等物质产生较稳定的结合。一直以来,细胞学、植物学等学科对质体进行划分的主要依据都是色素的类型,即:叶绿体含有叶绿素、叶黄素、胡萝卜素、类胡萝卜素,有色体含有胡萝卜素、类胡萝卜素、叶黄素,白色体不含色素^[13,14]。在生理特性方面,叶绿体由于具有发达的类囊体,形成内膜系统的基粒片层,可使吸光色素整齐定位于层内,其中的叶绿素对光合作用的重要意义早已众所周知;而有色体因其叶绿素退化和类囊体结构消失,光合作用功能处于不活动状态,一般只具有积累淀粉和脂类等作用,其中的色素(非叶绿素)多使植物的花瓣、果实、根等器官呈现黄、橙、桔红等色彩。目前,有关质体色素的研究已较为完善;另外,存在于质体和线粒体内膜结构上的多种细胞色素属于蛋白质,其相关研究也较多,但不是通常意义上所指用于提取加工的天然色素^[13,14]。植物液泡的细胞液内常溶有各种胞液色素,如黄酮、黄酮醇、花色苷糖苷等糖基化的黄烷衍生物,以及藏红花酸衍生物等糖基化的类胡萝卜素酸,由于胞液色素多与糖类结合,往往伴随糖类参与液泡渗透压的产生,并同有机酸和无机盐一起共占整个细胞液渗透值的90%左右,因此对植物组织-水分关系、涨压、刚性伸生长、抗寒性等都有实际意义。浸入植

物细胞壁的膜色素不同于质体内膜系统中的质体色素,例如木本植物心材中的各种酚类成分,是使心材呈现不同颜色的原因,并且是代谢过程中仅次于萜类的第二大类植物次生物质^[12],其中部分化合物兼有抗菌、防腐等功能。

2 天然动植物色素的提取技术

从发展状况看,天然色素的提取技术主要经历了直接破碎原料、溶剂浸提、物理技术辅助浸提及现代仪器提取分离等几个阶段。

2.1 直接破碎原料

某些植物色素富含于果实、种子等外皮或外壳中,粉碎原料即可使色素从破坏的表皮组织中透出,直接收集利用。如对番茄红素的原始提取法,影响因素主要为原料破碎程度^[15]。

2.2 溶剂浸提

以冷水或热水浸提并经过滤、蒸发浓缩处理的原始浸提法可用于收集色素粗产品,其成品纯度偏低,原料损耗大,直接用于工业化生产,经济性较差。现代溶剂浸提法必须综合考虑溶剂种类、浓度、浸提时间、温度、pH值、液比等多种因素及浸提前后的其它工艺条件。

2.2.1 溶剂种类 水是最普通的浸提剂之一。在红枫红色素的提取中,分别用水、30%乙醇、50%乙醇、70%乙醇、丙酮、乙醚、石油醚等进行试验,其中仅乙醇和水能提出红色素,其它几种只能提取绿色素,而提取效果又以水提取最好^[16],因此,对于色素原料,在进行提取之前,有必要先了解其为水易溶性或水难溶性,以便确定使用何种浸提剂。除了用水作溶剂之外,各种有机溶剂也广泛用于色素成分的浸提,如乙醇、乙醚、丙酮、稀碱等。对野菊叶绿素的提取研究表明,1% NaOH、95%乙醇、丙酮、乙醚均可较好地溶出叶绿素^[17];在提取连翘花黄色素的试验中,95%乙醇、乙醚、乙酸乙酯及正己烷对色素的浸溶效果均很好^[18];提取板栗壳天然棕色素所选择的最佳浸提剂则是稀碱^[19];对食品中煤焦油色素的去除,可分别用1%氨水、50%乙醇、80%乙醇、1%氨水—50%乙醇及1%氨水—80%乙醇为溶剂将色素浸提出^[20];采用表面活性剂进行中亚胭珠蚧(*Porphyrophora hamelli* Brandt)色素的定量萃取,主要是加入含钠离子的水溶液或乙醇溶液,分离得到色素的水不溶性化合物和水溶性钠盐成分^[21];对食品中胭脂虫红色素、紫胶色素、红花红色素等的提取检测试验,可在10g切成细粉末的原料中加入25mL50%甲醇、5mL10%盐酸及25mL正己烷,混合均匀并分成10等份,再以3000 r·min⁻¹转速将10份提取液离心分离,取甲醇水溶液层为色素提取液^[22]。因此,对不同来源的色素原料,往往需要进行多个种类的溶剂浸提试验,以便从中筛选出最适宜的一种或几种浸提剂。

2.2.2 浸提剂浓度 不同浓度的溶剂浸提效果各异。以乙醇作浸提剂提取野菊叶绿素时,乙醇浓度低于80%则收率低,高于95%则杂质太多,故以85%~90%为宜^[17]。

2.2.3 浸提温度 适当提高浸提温度一般能加速色素成分的溶出,但提高温度的上限不能超过溶剂的沸点,否则浸提剂大量挥发,操作条件缺乏稳定性,温度过高会破坏色素中的热敏性成分并增加能源消耗,因此适宜的浸提温度多接近或略高于室温,以保持色素组分的天然状态。用乙醇提取连翘花黄色素的浸提温度选取70℃,所得产品的吸光值较高^[18];以色列一公司生产番茄红素,用50℃乙酸乙酯提取番茄果肉,可获得相对含量5%以上的粗产品^[23]。

2.2.4 浸提时间、pH值、液比 溶剂萃取法的浸提时间并无严格标准,只要提取时间足以使目标成分充分浸出即可。研究表明,浸提时间越长,所得溶液的吸光值越高,即色素提取率随

浸提时间的延长而增大,但对连翘花黄色素的浸提试验发现,浸提2 h后,单位时间内的提取率增量明显下降,继续延长提取时间收效甚微,因此每次浸提2 h即可^[18],其它色素提取也同样存在是否延长浸提时间的问题,可根据具体试验中的提取率变化状况加以确定。

pH值对于溶剂发挥其最佳浸提效果十分重要。根据色素成分及浸提剂的特点,确定适宜的pH值,才能保证所需色素成分与杂质的良好分离,获得纯度较高的色素产品。提取板栗壳天然棕色素的pH值为7~9^[19],提取洋葱表皮色素的pH值在微酸性范围^[24],而提取紫胶色素初始阶段的pH值为4~4.5,结束阶段为0.5~1^[25]。某些色素提取操作虽然在各种pH值条件下均可进行,但提取率会随pH值变化而明显不同,因此研究中常需进行pH值与浸提温度、时间等多因素的正交实验。

加入溶剂的量应参考固体原料量确定。液比(固体原料与液体溶剂的用量比)的范围随原料不同而变动较大。当浸提温度等条件相同时,适当增加溶剂量会使浸提液浓度降低,但浸出成分总量增大,并在液比增至某一最佳数值时达到总浸出量的最大值。有关天然色素提取的研究一般采用溶剂用量为原料质量的数十倍,如提取野菊绿色素为1:50~1:70^[17],提取红枫红色素为1:25^[16],提取连翘花黄色素的液比由1:25逐渐增至1:100时,色素总浸出量随之增大,再继续提高液比至1:125,则总浸出量又有所下降^[18]。因此,浸提色素时的液比不能太小,必须保证对原料的充分浸润,并在适宜范围内越大越利于目标成分浸出。

2.2.5 浸提前后的其它工艺条件 其它工艺条件主要包括除杂、干燥、过滤、浓缩、结晶等。

除杂:除杂的目的是在浸提前后去除明显的干扰性物质,以保证提取色素达到较高的纯度。如提取女贞果天然红色素时采用2次除杂法,第一次是浸提前对原料除杂,以减少杂质颗粒对浸提操作效率的负面影响,第二次是过滤浓缩后对粗产品除杂,为精制做准备^[26]。

干燥:用溶剂萃取法提取色素,常需进行各种干燥处理,以利于后续操作或成品贮备。提取女贞果天然红色素的干燥过程包括2步:(1)浸提之前经过原料除杂,随即进行原料的干燥,以便对原料作去籽处理及溶剂浸提;(2)在浸提、过滤、浓缩及萃取除杂后,产品已得到初步精制,不宜采用普通烘干,故选用喷雾干燥以达到均匀干燥的目的^[26]。

过滤和结晶:溶剂浸提必须进行过滤操作。根据所用溶剂对色素成分的作用状况,分为收集滤液或固形物2种情况:(1)溶剂溶解色素成分,则过滤后弃去滤渣,并对滤液进行浓缩、结晶等处理,得到成品;(2)溶剂起到将杂质溶解的作用,则过滤后将滤液作回收处理,固形物干燥后成品。这两种情况往往分别出现在某个完整的溶剂法提取色素过程的先后阶段。如用乙醇提取越橘果皮天然宝石红色素,色素溶于乙醇中,过滤后滤渣弃去,符合第一种情况,随后经树脂吸附滤液中的色素固体成分,残余滤液中的乙醇经浓缩后回收,与第二种情况相似^[27]。用颗粒胶洗色水生产紫胶色素时,先加盐酸调节pH值至4~4.5,色素成分溶于酸性水溶液中,而树脂、蛋白等杂质形成沉淀,通过普通过滤方式即可分离,属于较典型的第一种情况;滤液中和后产生色素沉淀,经澄清及二次过滤并分离,得到浓缩的色素沉淀物,再用浓盐酸调节pH值至0.5~1,紫胶色素即可结晶析出,这是第二种情况中的固形物收集部分;放置充分后还需过滤分离,并用水洗涤结晶以除去残酸,这是第二种情况中使杂质(残酸)溶于滤液而除去的方法,洗后的色素结晶经过干燥、粉碎等处理得到成品^[25]。

对于易溶出的色素成分,采用溶剂浸提法即可,但对溶解度较低的色素成分则常常效率偏低,因此现代浸提多在溶剂萃取的同时加上各种辅助提取技术,以改善和增强浸提效果。

2.3 物理技术辅助浸提

目前,微波辅助浸提、超声波辅助和大孔树脂吸附提取已成为常见的辅助浸提方式。

2.3.1 微波辅助浸提 微波由于具有穿透力强、易被液体分子吸收及加热速度快等特点,适用于天然成分的加热式液体溶剂浸提。微波辅助浸提的影响因素通常包括微波平均辐射功率、辐射时间、溶剂量以及原料的破碎程度^[28]。若平均辐射功率强,可相应缩短提取时间;在合理范围内较大的溶剂量可增加微波吸收量,提高浸取效率;原料的破碎程度高,则浸提比表面积大,单位时间内的色素成分溶出率多于破碎程度低的原料,但破碎程度也应适当,如果过分细碎,一方面会增加破碎原料消耗的能量,另一方面还可能造成天然色素成分中某些易损物质的丧失,因此要综合协调原料破碎程度、溶剂量及微波辐射状况等因素。

2.3.2 超声波辅助提取 超声波辅助提取目前已在某些天然成分的收集上获得成功。采用各种超声波发生器(如日本产 Soniprep 150 型等)在适宜的频率、pH 值等参数条件下,可比单纯的溶剂提取法稍微增加粗产物提取率,同时明显增加所需产品的含量,减少大分子杂质的干扰。研究表明,用 95% 乙醇分别进行索氏提取、热过滤抽提、超声波辅助提取等 5 种萃取时,超声波辅助提取的得率较高,基本等同于索氏提取的得率^[29]。

2.3.3 大孔树脂吸附辅助提取 大孔树脂吸附利用大孔径结构的有机高分子聚合物作为吸附剂,机械强度高,吸附容量大,选择性好,吸附速度快,易于解吸附,再生处理简便,适于从水溶液中分离低极性或非极性化合物,可用于分离、脱盐、浓缩及去除有机杂质。其技术包括醇沉—树脂法、微滤—树脂法等。其中微滤—大孔树脂法操作简单,周期短,与醇沉—大孔树脂法相比,能更有效地去除杂质固形物,并选择性地保留有效成分(有效成分吸附率高于醇沉法),已能用于中药精制等加工。徐忠等研究 DA101 大孔树脂对萝卜红色素的吸附特性,认为其提取萝卜红色素的效果优于溶剂萃取、超滤及离子交换树脂法等^[30];彭永芳等具体研究玫瑰李红色素的树脂法提取工艺,认为大孔树脂法辅助提取的主要影响因素为树脂种类和 pH 值、溶剂(乙醇)浓度,大孔树脂在该工艺中可起到快速富集和增加提取率作用^[31]。

2.4 现代仪器提取分离

溶剂法生产的色素常存在纯度差、有异味和溶剂残留等缺点,无法满足国际市场对高品质色素的需求。各种辅助浸提方式虽能加速成分溶出、增加产品得率,但对色素纯度的提高、颗粒的均匀微细化分布等要求仍难以实现。可见,传统提取技术无法真正从本质上改善色素品质,而充分开发利用现代仪器进行色素成分的提取分离,才是行之有效的的发展方向。目前,超临界流体萃取(SFE)等现代仪器提取分离技术克服了传统溶剂萃取色素纯度低及溶剂残留等缺点,已在辣椒红色素、番茄红素、 β -胡萝卜素提取等技术上成功应用^[32~34]。

2.4.1 超临界流体萃取法(SFE)的特点 SFE 技术近年来发展迅速。经典 SFE 法对生物原料成分的萃取通常是将芳香油、酯、醇、醛、酮及蜡和树脂中的轻馏分溶于萃取相中,而将色素、脂肪酸等物质作为提取杂质和除去物留至萃余相,但近来也有将色素等成分作为目标提取对象溶出至萃取相的报道^[32]。SFE 法利用超临界状态下的流体为萃取剂,从原料中分离出所需成分。 CO_2 由于无毒无腐蚀性、临界条件适中(7.488 MPa, 304.15 K)而成为最常用的超临界流体,它具有操作温度及压力范围广、选择调控性好、适于热敏性成分提取、萃取到分离一步完成、 CO_2 价廉无污染等优点,缺点是对强极性和大分子量物质的直接适用性低(需添加助溶剂)、高压萃取操作难以工业化、设备一次性投资大、普及推广受限。

2.4.2 超临界二氧化碳萃取(SFE—CO₂)的实际应用 SFE—CO₂萃取温度很低,且整个提取分离过程在暗场中进行,可有效避免常规提取过程中易发生的分解、沉淀等变化,最大程度地保持天然产物成分颜色自然、香气纯正等固有特性。SFE法迄今已在食品工业中发展到至少10余个应用方向,其中也包括天然色素提取,但其工业化装置种类明显偏少。美国和德国的SFE工业装置主要用于从咖啡豆中脱除咖啡因、从茶中提取茶碱、从烟草中脱除尼古丁等。日本SFE工业化生产的规模较欧美地区小,但其萃取装置的实用范围较广^[32],一些大公司已具备中试以上规模的SFE设备,用于10余类天然产物的萃取,其中富士、长谷川等香料公司的SFE萃取槽(100~300 L)可进行色素成分的提取分离操作,针对的色素产品主要是辣椒色素。目前,其它色素的产业化SFE尚待开发,可能主要是因该技术仍存在一定的实际应用问题,包括:(1)原料粒度和含水率;(2)SFE工艺条件,即萃取温度、萃取压力、SFE—CO₂流量和流速、萃取时间等因素,适当增大系统操作压力可使流体密度增大、溶质与溶剂间传质距离减小、萃取效率提高,但压力增幅上限受设备条件和能源、成本等因素制约,例如中国农业科学院用国产SFE装置提取番茄红素,试验采用的压力范围为15~40 MPa,萃取率随压力区间变化呈波动态,其中对应于2个峰值提取率的压力为25 MPa和40 MPa,40 MPa萃取率略高于25 MPa萃取率,但考虑到国产设备的实用压力范围,操作中采用25 MPa压力^[34];(3)对SFE操作的完善和补充,包括添加助溶剂、与其它技术联用等,能有效提高萃取率和产品质量,在超临界流体中添加助溶剂(又称携带剂或夹带剂)可增大物料溶解度、改善流体选择性,如对β-胡萝卜素的SFE—CO₂萃取试验表明,萃取温度恒定时,添加1%乙醇助溶剂可使β-胡萝卜素的溶解度提高2~5倍,CO₂循环流率显著减少^[32],但助溶剂过多将显著改变流体密度及临界参数等工艺条件,影响对目标成分的萃取效能,某些毒性助溶剂的残留还将造成严重质量问题,所以应合理选择助溶剂并在必要时对其进行分离处理,此外,由于单一SFE—CO₂萃取可能将部分非目标成分随目标组分一起提取出来,降低产物提取率和纯度,因此现在常用SFE与其它分离方法的联用技术去除非目标组分、增强SFE萃取效果,如SFE与硅胶柱收集技术联用提取莪术二酮,经硅胶柱净化除杂,可使SFE萃取率提高3倍以上^[35]。

2.4.3 超临界流体技术对产品粒子的超细化及均匀分散处理 超临界流体除用于萃取外,亦可在超细微粒制备中发挥作用,该应用方向符合优质色素产品要达到的颗粒细致、分散均匀等标准。超细粒子制备方法较多,其中超临界流体沉积技术(SSP或SCSP)是较好的方法,即在超临界状态下,通过降压形成过饱和现象及较高过饱和速率,使固体溶质从超临界溶液中结晶出来,其过程在准均匀介质中进行,可产生平均粒径小、粒度尺寸分布窄的微细颗粒。SSP技术可通过超临界溶液快速膨胀(RESS)、气体抗溶剂结晶(GAS)等过程实现^[32]。

3 展望

天然生物色素在动植物体中分布广泛,并随种类不同而具有各种特性。动物色素一般由神经信号引起内分泌系统作用产生,常见于肌肉、循环系统、视觉器官及体表等部位,多与蛋白质形成复合体;植物色素按照细胞学观点分为质体色素、胞液色素和膜色素,常与蛋白质、糖类等产生结合,对光合作用、液泡渗透压、植物次生代谢等有重要意义。

以紫胶色素和胭脂虫红色素为代表的天然昆虫色素,在化学结构上属于醌类衍生物色素,可弥补其它类型动植物色素对光、热、微生物等稳定性欠佳的缺点,具有较高经济价值,在我国

适宜的生态区域内值得推广。目前,中国林业科学研究院资源昆虫研究所在已对紫胶进行长期研究的基础上探索了紫胶色素的提取加工技术,并于2000年引种墨西哥胭脂虫繁育成功,现已开展胭脂虫红色素提取加工试验,初步掌握了常规溶剂浸提和微波辅助浸提的主要影响因素,为进一步开发利用天然昆虫色素奠定了较好基础。

色素提取技术的发展经历了从原始物料破碎到普通溶剂浸取,再到以物理辅助技术强化浸提,以及现代超临界流体萃取(SFE)等阶段。各提取方式之间具有承前启后、不断完善的趋势。其中SFE技术高效、清洁、对成分的自然状态保持良好,目前已从工艺条件方面得到一定程度的研究。部分实用性SFE法已能将色素作为目标提取成分而非待去除杂质,如辣椒红色素、 β -胡萝卜素的SFE—CO₂提取技术已较成熟,可进行工业化生产;但国产装置往往受设备压力限值和成本等因素制约,有待进一步开发。

参考文献:

- [1] 沈参秋. 糖植物色香味化学[M]. 广州:华南理工大学出版社,1994
- [2] 編集部. 食品色素の市場動向[J]. 食品と開発,2001,36(12):46~49
- [3] Sava V M, Yang S-M, Hong M-Y, et al. Isolation and characterization of melanic pigments derived from tea and tea polyphenols[J]. Food Chemistry,2001,73(2):177~184
- [4] Nersisyan S A. Analysis of dyes fraction from Araratian cochineal(*Porphyrophora hamelli* Brandt) by high performance thin-layer chromatography[J]. Arm Khim Zh,1997,50(1~2):168
- [5] Fitoussi M R, Vilmin M G. Neolor: novel environmentally friendly mineral pigments[J]. Double Liaison——Phys, Chim Econ Peint Adhes,1997,44:498~499
- [6] 中国科学院微生物研究所细菌分类组. 一般细菌常用鉴定方法[M]. 北京:科学出版社,1978
- [7] 板倉裕了,上野英二,伊藤裕子,他. 逆相TLC/スキヤニングデンシトメトリーによる食品中のラック色素及びコチニール色素の分析[J]. 食品衛生学雑誌,1999,40(3):183~188
- [8] 山田貞二,大島晴美,齋藤勲,他. コチニール色素制剂の色価とカルミン酸含量[J]. 食品衛生学雑誌,1995,36(6):769~772
- [9] 马玉堃,李玲. 资源昆虫的化学物质成分在化妆品中的应用及其发展前景[J]. 东北林业大学学报,2001,29(6):76~79
- [10] 北京农业大学. 昆虫学通论[M]. 北京:农业出版社,1981
- [11] 陈晓鸣. 资源昆虫学研究进展[M]. 昆明:云南科技出版社,1999
- [12] Hess D. 植物生理学[M]. 吴相钰等译. 北京:科学出版社,1982
- [13] 郑国锷. 细胞生物学[M]. 北京:高等教育出版社,1980
- [14] Kinball J W. 细胞生物学[M]. 陈立滨译. 北京:科学出版社,1983
- [15] 范永仙,汪轶. 番茄红素的生产工艺研究进展[J]. 食品科技,2002(3):53~55
- [16] 陈乃富. 红枫红色素的提取及其稳定性研究[J]. 天然产物研究与开发,2002,14(2):49~54
- [17] 卢元芳. 野菊绿色素的提取及其稳定性研究[J]. 东北林业大学学报,2001,29(3):53~56
- [18] 盛锋,付蕾,李长城,等. 连翘花黄色素的提取及其对光热稳定性的研究[J]. 食品与发酵工业,2002,28(2):66~70
- [19] 吴雪辉. 板栗壳天然棕色素的提取及性能研究[J]. 食品工业科技,2002,23(3):24~26
- [20] 林智子,深谷幸代,田中宏,他. 第四級アミンカートリッジによる食品中のタール色素のクリーンアップ[J]. 食品衛生学雑誌,1993,34(5):398~403
- [21] Nersisyan S A, Mushegyan A V. Separation of pigment of pigment from Armenian cochineal(*Porphyrophora hamelli* Brandt)[J]. Arm Khim Zh,1997,50(1~2):37~44

- [22] 広門雅子,木村圭介,鈴木敬子,他.TLCによる加工食品中のアカネ色素,コチニール色素,ラック色素,ベニバナ黄色素及びベニバナ赤色素の定性法[J].食品衛生学志雜,1999,40(6):488~493
- [23] 滕洁,李德芳,刘元军.番茄红素及其研究进展[J].江苏食品与发酵,2001(1):14~17
- [24] 蒲含林,周晖,余榕捷,等.洋葱表皮色素的提取及性质研究[J].食品科学,2002,23(5):43~45
- [25] 石韵琴,李佳茵,黄钟谊,等.紫胶生产技术问答[M].北京:中国林业出版社,1986
- [26] 柏桂英,晁文,宋予军,等.女贞果天然红色素提取条件研究[J].食品科技,2002(1):40~41
- [27] 刘德文,姚德坤,冯志欣,等.大兴安岭越桔果皮中的天然宝石红色素[J].东北林业大学学报,2001,29(2):106~108
- [28] 李巧玲,陈学武,李琳.微波强化浸取天然色素的研究[J].食品科学,2002,23(2):49~52
- [29] Qin Wei, Zheng Tao, Yuan Yong-hui, et al. Intensification of curcumin leaching with ultrasound[R]. Value Adding Solvent Extr[Pap. ISEC'96], 1996, 2: 1679~1684
- [30] 徐忠,张亚丽.DA101大孔树脂对萝卜红色素的吸附特性研究[J].食品科学,2002,23(1):59~60
- [31] 彭永芳,李维莉,马银海,等.树脂法提取玫瑰李红色素的工艺研究[J].食品科学,2002,23(1):75~77
- [32] 朱自强.超临界流体技术——原理和应用[M].北京:化学工业出版社,2000
- [33] 刘立国,吴晶.番茄红素及生产应用研究[J].食品工业科技,2002,23(4):74~75
- [34] 王强,吕飞杰,赵文恩,等.番茄红素的分离提取及其对细胞周期的影响[J].中国农业科学,2002,35(4):434~439
- [35] 陈淑莲,游静,王国俊.超临界流体萃取-硅胶柱收集联用提取蓬莪术中有效成分[J].分析化学,2001,29(6):664~666

Characteristics and Extraction Technology of Natural Pigments from Animals and Plants

ZHENG Hua, ZHANG Hong, ZHANG Zhong-he

(Research Institute of Resource Insects, CAF, Kunming 650216, Yunnan, China)

Abstract: The mail extraction methods of natural pigments from animals and plants and the development were summarized which include raw material pulverizing, extracting by solvent, by physical technology and by modern instruments. It showed that supercritical fluid extraction was a high effective extraction method with development potential, which would benefit the quality of pigment products.

Key words: natural pigment; extracting; supercritical fluid extraction