

8种叶片叶绿素提取得率、稳定性和应用效果的对比

刘邻渭¹,袁琳¹,孙丽芳¹,唐丽丽²

(1.西北农林科技大学食品学院,陕西杨凌 712100; 2.陕西省杨凌职业技术学院,陕西杨凌 712100)

摘要:以8种叶片为原料,对叶绿素相对提取得率、提取物的稳定性以及在食品应用的效果进行了对比研究。结果表明:叶片干燥方法对原料的提取得率有一定影响;以80%乙醇为提取剂于50℃下提取叶绿素相对较佳;从菠菜、青菜、雪松、令箭荷花、海桐、石楠、冬青、女贞提取叶绿素的得率依次降低;阳光直射、pH降低和温度升高加快提取液中叶绿素的降解;多数叶片提取物的降解变化趋势总体相同,青菜和令箭荷花叶片提取物的变化显示出某些个性特点;添加叶绿素制作汤圆、果冻和糖果时效果良好,而制作冰淇淋和酸奶时效果较差。

关键词:叶绿素,提取,稳定性,应用

Comparison of extraction rates, stabilities and application properties of chlorophyll from 8 kinds of leaves

LIU Lin-wei¹, YUAN Lin¹, SUN Li-fang¹, TANG Li-li²

(1.College of food Science and Technology, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China;

2.Shaanxi Yangling Vocational and Technical College, Yangling 712100, China)

Abstract:Chlorophyll was extracted from 8 kinds of dried leaves respectively. And the yields, stability and application effect were compared with each other. The results showed that: extraction yields for some leaves relied significantly to the leaves' drying method. The optimized extraction temperature and agent were 50℃ and 95% alcohol solution. The extraction yields turned from the highest to the lowest one by one when the raw materials were spinach, greens, deodar cedar, *nopalxochia ackermannii*, *pittosporum tobira* Ait, *photinia serrulata*, holly, and *ligustrum lucidum* Ait leaves respectively. Chlorophyll in those extraction solutions degraded accelerated when exposing to sun light, lower pH and high temperature. The chlorophyll stabilities in most extracts were similar generally, but for the extracts from greens and *nopalxochia ackermannii*, which displayed somewhat differences. Adding concentrated extracts to glutinous rice ball, jelly and candy had gotten good results, but adding them to ice-cream and yogurt had not.

Key words: chlorophyll; extraction; stability; application

中图分类号: TS201.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2012)01-0245-05

叶绿素是良好的天然食用色素,近年来,有关研究指出叶绿素具有抵抗辐射、强健肌肉、造血、解毒、抗炎、抗氧化、抗衰老、抗癌、减缓化疗副作用、维持血细胞健康等保健作用^[1-13],因而兴起了生产叶绿素保健品的势头。目前,提取叶绿素的原料以蚕砂、竹叶和大麦苗等为主,而研究过的其它原料还包括菠菜、芹菜、莴笋、甘蓝、油菜、豆芽菜苗、青草、三叶草、仙人掌、芦荟、甘蔗叶、甜菜叶、海藻、螺旋藻、浮萍、茶叶、多种竹叶、桑叶、松针、香蕉叶、猕猴桃叶、桃叶、大叶黄杨、绞股蓝叶、牡丹叶和紫丁香叶等^[12-31]。然而,同时从多种原料中提取叶绿素并测试其稳定

性的比较研究却鲜见报道。为此,本文以两种乔木叶片、三种灌木叶片、一种花卉叶片和两种蔬菜叶片为原料,以乙醇水溶液为提取溶剂,以提取液和处理液在特定波长下的吸光度表示其叶绿素含量,比较了这些叶片叶绿素的相对提取得率、稳定性和食品应用效果。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

乔木叶片—女贞、雪松叶片,灌木叶片—海桐、石楠、冬青叶片,花卉叶片—令箭荷花叶片,蔬菜叶片—菠菜、青菜叶片均采自西北农林科技大学冬季的校园;95%乙醇、无水乙醇、柠檬酸均为分析纯,市售。

电热鼓风干燥机,粉碎机,电子天平,水浴锅,

收稿日期:2010-07-16

作者简介:刘邻渭(1953-),男,教授,主要从事食品化学研究。

721型分光光度计。

1.2 实验方法

1.2.1 叶绿素的提取及方法优化

1.2.1.1 原料的预处理 方法一:将洗净、沥水、擦干的8种新鲜叶片分别摊开放置于阴凉处,阴干,粉碎,过60目筛后备用。方法二:将洗净、沥水、擦干的8种新鲜叶片分别摊开放置于电热鼓风干燥箱中,40℃烘干,粉碎,过60目筛后备用。

1.2.1.2 95%乙醇提取阴干叶叶绿素 准确称取按照1.2.1.1方法一预处理的8个样品各0.2g,分别置于8支试管中,各加3mL 95%乙醇,用橡皮塞塞好,振荡三次,在40℃的水浴条件下浸提2h,随后分别过滤到8个25mL的容量瓶中,用95%乙醇定容后,测定吸光度。

1.2.1.3 采用乙醇水溶液提取阴干叶叶绿素 将1.2.1.2的提取方法中的称样量由0.2g更改为0.1g,将95%乙醇提取剂分别改变为40%、60%、80%乙醇水溶液,将定容溶剂改为80%乙醇,其它操作同1.2.1.2。

1.2.1.4 采用不同干燥方法提取叶绿素 准确称取按照1.2.1.1方法一和方法二预处理的16个样品各0.1g,以80%乙醇水溶液为提取剂,其它操作同1.2.1.2。

1.2.1.5 采用不同温度提取叶绿素 准确称取按照1.2.1.1方法一预处理的雪松、女贞、冬青和石楠以及按照1.2.1.1方法二预处理的海桐、令箭荷花、菠菜和青菜干燥叶粉样品各0.1g(每种样品取两份),分别置于等大16支试管中,加3mL 80%乙醇,用橡皮塞塞好,振荡三次,然后将每一相同的两份样品分置于40℃和50℃水浴中浸提2h,随后分别过滤到16个25mL的容量瓶中,用80%乙醇定容后,测定吸光度。

1.2.2 叶绿素相对稳定性实验

1.2.2.1 提取液的准备 按照1.2.1.5中50℃水浴的提取方法,但将叶粉称样量和提取剂用量分别加大10倍,以及将提取时间改为1h,提取后过滤、定容至50mL,共得到8种叶子的叶绿素提取液。

1.2.2.2 不同pH下叶绿素的稳定性实验 柠檬酸-磷酸氢二钠缓冲溶液的配制:将配制的0.2mol/L柠檬酸乙醇水溶液和0.1mol/L磷酸氢二钠乙醇水溶液按照一定比例配制成pH分别为2.2、3.8、5.0、6.0、7.0、8.0的缓冲溶液。

实验方法:按照pH从低到高的顺序分别将6种pH缓冲溶液加到6组大试管中,每组8支试管,每管7mL,然后,分别将1.2.2.1制备的8种叶子的叶绿素提取液各3mL移加到这6组共48个大试管中,塞好橡皮塞,振荡摇匀,放置于暗室,30min后取出,测定吸光度。

1.2.2.3 不同加热温度下叶绿素的稳定性实验 分别将1.2.2.1制备的8种叶子的叶绿素提取液各5mL移加到8支大试管中,在65、75、85、95℃四种温度下水浴加热30min后取出,转入暗室冷却后,各加80%乙醇定容为15mL,测定吸光度。

1.2.2.4 不同光照条件下叶绿素的稳定性实验 分别将1.2.2.1制备的8种叶子的叶绿素提取液各30mL移加到8个50mL的锥形瓶中,于中午12时放置于户外光

照5min,取出5mL用80%乙醇定容为15mL后,测定吸光度,其余放入暗室,第2d取出,按前1d的处理和测定方法再做一次,第3d和第4d按同样处理和测定方法各再做一次。

1.2.3 叶绿素含量、相对提取得率和相对稳定性的测定 叶绿素最强的可见光吸收区有两处,即波长640~660nm的红光吸收区和430~450nm的蓝紫光吸收区,因此,叶绿素溶液在两区内的最大吸收和其浓度均成正比。依据这一原理,本研究将1.2.1中不同提取液和1.2.2中不同处理液作为两类试样,分别在436nm和666nm波长下测定各试样的吸光度,并根据所有试样制备时料液比相同,用试样吸光度表示其叶绿素的相对含量,用提取液的吸光度表示叶绿素的“相对提取得率”,用处理试样的吸光度变化趋势表示叶绿素的“相对稳定性”。

1.2.4 叶绿素提取物在食品中的应用实验 按照1.2.1优选的方法,分别提取8种叶片的叶绿素,提取液过滤浓缩后放入暗室备用。然后按照传统食品加工工艺,并适量添加叶绿素,试制成食品,通过感官评比,比较不同叶片叶绿素在不同食品中的应用效果。

2 结果与分析

2.1 不同叶片叶绿素相对提取得率的初次对比

按1.2.1.2的方法制备好的叶绿素提取液的比色测定结果见表1。

表1 以95%乙醇为提取剂提取阴干叶片时
叶绿素的相对提取得率

Table 1 Relative yields of chlorophyll extracted with 95% ethanol from shade dried leaves

原料	吸光度(A)	
	436nm	666nm
雪松	0.683	0.401
女贞	0.328	0.236
冬青	0.433	0.284
海桐	0.452	0.289
石楠	0.520	0.299
令箭	0.648	0.312
菠菜	1.034	0.588
青菜	0.684	0.400

表1显示,由8种叶片提取叶绿素溶液的吸光度的大小顺序为:菠菜>青菜≈雪松>令箭荷花>石楠>海桐>冬青>女贞。这种排序可能和不同叶片中的叶绿素含量、提取条件、干燥方法以及不同叶片的组织结构、细胞壁厚度等有关。

2.2 不同提取剂提取叶绿素时相对提取得率的对比

按1.2.1.3的方法制备好的叶绿素提取液的比色测定结果见表2。

表2显示,随着提取溶剂乙醇浓度的升高,提取液的吸光度也随之明显升高,采用80%乙醇时的相对提取得率最高。比较表1和表2的数据并考虑到1.2.1.3实验使用的原料只有1.2.1.2实验使用的原料的一半,可以确定,使用80%乙醇比使用95%乙醇为提取剂时的相对提取得率高。所以80%乙醇为优选提取剂。

表2 乙醇浓度对叶绿素相对提取得率的影响

Table 2 Influence of ethanol concentration on the chlorophyll yield

原料	吸光值(A)					
	40%乙醇为提取剂		60%乙醇为提取剂		80%乙醇为提取剂	
	436nm	666nm	436nm	666nm	436nm	666nm
雪松	0.523	0.314	0.574	0.352	0.603	0.354
女贞	0.221	0.169	0.265	0.199	0.291	0.212
冬青	0.317	0.198	0.360	0.228	0.382	0.247
海桐	0.368	0.215	0.406	0.255	0.429	0.266
石楠	0.394	0.206	0.434	0.248	0.454	0.269
令箭	0.401	0.219	0.447	0.264	0.485	0.287
菠菜	0.865	0.463	0.891	0.499	0.903	0.516
青菜	0.521	0.287	0.562	0.334	0.582	0.347

2.3 不同干燥方法对相对提取得率的影响

按1.2.1.4的方法制备好的16种提取液的比色测定结果见表3。

表3 叶片干燥方法对叶绿素相对提取得率的影响

Table 3 Influence of the leaf drying methods on the chlorophyll yield

原料	吸光值(A)			
	阴干		烘干	
	436nm	666nm	436nm	666nm
女贞	0.294	0.219	0.296	0.207
雪松	0.622	0.369	0.551	0.281
冬青	0.392	0.258	0.392	0.211
海桐	0.434	0.277	0.522	0.302
石楠	0.459	0.275	0.454	0.275
令箭	0.490	0.296	0.663	0.329
菠菜	0.916	0.527	1.989	1.102
青菜	0.596	0.356	1.538	0.787

表3的数据显示,无论从436nm波长处的吸光度,还是从在666nm波长处的吸光度看,阴干的女贞、雪松、冬青、石楠叶片的叶绿素提取得率高于烘干的,而烘干海桐、令箭荷花、菠菜和青菜叶片的叶绿素提取得率明显高于阴干的。

2.4 提取温度对相对提取得率的影响

按1.2.1.5的方法制备好的16种提取液的比色测定结果见表4。

表4显示,随着提取温度由40℃改为50℃,提取液吸光度都有一定的提高,即叶绿素的相对提取得率

表4 提取温度对叶绿素相对提取得率的影响

Table 4 Influence of extraction temperature on the chlorophyll yield

原料	吸光值(A)			
	40℃下提取		50℃下提取	
	436nm	666nm	436nm	666nm
雪松	0.625	0.371	0.676	0.398
女贞	0.296	0.217	0.331	0.237
冬青	0.393	0.264	0.430	0.276
海桐	0.518	0.299	0.544	0.340
石楠	0.460	0.278	0.518	0.286
令箭	0.667	0.221	0.713	0.354
菠菜	1.988	1.099	1.999	1.387
青菜	1.532	0.781	1.723	0.984

增加。比较表1~表4中的吸光度可知,按照1.2.1.5方法包含的其他提取条件,并采用50℃提取,是本文优选的最佳提取条件。在此条件下,从8种叶片提取叶绿素的相对得率的高低顺序为:菠菜>青菜>雪松≈令箭荷花>海桐>石楠>冬青>女贞。

2.5 pH对提取液叶绿素稳定性的影响

按照1.2.2.2实验结果见图1和图2。

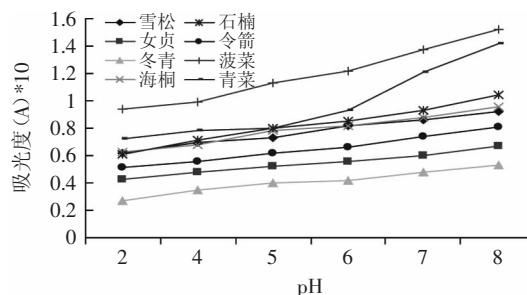


图1 8种叶片叶绿素提取液在不同pH下吸光值(A_{436nm})的变化

Fig.1 OD_{436nm} of the extracted solutions from 8 kinds of leaves under different pH

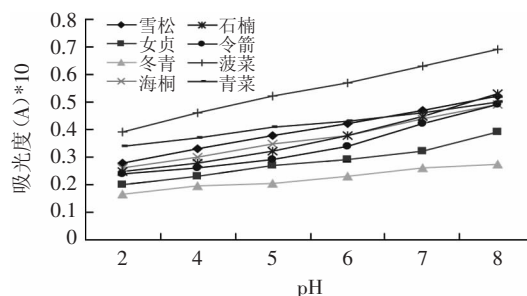


图2 8种叶片叶绿素提取液在不同pH下吸光值(A_{666nm})的变化

Fig.2 OD_{666nm} of the extracted solutions from 8 kinds of leaves under different pH

图1和图2显示,8种叶片的提取液经调整pH后放入暗室30min,其叶绿素的两个主要吸收峰都有所下降,pH越低,下降越快;除了青菜源叶绿素提取液在436nm下的吸光度变化为曲线外,其它叶片提取液吸光度的变化曲线基本都为较陡的直线。

2.6 温度对提取液中叶绿素稳定性的影响

按照1.2.2.3制备样品后,分别在436nm和666nm波长下测定吸光度后,以温度为横坐标,以吸光度为纵坐标,分别制出图3和图4。

图3和图4显示,8种叶片的提取液经加热30min

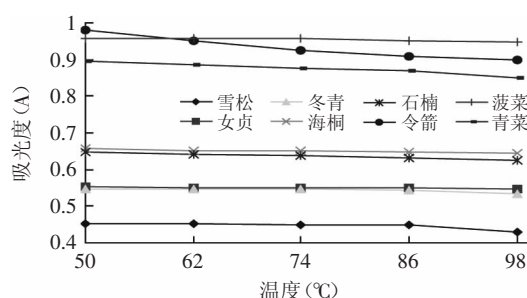
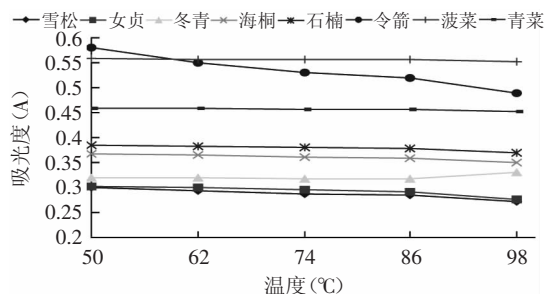


图3 8种叶片叶绿素提取液在不同温度值下吸光值(A_{436nm})的变化

Fig.3 OD_{436nm} of the extracted solutions from 8 leaves under different temperature

图4 8种叶片叶绿素提取液在不同温度值下吸光值(A_{666nm})的变化Fig.4 OD_{666nm} of the extracted solutions from 8 leaves under different temperature

后,其叶绿素的两个主要吸收峰都有所下降,加热温度越高,下降越快;除了令箭荷花叶片叶绿素提取液的吸光度随温度升高较快下降外,其它7种叶片提取液在前四种温度范围内吸光度的变化曲线基本都为较平的直线,而98℃处理后的降幅一般有所加大。

2.7 光照对提取液中叶绿素稳定性的影响

按照1.2.1.3制备样品后,分别在436nm和666nm波长下测定吸光度,以净光照时间累积值为横坐标,以吸光度为纵坐标,分别制出图5和图6。

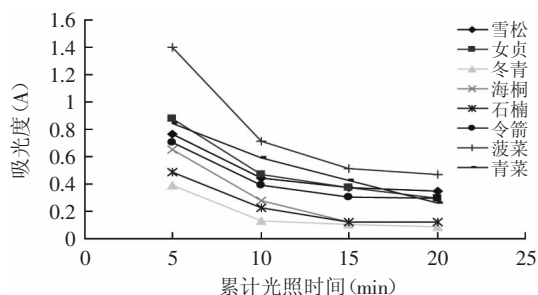
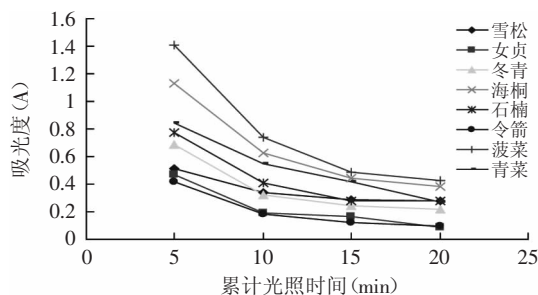
图5 8种叶片叶绿素提取液在不同光照时间处理后吸光值(A_{436nm})的变化Fig.5 OD_{436nm} of the extracted solutions from 8 leaves exposed to sun for different time图6 8种叶片叶绿素提取液在不同光照时间处理后吸光值(A_{666nm})的变化Fig.6 OD_{666nm} of the extracted solutions from 8 leaves exposed to sun for different time

图5和图6显示,虽然每天实验的光照时间都只是短短的5min,但随着光照的进行,8种叶片叶绿素提取液的吸光度显着降低;随着累积光照时间延长,8种叶片叶绿素提取液在两种波长下的吸光度基本都呈曲线下降(唯有青菜叶片提取液在436nm下的吸光度几乎呈直线下降),说明前两次的5min光照对叶绿素的降解作用最强。

2.8 叶绿素提取物在食品中的应用效果比较

加入各种叶片叶绿素的汤圆煮熟后皆为绿色,其中加菠菜叶绿素的汤圆色泽最为鲜艳翠绿。

加入各种叶片叶绿素的酸奶开始时都呈现出淡淡的绿色,低温保存短期内不明显褪色,但总体感官效果都较差。

加入各种叶片叶绿素的果冻色泽皆为翠绿,透明度较好,与添加人工色素制成的果冻相比,其绿色显得更为自然。

添加了各种叶片叶绿素的冰淇淋皆呈淡淡的绿色,感官效果都不理想。

添加了各种叶片叶绿素的糖果颜色自然鲜绿,透明度好。

3 结论与讨论

3.1 结论

阴干的女贞、雪松、冬青、石楠叶片的叶绿素提取率略高于烘干的,而烘干海桐、令箭荷花、菠菜和青菜叶片的叶绿素提取率明显高于阴干的;采用料液比为1:30,以80%乙醇为提取剂,于50℃下提取叶绿素是本文选出的相对最佳提取条件。

在本文选出的最佳提取条件下,由8种叶片提取叶绿素的相对得率的大小顺序为:菠菜>青菜>雪松≈令箭荷花>海桐>石楠>冬青>女贞。

8种叶片的叶绿素提取液对光照都极为敏感,短时间日光直射即可引起大幅褪绿。

8种叶片的叶绿素提取液对pH都较为敏感,随着pH降低,稳定性近乎线性降低。

在86℃以下,除了令箭荷花叶片外,其它叶片的叶绿素提取液对加热不敏感,但温度上升至98℃以上,多数叶片叶绿素降解明显加快,唯有菠菜叶片叶绿素提取液仍很稳定。

叶绿素加入汤圆、糖果和果冻的效果良好,加入冰淇淋和酸奶中的效果不理想。

3.2 讨论

从本文研究结果中看,叶片干燥方法可能是影响叶绿素提取率的一个重要因素,而且不是由水分含量差异引起。这是因为,如果阴干叶片和烘干叶片水分含量的不同是提取率不同的主要原因,那么实验结果应该是,8种叶片阴干提取率都高,或是8种叶片烘干提取率都高。

从本文的研究结果看,从不同原料提取叶绿素的得率有一定差异。这肯定与原料的叶绿素含量不同有关,但也和不同叶片提取时的pH之间差异有关。

从本文的研究结果看,多数叶片提取液中叶绿素在环境条件影响下的降解趋势彼此基本一致,但个别叶片提取液中叶绿素的稳定性可表现出一定特殊性,例如,菠菜提取液中叶绿素热稳定性高、令箭荷花提取液中叶绿素热稳定性低,这可能与菠菜碱性相对较高,有利于叶绿素稳定有关;叶绿素处于乙醇水溶液中时特别易于光降解。事实上,前人在研究菠菜汁叶绿素稳定性时已发现,叶绿素对紫外光的敏感性远大于对pH、温度和氧含量的敏感性^[32],前人在研究对比叶绿素含量的不同测定方法时也已发

现,用乙醇-丙酮-水混合液比用乙醇-丙酮混合液、用无水乙醇、二甲亚砜等为溶剂时更易发生光氧化^[3]。

从本文应用叶绿素实验效果可推知,将叶绿素提取物加入到较为透明的低酸食品中,可带来美丽的绿色,并具有一定稳定性;但将叶绿素提取物加入到以水为介质的粗分散系或酸性食品中的效果不佳,这可能是由于叶绿素水溶性差和具有酸不稳定性,粗分散颗粒的光散射作用也减少了叶绿素的色感。

参考文献

- [1] 郑国栋,欧阳文,颜苗,等.叶绿素及其衍生物的药理研究进展[J].中南药学,2006,4(2):146-148.
- [2] 李月,樊军文,陈志龙.叶绿素衍生物的生物活性研究进展[J].药学实践杂志,2001,19(5):266-269.
- [3] 柳新平,王新明,周开文,等.叶绿素在肿瘤防治中的应用研究进展[J].中国肿瘤临床与康复,2007,14(3):269-271.
- [4] 肖文剑,王新明.叶绿素在恶性肿瘤淋巴切除术中的应用的研究进展[J].中国肿瘤临床与康复,2005,12(5):466-468.
- [5] 傅娟,蒋义国.叶绿酸抗肿瘤作用及其机制的研究[J].肿瘤防治杂志,2004,11(2):195-198.
- [6] 纪卫东,蒋义国,王敏,等.叶绿酸对反式-7,8-二羟-9,10-环氧苯并芘抗细胞转化活性的影响[J].中华预防医学杂志,2003,37(5):335-337.
- [7] Barrington L. The Importance of Chlorophyll in our Diets. Natural Body Healing,2011. http://www.naturalbodyhealing.com/importance_of_chlorophyll.html.
- [8] Ross. Health Benefits of Liquid Chlorophyll. Energise Alkaline Diet & Natural Health Blog,February 11,2009. <http://www.energiseforlife.com/wordpress/2009/02/11/health-benefits-of-liquid-chlorophyll/comment-page-1/>.
- [9] Egner PA,Wang JB,Zhu YR,et al. Chlorophyllin intervention reduces aflatoxin-DNA adducts in individuals at high risk for liver cancer[J]. Proc Natl Acad Sci,2001,98(25):14601-14606.
- [10] Egner PA,Munoz A,Kensler TW. Chemoprevention with chlorophyllin in individuals exposed to dietary aflatoxin [J]. Mutation Research,2003:209-216,523-524.
- [11] Moiseeva MV ,Mikhailesc GA. Application of chlorophyll derivatives in medicine. In edition "Study and application of therapeutic-prophylactic medications based on natural biologically active compounds." [M]. Edited by V G Bespalov and V B Nekrasova,SPb Eskulap,2000:80-87.
- [12] 黄持都,胡小松,廖小军,等.叶绿素研究进展[J].中国食品添加剂,2007(3):114-118.

- [13] 关锦毅,郝再彬,张达,等.叶绿素提取与检测及生物学功效的研究进展[J].东北农业大学学报,2009,40(12):130-134.
- [14] 杨国恩,吴志平,李坤平,等.竹叶叶绿素的提取及其性质的稳定性[J].中南林学院学报,2005,25(3):106-110.
- [15] 金春雪,金晓红,龙林.蚕砂中叶绿素的提取及叶绿素铜钠的制备[J].信阳师范学院学报:自然科学版,2000,13(1):88-90.
- [16] 杨桂枝.从海藻中提取、制备叶绿素铜钠盐工艺及稳定性研究[D].天津:天津科技大学,2005.
- [17] 陈正,刘常坤.超声波萃取菠菜叶中叶绿素的研究[J].化学与生物工程,2004(6):37-38,56.
- [18] 刘绚霞,董振生,刘创社,等.油菜叶绿素提取方法的研究[J].中国农学通报,2004,20(4):62-63.
- [19] 孙永林,杨瑞.芹菜叶制取叶绿素铜钠盐的工艺研究[J].长江蔬菜,2010(4):36-38.
- [20] 孟庆廷,郭庆军,孙玉红,等.微波萃取甘蓝叶绿素工艺研究[J].山东化工,2009(2):1-3,7.
- [21] 马士成,于海宁,沈生荣.茶绿色素的制备及其稳定性研究进展[J].茶叶,2007,33(1):11-15.
- [22] 王立娟.超声波辅助提取紫丁香叶叶绿素的工艺[J].农业工程学报,2009,25(S1):171-174.
- [23] 陈雪峰,刘迪.超临界CO₂萃取桃叶中叶绿素的工艺研究[J].食品科技,2006(5):38-41.
- [24] 麻明友,麻成金,肖桌柄,等.猕猴桃叶中叶绿素的提取研究[J].食品工业科技,2006,27(6):140-143.
- [25] 张志强,杨清香.三叶草中叶绿素提取方法的研究[J].中国食品添加剂,2008(5):126-129.
- [26] 王冬李,建华祝,锡键,等.仙人掌叶绿素提取工艺研究[J].安徽农学通报,2006,12(5):67-68.
- [27] 于相丽,胡秋雯,黄宇.牡丹叶绿素的提取及其性质研究[J].洛阳师范学院学报,2005(5):107-109.
- [28] 吴光旭,陈东海,俞胜.绞股蓝叶绿素铜钠盐的制备和理化性质研究[J].食品研究与开发,2006,27(7):203-205.
- [29] 丁利君,周燕芳,谢晓玲.芥蓝叶制取叶绿素铜钠盐的工艺参数及其性质研究[J].现代食品科技,2005,27(1):36-38.
- [30] 王晓飞,郭海蓉,李志春,等.微波辅助提取甘蔗糖厂滤泥中叶绿素的初探[J].现代食品科技,2008,24(1):59-63.
- [31] 王爽,姚秉华.超声波提取松针叶绿素及稳定性研究[J].纺织高校基础科学学报,2010,23(1):87-90.
- [32] 孙鹤,丛培君,王榕树,等.绿色蔬菜汁中叶绿素稳定性研究[J].食品科学,1997,18(2):9-13.
- [33] 李英华,吕秀阳,任浩明,等.叶绿素及其衍生物的分析方法研究进展[J].蚕桑学报,2004,35(4):1-5.

(上接第244页)

- [16] 王大为,张艳荣,李玉.发酵型香菇酒生产工艺的研究[J].食品科学,2004,25(12):82-87.
- [17] 王华,李华,郭安鹤.二氧化硫在红葡萄酒中的抗氧化性研究[J].中国食品添加剂,2003(5):31-35.
- [18] Ramon Carrete,M Teresa Vidal,Albert Bordons,et al. Inhibitory effect of sulfur dioxide and other stress compounds in wine on the ATPase activity of Oenococcus oeni[J]. FEMS

- Microbiology Letters,2002,21(1):155-159.
- [19] 方强,籍保平,乔勇进,等.果酒中二氧化硫及其控制技术的研究进展[J].农产品加工业,2008(2):12-17.
- [20] 马子骏,林瑛影,王阳光,等.草莓酿酒特性和人工加糖发酵工艺的研究[J].食品科学,2003,24(5):102-106.
- [21] 赵志华,岳田利,王燕妮,等.苹果酒酵母融合子W1发酵工艺参数的优化研究[J].农业工程学报,2007,23(2):233-238.