

灵芝白茶功能饮料研制及其抗氧化活性评价

李怡彬, 陈君琛*, 沈恒胜, 吴 俐, 赖谱富

(福建省农业科学院农产品加工技术研究中心, 福建 福州 350003)

摘 要: 以福鼎白茶和灵芝为原料, 采用单因素和正交试验研究灵芝白茶复合饮料生产配方, 并从 Fe^{2+} 诱导卵黄脂蛋白脂质过氧化的抑制率分析该饮料的抗氧化性。结果表明: 灵芝白茶复合饮料的最佳配方为灵芝用量 0.4%、白砂糖用量 3.5%、白茶用量 0.8%; β -环状糊精添加量 0.01% 时, 可掩盖灵芝部分苦味, 同时又保留灵芝风味, 改善灵芝白茶饮料的适口性; 灵芝白茶饮料对 Fe^{2+} 诱导的卵黄脂蛋白脂质过氧化抑制率达 $(68.21 \pm 2.52)\%$, 具有较强抗氧化性, 与 4.04mg/mL VC 相当。

关键词: 灵芝; 白茶; 复合饮料; 抗氧化

Preparation and Antioxidant Activity of a Functional Beverage from *Ganoderma lucidum* and White Tea

LI Yi-bin, CHEN Jun-chen*, SHEN Heng-sheng, WU Li, LAI Pu-fu

(Agricultural Products Processing Technology Research Center, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China)

Abstract: A functional beverage was developed from *Ganoderma lucidum* and white tea and its formula was optimized using one-factor-at-a-time combined with orthogonal array design. Meanwhile, the inhibitory rate of the beverage on Fe^{2+} -induced egg yolk lipoprotein peroxidation was determined to evaluate its antioxidant activity. The optimal beverage formula was found to consist of 0.4% *Ganoderma lucidum*, 3.5% sugar, 0.8% white tea, and 0.01% β -CD, which could partially mask the bitter taste of *Ganoderma lucidum*, retain the flavor of *Ganoderma lucidum* and improve the palatability of the beverage. The beverage demonstrated an inhibitory rate of $(68.21 \pm 2.52)\%$ on Fe^{2+} -induced egg yolk lipoprotein peroxidation, which was similar to that of 4.04 mg/mL vitamin C. Therefore, the developed beverage had strong antioxidant activity.

Key words: *Ganoderma lucidum*; white tea; compound beverage; antioxidation

中图分类号: TS275.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)02-0089-05

白茶是我国六大茶类之一, 具有很高的食用和药用价值。传统中医药理论证明, 白茶性清凉、消热降火、消暑解毒, 具有治病之功效, 尤以陈年白茶保健更为显著^[1-2]。美国癌症研究基金会发现, 白茶具有抗癌作用, 能不断抑制并缩小肝癌的肿块, 提高人体免疫功能; 此外美国、瑞典及我国科学家证实, 白茶提取物具有较高的抗氧化作用, 对肝损伤有保护作用^[2-4], 并且有抑菌和清除自由基作用, 对导致葡萄球菌感染、链球菌感染、肺炎等细菌生长具有预防作用^[1,3]。中国是白茶的唯一产地, 而福建省是白茶的主产区, 产量占全国总产量的 90% 以上, 年产 7000 多吨, 主要产于福鼎、政和、建阳等县市^[5]。随着白茶市场竞争日益激

烈, 白茶产业急需拓宽产业链, 而利用低商品价值的中低档白茶开发功能性饮料, 是提高白茶产品附加值的有效途径。

灵芝(*Ganoderma lucidum*)是一种药用价值极高的真菌, 含有多糖、三萜类化合物、有机锗等生物活性成分^[6], 已被证明具有免疫调节、抗肿瘤、保肝等功效, 并且对心脑血管疾病具有较高的药理活性^[7-10], 是开发保健饮料的良好天然原料。

目前关于灵芝白茶复合饮料的研究尚未见报道, 本研究以福鼎白茶和灵芝为原料, 研究符合大众化风味的灵芝白茶复合功能饮料的生产配方, 并探讨其抗氧化活性, 以期为该饮料工业化生产提供科学依据, 同时促进福建白茶与灵芝资源的开发。

收稿日期: 2011-07-06

基金项目: 福建省农业科学院科技创新团队重点科研项目(CXTD2011-15)

作者简介: 李怡彬(1981—), 男, 助理研究员, 硕士, 研究方向为食用菌加工与功能营养。E-mail: lyb9951@163.com

* 通信作者: 陈君琛(1959—), 男, 研究员, 研究方向为食用菌加工与功能营养。E-mail: junchencc@sina.com

1 材料与方法

1.1 材料与设备

白茶 福建天湖茶业有限公司；灵芝粉(200目) 尤溪绿田园生物科技有限公司。

白砂糖、蜂蜜、 β -环状糊精(β -cyclodextrin, β -CD)、异VC-Na、柠檬酸钠、六偏磷酸钠、乙基麦芽酚 市售；VC 天津福晨化学试剂厂；三氯乙酸、硫代巴比妥酸。

756P型紫外-可见分光光度计 中国上海光谱仪器有限公司。

1.2 工艺流程

前处理工艺：白茶→清洗→75℃浸提10min(茶叶:水=1:40)→200目筛(孔径0.074mm)过滤→滤渣再用75℃浸提10min(茶叶:水=1:25)→200目筛(孔径0.074mm)过滤→合并两次浸提茶汤→40 μ m孔径滤网过滤→茶汤；灵芝粉→加水溶解(灵芝:水=1:50)→沸水浸提10min→40 μ m孔径滤网过滤→滤渣再用沸水浸提10min(灵芝:水=1:50)→40 μ m孔径滤网过滤→合并两次灵芝浸提液。

饮料总体工艺流程：茶汤、灵芝浸提液混合→迅速冷却至15~18℃→离心(5000r/min, 5min)→1 μ m孔径滤网过滤→调配→灌装→封盖→杀菌(116℃保持20min)→冷却→成品。

1.3 灵芝白茶饮料生产配方单因素试验

1.3.1 灵芝用量对灵芝白茶饮料的影响

分别将0.3%、0.4%、0.5%、0.6%灵芝粉加入50倍水，沸水浸提10min，用40 μ m孔径滤网过滤，滤渣再用沸水浸提10min(灵芝:水=1:50)，再用40 μ m孔径滤网过滤，合并两次灵芝浸提液，利用折光仪测定可溶性固形物含量，将灵芝浸提液制作成灵芝白茶饮料，感官评价饮料风味，其他主要配料比例分别为白茶1.0%、白砂糖4.0%。灵芝水提物提取率为浸提液可溶性固形物占灵芝粉质量的比例。

1.3.2 白茶用量对灵芝白茶饮料的影响

分别将0.5%、0.8%、1.0%、1.5%白茶加入40倍水，75℃浸提10min，用200目筛(孔径0.074mm)过滤，滤渣再用75℃水浸提10min(白茶:水=1:40)，再用200目筛(孔径0.074mm)过滤，合并两次茶汤，利用折光仪测定可溶性固形物含量，将茶汤制作成灵芝白茶饮料，感官评价饮料风味，其他主要配料比例分别为灵芝0.4%、白砂糖4.0%。白茶水提物提取率为茶汤可溶性固形物占白茶质量的比例。

1.3.3 白砂糖用量对灵芝白茶饮料的影响

讨论2.0%、2.5%、3%、3.5%、4.0%和5%白砂糖用量对灵芝白茶饮料风味口感的影响，其他主要配料

比例分别为灵芝0.4%、白茶0.8%。

1.3.4 柠檬酸用量对灵芝白茶饮料的影响

讨论0、0.01%、0.02%柠檬酸用量对灵芝白茶饮料风味口感的影响，其他主要配料比例分别为灵芝0.4%、白茶0.8%、白砂糖3.5%。

1.4 灵芝白茶饮料生产配方优化正交试验

灵芝白茶复合饮料的风味口感与灵芝用量、白茶用量和白砂糖用量之间的配比有密切关系，本试验以灵芝用量、白茶用量和白砂糖用量为因素，设计三水平，以感官评价为指标，作 $L_9(3^4)$ 正交试验，因素水平见表1。

表1 灵芝白茶饮料工艺正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal tests for optimizing the formula of compound beverage

水平	A 灵芝用量/%	B 白茶用量/%	C 白砂糖用量/%
1	0.3	0.5	3.0
2	0.4	0.8	3.5
3	0.5	1.0	4.0

为保证感官评定的可靠性和客观性，由来自不同地域、不同年龄、不同性别的10位技术人员组成评审组，所有评价员具有一定的专业知识、良好的感觉敏锐性及基本的感官评定知识与技巧，并在评定之前，对评价员做评价培训^[11]；由评审组依据色泽、香味、口感、组织形态等感官综合评定，感官评价标准见表2。

表2 产品感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation standard of compound beverage

项目	色泽/30分	香味/30分	口感/30分	组织形态/10分
要求	呈黄褐色，质地均一，鲜明透彻	具有灵芝和白茶汤的混合香气	具有灵芝和白茶汤的混合滋味，无异味，味感纯正，甜酸适中	透明，允许稍有沉淀

1.5 β -CD对灵芝白茶饮料的影响

在灵芝0.4%、白茶0.8%和白砂糖3.5%条件下，研究未添加、添加0.01%和0.02% β -CD对灵芝白复合茶饮料后苦味的影响。

1.6 灵芝白茶功能饮料抑制脂质过氧化试验

采用PUFA法^[12-13]，即通过测定灵芝白茶功能饮料对卵黄脂质过氧化自由基的抑制率，评价其抗氧化效果。

1.6.1 卵黄悬液的配制

取1mL 0.1mol/L pH7.4磷酸缓冲液和1mL鸡蛋卵黄混合，用磁力搅拌器搅拌10min，加入48mL 0.1mol/L pH7.4磷酸缓冲液，配制成1:25的卵黄悬液。

1.6.2 抗氧化性评价

吸取0.1mol/L磷酸缓冲液3mL于带塞10mL刻度塑料试管中,加入1:25卵黄悬液0.4mL,加入样液0.2mL,加入25mmol/L FeSO₄溶液0.4mL。对照组吸取0.1mol/L磷酸缓冲液3.2mL,除不加样液外,其他试剂同前,并加入质量分数为20%的三氯乙酸溶液1mL。将上述试管同时置于37℃恒温培养箱中放置12h。取出后,除对照组外,各样品管中加入20%三氯乙酸1mL,静置10min;对照组与样品管一起于3500r/min离心10min,取4.0mL上清液,分别加入质量分数为0.8%硫代巴比妥酸溶液2mL,加塞后于100℃水浴15min,取出后用冰水冷却。以5mL磷酸缓冲液调零,在波长532nm处测定吸光度。样品对卵黄脂质过氧化自由基抑制率按下式计算:

$$\text{过氧化自由基抑制率}/\% = \frac{A_{\text{对照}} - A_{\text{样品}}}{A_{\text{对照}}} \times 100$$

式中: $A_{\text{样品}}$ 为样品组吸光度; $A_{\text{对照}}$ 为对照组吸光度。

1.7 数据处理

采用DPS软件对正交试验数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 灵芝用量对灵芝白茶饮料影响单因素试验

表3 灵芝用量对灵芝提取率和饮料风味的影响

Table 3 Effect of *Ganoderma lucidum* dosage on extraction rate of *Ganoderma lucidum* and flavor of compound beverage

灵芝用量/%	灵芝水提物提取率/%	饮料感官评价
0.3	5.15	灵芝风味不足, 淡淡后苦味
0.4	5.21	有灵芝风味, 后苦味
0.5	5.26	有灵芝风味, 后苦味
0.6	5.18	灵芝风味重, 后苦味较重

由表3可知, 灵芝水提物提取率保持在5.20%左右, 未随灵芝用量变化发生明显变化, 这可能是由于灵芝水提取物提取率与灵芝原料来源、提取条件密切相关, 而4个处理在二者上均一致。灵芝用量明显影响灵芝白茶饮料的风味, 以0.4%和0.5%灵芝用量为宜, 过多灵芝导致饮料后苦味过重, 适口性较差, 经测定0.4%灵芝用量, 灵芝水提物提取率可达2.03%。

2.2 白茶用量对灵芝白茶饮料影响单因素试验

表4 白茶用量对白茶提取率和饮料风味的影响

Table 4 Effect of white tea dosage on extraction rate of white-tea and flavor of compound beverage

白茶用量/%	白茶水提物提取率/%	饮料感官评价
0.5	12.32	白茶味较淡
0.8	12.50	白茶味清爽
1.0	13.60	白茶味清爽, 味道偏涩
1.5	12.81	白茶味浓郁, 味道过涩, 色泽较深

从表4可看出, 白茶用量以0.8%最适宜, 浓度太低, 饮料缺乏白茶特有风味; 浓度太高, 味道过涩, 消费者不易接受。白茶水提物提取率在12.32%~13.60%之间, 4个处理无明显差异。

2.3 白砂糖用量对灵芝白茶饮料的影响单因素试验

表5 白砂糖用量对饮料感官的影响

Table 5 Effect of sugar addition amount on sensory quality of compound beverage

白砂糖用量/%	饮料感官评价
2.0	甜度低, 苦味较重
2.5	甜度偏低
3.0	甜度适中
3.5	甜度适中
4.0	偏甜
5.0	过甜, 掩盖了部分白茶和灵芝风味

作为以功能保健定位的饮品, 灵芝白茶饮料应以低糖口味为主。由表5可知, 白砂糖的用量以3.0%和3.5%为宜, 用量太低, 饮料后苦味明显; 用量太高, 甜味会掩盖部分白茶和灵芝的风味。

2.4 柠檬酸用量对灵芝白茶饮料的影响单因素试验

表6 柠檬酸用量对饮料感官的影响

Table 6 Effect of citric acid dosage on sensory quality of compound beverage

柠檬酸用量/%	pH	饮料感官评价
0.00	5.74	甜酸适中
0.01	4.73	过酸, 掩盖部分白茶和灵芝风味, 且茶乳较多
0.02	4.16	过酸, 掩盖白茶和灵芝风味, 且茶乳较多

从表6可知, 对于灵芝白茶饮料, 不应添加酸味剂, 酸味会掩盖白茶和灵芝的风味, 且pH值过低, 饮料易产生茶乳沉淀, 因此灵芝白茶饮料以不添加柠檬酸为宜。

2.5 灵芝白茶复合饮料最佳配方优化正交试验

2.5.1 正交试验结果与方差分析

从表7正交试验结果及极差分析表可直观看出, 影响感官评价的因素排列顺序为 $A > C > B$, 最佳组合为 $A_2C_2B_2$, 即灵芝用量0.4%、白砂糖用量3.5%、白茶用量0.8%时, 产品风味最佳。通过表8方差分析看出A(灵芝用量)、B(白茶用量)和C(白砂糖用量)3因素各水平均差异显著, 即这3因素对产品感官指标影响很大。

表8 正交试验方差分析表

Table 8 Variance analysis of orthogonal tests

变异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
A	214.89	2	107.44	60.44	0.016
B	91.56	2	45.78	25.75	0.037
C	133.56	2	66.78	37.56	0.026
误差	3.56	2	1.78		
总和	443.56				

表 7 灵芝白茶复合饮料最佳配方优化正交试验设计与结果
Table 7 Design, results and range analysis of orthogonal tests

试验号	A 灵芝用量	B 白茶用量	C 白砂糖用量	感官评价	评分
1	1	1	1	金黄色，茶叶和灵芝香气不足，甜度偏淡，透明，稍有沉淀	64
2	1	2	2	金黄色，有茶香，但灵芝味不足，适度适中，透明，稍有沉淀	81
3	1	3	3	金黄色，茶香过浓，但灵芝味不足，偏甜，透明，稍有沉淀	67
4	2	1	2	黄褐色，茶香不足，甜度适中，透明，稍有沉淀	85
5	2	2	3	黄褐色，茶香与灵芝味较好，但偏甜，透明，稍有沉淀	83
6	2	3	1	黄褐色，茶香过浓，灵芝味较好，偏甜，透明，稍有沉淀	78
7	3	1	3	褐色，色泽偏深，灵芝苦味偏重，透明，稍有沉淀	68
8	3	2	1	褐色，色泽偏深，灵芝苦味偏重，透明，稍有沉淀	75
9	3	3	2	褐色，色泽偏深，茶叶较浓，灵芝苦味较重，透明，稍有沉淀	76
K ₁	212	217	217		
K ₂	246	239	242		
K ₃	219	221	218		
k ₁	70.67	72.33	72.33	主次因素：A > C > B	最优水平：A ₂ C ₃ B ₂
k ₂	82.00	79.67	80.67		
k ₃	73.00	73.67	72.67		
R	11.33	7.34	8.34		

2.5.2 试验因素水平间的效应分析

对试验有显著效应的A(灵芝用量)、B(白茶用量)和C(白砂糖用量)三因素进行 Duncan’s 新复极差测验，见表9。A₂与A₃水平间效应的区别显著，与A₁有极显著的差异，说明灵芝用量水平间差异明显，用量过多饮料苦味过重，会引起产品的不适口感，用量过少则无法体现灵芝的风味。B₂与B₃、B₁之间有较显著差异，同样C₂与C₃、C₁之间效应区别显著，即白茶用量和白砂糖用量的最优水平与其他水平间对产品感官有显著差异。

2.6 β-CD对灵芝白茶饮料的影响

灵芝提取物有较重的苦味，相当一部分消费者，特别是青少年群体，无法接受灵芝苦味，本试验利用β-环状糊精(β-CD)的包埋和缓释能力，掩盖部分灵芝苦味，改善口感，同时利用β-CD的环状空腔结构，保留茶香，抑制茶乳酪形成。从表10可知，0.02%β-CD可基本消除灵芝白茶饮料中的灵芝苦味，但对于减少茶乳酪的形成没有明显的效果；对于以灵芝为原料的饮品，应保留一定的灵芝苦味，让消费者从感官风味上能感知灵芝的存在，在药效和心理的双重作用下，使

产品的保健作用得到最佳效果，因此综合考虑，灵芝白茶饮料产品β-CD最佳用量为0.01%。

表 10 β-CD对灵芝白茶饮料产品的影响
Table 10 Effect of β-CD on the quality of the compound beverage

β-CD用量/%	0.00	0.01	0.02
产品感	苦味明显，	有一定苦味，	基本无苦味，
官评价	有少量沉淀	有少量沉淀	有少量沉淀

2.7 灵芝白茶饮料抗氧化效果

脂质过氧化过度生成会引起生物机体细胞的膜结构与功能发生障碍，使细胞的损伤或死亡，从而导致机体发生衰老、炎症、肿瘤、免疫下降等疾病^[14-19]。本研究建立以Fe²⁺诱发卵黄磷脂C₂位上的极低密度脂蛋白和极低密度脂蛋白过不饱和脂肪酸的过氧化模型，以VC为对照，用于评价灵芝白茶饮料的抗氧化活性。由图1可知，VC对Fe²⁺诱导的卵黄脂蛋白脂质过氧化抑制效果随浓度升高而增强，有明显的量效关系，IC₅₀为2.64mg/mL；灵芝白茶饮料对Fe²⁺诱导的卵黄脂蛋白脂质过氧化抑制率达(68.21±2.52)%，与4.04mg/mL VC相当，具有较强抗氧化性。

表 9 各因素的 Duncan’s 新复极差测验表
Table 9 Duncan’s multiple rang test of the factors

灵芝用量	均值	差异显著性水平		白茶用量	均值	差异显著性水平		白砂糖用量	均值	差异显著性水平	
		0.05	0.01			0.05	0.01			0.05	0.01
A ₂	82.00	a	A	B ₂	79.67	a	A	C ₂	80.67	a	A
A ₃	73.00	b	AB	B ₃	73.67	b	A	C ₃	72.67	b	A
A ₁	70.67	b	B	B ₁	72.33	b	A	C ₁	72.33	b	A

注：小写字母表示差异显著(α=0.05)，大写字母表示差异极显著(α=0.01)。

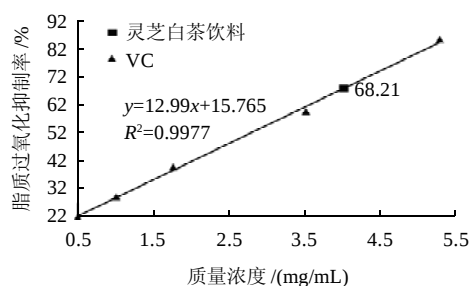


图1 灵芝白茶饮料与VC对脂质过氧化的抑制效果

Fig.1 Inhibitory effects of compound beverage and vitamin C on lipid peroxidation

3 结论与讨论

3.1 单因素和正交试验表明, 灵芝白茶复合饮料配方最优组合为灵芝用量0.4%、白砂糖用量3.5%、白茶用量0.8%。此外, 本研究发现, 白茶浸提温度不可过高, 采用75℃浸提10min工艺为宜, 这既可保留白茶原有风味, 又可减少灵芝白茶饮料产品茶乳酪形成。

3.2 利用 β -CD消除灵芝的苦味, 添加量为0.01%时, 可掩盖灵芝部分苦味, 同时又保留灵芝风味, 改善灵芝白茶饮料的风味。这可能是 β -CD为环状空腔结构, 具有微胶囊的性质, 与饮料中呈苦味的化合物通过包合反应生成包合物^[20-23], 从而降低灵芝白茶饮品的苦味。对于灵芝白茶饮料, 0.01%和0.02% β -CD对茶乳酪控制没有明显效果, 因此为使产品外观符合商业质量要求, 结合灵芝白茶饮料的特性, 可采用3个方法控制茶乳酪沉淀: 一是控制茶叶浸提温度, 浸提温度过高易产生茶乳酪, 过低影响提取效率低, 经实际证明采用75℃浸提10min较适宜, 可减少茶乳酪生成量; 二是低温离心去除, 将饮料冷却至15~18℃, 使饮料产生茶乳酪沉淀, 再用碟式离心机离心去除; 三是膜过滤去除, 经小于1 μ m孔径膜过滤, 可过滤掉大部分沉淀; 结合这3种方法, 可使灵芝白茶饮料在保质期内不出现茶乳酪沉淀, 达到商业质量要求。

3.3 灵芝白茶饮料对Fe²⁺诱导的卵黄脂蛋白脂质过氧化抑制率达(68.21 $\pm$ 2.52)%, 与4.04mg/mL VC相当, 具有较强抗氧化性。这可能是由于灵芝白茶复合饮料含有一定量的灵芝多糖、灵芝三萜类化合物、茶多酚等活性物质, 这些活性物质可清除脂质过氧化链式反应中产生的自由基, 减少脂质过氧化反应链的长度, 从而起到抗氧化的效果^[16-18]。

参考文献:

- [1] 袁弟顺. 中国白茶[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2006.
- [2] 池玉洲. 福建白茶的基本特性及其药理作用[J]. 福建茶叶, 2007(2): 46-47.
- [3] 林秀菁. 研究白茶提取物的抗氧化及肝保护作用[J]. 中国民族民间医药, 2009, 18(14): 4.
- [4] 陈玉春, 王碧英. 白茶对小鼠血清红细胞生成素水平的影响[J]. 茶叶科学, 1998, 18(1): 159-160.
- [5] 池玉洲. 福鼎自茶的产业优势与发展对策[J]. 中国茶叶, 2009(10): 30-32.
- [6] SHIAO M S. Natural products of the medicinal fungus *Ganoderma lucidum*: occurrence, biological activities, and pharmacological functions [J]. The Chemical Record, 2003, 3(3): 172-180.
- [7] AHMADI K, RIAZIPOUR M. Effect of *Ganoderma lucidum* on cytokine release by peritoneal macrophages.Iran[J]. Immunol, 2007, 4(4): 220-226.
- [8] 王明宇, 刘强. 灵芝三萜类化合物对3种小鼠肝损伤模型的影响[J]. 药理学学报, 2000, 35(5): 326-329.
- [9] 刘高强, 丁重阳. 灵芝三萜类化合物抗癌作用机制的研究进展[J]. 菌物学报, 2007, 26(3): 470-476.
- [10] KIMURA Y, TANIGUCHI M, BABA K. Antitumor and antimetastatic effects on liver of triterpenoid fractions of *Ganoderma lucidum*: mechanism of action and isolation of an active substance[J]. Anti-cancer Res, 2002, 22(6A): 3309-3318.
- [11] 吴谋成. 食品分析与感官评定[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [12] NIKI E. Assessment of antioxidant capacity *in vitro* and *in vivo*[J]. Free Radical Biology and Medicine, 2010, 49(4): 503-515.
- [13] 张尔先, 余利君, 周意琳. Fe²⁺ 诱发脂蛋白PUFA过氧化体系及对若干天然产物抗氧化作用的评价[J]. 生物化学与生物物理学报, 1996, 28(2): 218-222.
- [14] NIKI E. Lipid peroxidation and its inhibition overview and perspectives [J]. J Oleo Sci, 2001, 50(5): 313-320.
- [15] ZWART L L, JOHN H N, MEERMAN J N M, et al. Biomarkers of free radical damage applications in experimental animals and in humans[J]. Free Radical Biology and Medicine, 1999, 26(1/2): 202-226.
- [16] 王镜岩, 朱圣庚, 徐长法. 生物化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 39-46.
- [17] 方允中, 郑荣梁. 自由基生物学的理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [18] 郑荣梁. 自由基生命科学进展(第8集)[M]. 北京: 原子能出版社, 2001.
- [19] 庞战军, 周玫, 陈瑗. 自由基医学研究方法[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2000: 37-47.
- [20] 宁静, 李健权, 朱旗, 等. β -CD微胶囊技术在茶饮料生产中的应用[J]. 福建茶叶, 2008(3): 40-42.
- [21] 刘志敏. β -环糊精在食品工业中的应用研究进展[J]. 河南职业技术学院学报, 1999, 2(2): 49-52.
- [22] 叶文峰, 褚维元, 席银华, 等. 杜仲叶复合保健饮料的研制[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 446-448.
- [23] 张国宏, 孙奇. 环糊精用于茶汤转溶的初步研究[J]. 食品科学, 2000, 21(12): 95-99.