

不同种类茶提取物抗氧化活性的研究

李润丰, 赵月卿 (河北科技师范学院食品工程系, 河北昌黎 066600)

摘要 [目的] 为开发新型天然抗氧化剂提供理论依据。[方法] 分别用水和50%乙醇提取红茶、绿茶、乌龙茶中的抗氧化性物质, 并研究其提取物的抗氧化活性。[结果] 在相同提取条件下, 绿茶水提取物和乙醇提取物的茶多酚含量均最高, 其次为乌龙茶, 红茶的茶多酚含量最低。绿茶提取物的还原能力最强, 其次为乌龙茶提取物, 红茶提取物的还原能力最差。50%乙醇提取物清除·OH的能力依次为: 绿茶>乌龙茶>红茶, 其脂质体氧化抑制率依次为: 红茶>绿茶>乌龙茶。不同种类茶叶的提取物均具有较强的还原能力和抑制脂质体氧化及清除Fenton反应产生的羟自由基的作用。[结论] 茶叶提取物是一种优良的天然抗氧化剂和自由基消除剂, 不同品种茶叶的提取物的抗氧化活性不同。

关键词 茶叶提取物; 抗氧化活性; 茶叶品种

中图分类号 S571.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)09-04134-03

Study on the Antioxidant Activities of Extracts from Different Kinds of Teas

LI Runfeng et al (Department of Food Engineering, Hebei Normal University of Science and Technology, Changli, Hebei 066600)

Abstract [Objective] The aim of the study was to supply theoretical foundation for developing a new type of natural antioxidant. [Method] The antioxidant matters were extracted with water and 50% ethanol from black tea, green tea and oolong tea and the antioxidant activities of their extracts were studied. [Result] Under the same extraction condition, the contents of tea-polyphenol in both water extracts and ethanol extracts from green tea were highest, that of oolong tea was secondary and that of black tea was lowest. The reducing capacity of extracts from green tea was strongest, that of extracts from oolong tea was secondary and that of extracts from black tea was weakest. The capacities of clearing ·OH of 50% ethanol extracts were as follows from the strong to the weak: green tea > oolong tea > black tea and the inhibition rates on the oxidation of liposome were as follows sequentially: black tea > green tea > oolong tea. The extracts from different kinds of teas had relatively strong reducing capacity and action of inhibiting the oxidation of liposome and clearing ·OH produced by Fenton reaction. [Conclusion] The extracts from tea was a good natural antioxidant and clearing agent of free radical and the antioxidant activities of extracts from different kinds of teas were different.

Key words Tea extracts; Antioxidant activities; Tea varieties

茶具有清凉解渴、兴奋解倦、减肥防龋等多种功效, 在我国有着悠久的饮用历史。迄今已在茶叶内鉴定出450种以上的有机成分和15种以上的无机元素, 在这些化学成分中以各种有机物为主, 约占茶叶重量的93%~95%。其中茶多酚15%~30%、蛋白类20%~30%、茶色素15%左右、咖啡因3%~5%、氨基酸类1%~5%、维生素1%左右、芳香类0.005%~0.030%, 还有少量的有机酸、脂质, 决定了茶叶的色、香、味和营养水平^[1]。目前研究证明茶叶提取物具有抗癌、抗衰老、抗辐射、清除人体自由基、降低血糖血脂等重要的药理功能^[2-3], 其主要功能性成分是茶多酚。我国是茶叶生产大国, 居世界第3位。随着我国近年来经济的快速发展, 人民生活水平和健康意识的提高, 人们对茶叶中以茶多酚为主的抗氧化成分的关注度也越来越高。笔者以红茶、绿茶和乌龙茶不同品种的茶叶为原料, 采用不同溶剂提取其成分, 对其抗氧化作用进行比较研究, 旨在为开发新型天然抗氧化剂和提高茶叶的综合利用价值提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 原料。红茶: 滇红(A₁)、苏红(A₂)、川红(A₃); 绿茶: 信阳毛尖(B₁)、西湖龙井(B₂)、洞庭碧螺春(B₃); 乌龙茶: 铁观音(C₁)、武夷岩茶(C₂)、水仙(C₃)。

1.1.2 试剂。甲醇、石油醚、乙醇、丙酮、六氰合铁酸钾、三氯醋酸、三氯化铁、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、邻菲罗啉、硫酸亚铁、过氧化氢、磷酸二氢钾、氢氧化钾、硫代巴比妥酸、浓盐

酸、维生素C等均为分析纯。

1.1.3 仪器设备。723型分光光度计、201型旋转蒸发器、876-1型真空干燥箱、800型低速离心沉淀机。

1.2 方 法

1.2.1 提取工艺流程。茶叶原料 挑选清理 粉碎 过筛 溶剂提取 滤液定容 提取物溶液。

1.2.2 提取物的制备方法。

1.2.2.1 热水提取物的制备。先用万能粉碎机分别将不同品种少量试样磨碎(使磨碎样品能完全通过孔径为600~1000 μm的筛子), 各称取9.000 g磨碎试样分别置于500 ml锥形瓶中, 用400 ml蒸馏水在80℃水浴中分2次浸提, 每次30 min(每隔10 min摇动一次)。浸提完毕后立即趁热减压过滤。滤液移入500 ml容量瓶中, 残渣用50 ml热蒸馏水洗涤2~3次, 并将滤液滤入上述容量瓶中, 冷却后用蒸馏水稀释至刻度。

1.2.2.2 浓度50%乙醇提取物的制备。各称取9.000 g磨碎试样分别置于500 ml锥形瓶中, 用400 ml浓度50%的乙醇溶液在80℃水浴中分2次浸提, 每次30 min(每隔10 min摇动一次)。浸提完毕后立即趁热减压过滤。滤液移入500 ml容量瓶中, 残渣用50 ml浓度50%乙醇洗涤2~3次, 并将滤液滤入上述容量瓶中, 冷却后用浓度50%乙醇稀释至刻度。

1.2.2.3 粗磷脂的提取。称取新鲜鸡蛋黄按2 ml/g取量1次, 3 ml/g取量2次, 丙酮脱脂3次后, 再用酒精提取2次, 合并滤液, 用旋转蒸发器浓缩, 然后再用丙酮洗涤, 烘干后得到粗磷脂^[4]。

1.2.3 提取物茶多酚含量的测定。分别准确吸取上述“1.2.2.1”、“1.2.2.2”试液1 ml, 注入25 ml的容量瓶中, 加水4 ml和酒石酸亚铁溶液5 ml, 充分混合, 再加pH值7.5的缓冲液至刻度, 用10 mm比色杯, 在波长540 nm处以试剂空白溶

液作参比,测定各吸光度(A)。按下式计算:

$$\text{茶多酚}(\%) = A \times 1.957 \times 2 \times L_1 \times 100 / 1\,000 \times L_2 \times M \times m$$

式中, L_1 为试液的总量(ml); L_2 为测定时的用液量(ml); M 为试样的质量(g); m 为试样干物质含量百分率(%); A 为各试样的吸光度;1.957指用10 mm比色杯,当吸光度等于0.50时,每毫升茶汤中含茶多酚相当于1.957 ng。如果符合重复性的要求,同一样品的2次测定值之差,每100 g试样不得超过0.5 g,则取2次测定的算术平均值作为结果^[5]。

1.2.4 提取物抗氧化活性的测定。

1.2.4.1 还原力的测定。取少量“1.2.2.1”、“1.2.2.2”提取液,将其各自茶多酚浓度稀释至同一浓度。分别向每支具塞试管中加入2.5 ml样品稀释液和2.5 ml浓度2.5 mol/L磷酸盐缓冲液(pH值6.6);加入2.5 ml浓度1%六氰合铁酸钾和0.2 ml浓度1%蔗糖酯溶液,充分振荡混匀,盖上塞子将该试管置于50℃水浴锅中保温20 min;取出试管进行快速冷却,然后加入2.5 ml浓度10% TCA,充分振荡混匀后4 000 r/min离心10 min;取离心后的上清液2.5 ml,加入2.5 ml浓度25%甲醇和0.5 ml浓度0.1%三氯化铁,充分振荡混匀,静置10 min后测定其在700 nm处的吸光度值($A_{700\text{ nm}}$),用去离子水代替样品的混合液进行还原力参比测定试验。

1.2.4.2 ·OH清除试验。取少量“1.2.2.1”、“1.2.2.2”提取液,将其各自茶多酚浓度稀释至同一浓度。试验按表1分组。

反应在37℃恒温水浴中进行,准确反应1.5 h后,快速记录536 nm处的吸光度值(以 A_1 作对照测定 A_0 和 A_2)。按下式计算样品对·OH的清除率(I):

$$I(\%) = [(A_2 - A_1) / (A_0 - A_1)] \times 100^{[6]}$$

对照试验:用同浓度的维生素C(0.2 ng/ml)和维生素E(0.2 ng/ml)作对照试验。

1.2.4.3 卵磷脂抗脂质体氧化试验。

(1) 样品管的制备。取少量“1.2.2.1”、“1.2.2.2”提取液,将其各自茶多酚浓度稀释至同一浓度。于具塞试管中加入1.00 ml LLS(脂质体分散系)、1.00 ml浓度400 μmol/L

FeCl_3 、浓度1.00 ml 400 μmol/L Vc和1.00 ml样品稀释液,充分振荡混匀后,置于37℃水浴锅中保温60 min后将试管取出加入2.00 ml TCA-TBA-HCl(三氯醋酸、硫代巴比妥酸、浓盐酸的混合物),充分振荡混匀后,再将试管放入90~100℃沸水浴中15 min,冷水冷却后2 000 r/min离心10 min,取上清液测其在535 nm处的吸光度值($A_{535\text{ nm}}$)。

表1 ·OH清除试验所加试剂配方

分组 Grouping	PBS	邻菲罗啉 o-phenanthroline	去离子水 Dionized water	FeSO_4	样品 Samples	H_2O_2
(A_0)	1.0	1.0	0.9	1.0	0	0
(A_1)	1.0	1.0	0.4	1.0	0	0.5
(A_2)	1.0	1.0	0	1.0	0.4	0.5

注:试剂从左至右依次加入试管。 A_0 指不含样品和 H_2O_2 ; A_1 指不含样品,含 H_2O_2 ; A_2 为含样品和 H_2O_2 。

Note: The reagents were added into test tube from left to right; A_0 stands for not having samples and H_2O_2 ; A_1 stands for having H_2O_2 without samples; A_2 stands for having H_2O_2 and samples.

(2) 空白管的制备。用去离子水代替样品提取液,其余步骤与样品管相同。

(3) 数据处理。计算抑制率。

$$\text{抑制率(IC)}(\%) = \frac{A_c - A_s}{A_c} \times 100$$

式中, A_c 为空白值; A_s 为样品值。

2 结果与分析

2.1 茶叶提取物中茶多酚含量的比较结果 由表2可知,相同提取条件下绿茶水提取物和乙醇提取物中茶多酚含量均最高,其次为乌龙茶,红茶茶多酚含量最低。绿茶多酚含量最高主要是因为绿茶在加工过程中没有经过发酵工艺,其茶多酚在制成成品时损失比较小,而红茶为完全发酵茶,茶多酚损失最大,所以含量比较低。乌龙茶为半发酵茶,介于二者之间。由比较结果可以看出,浓度50%乙醇溶液作提取剂时各种茶叶茶多酚的提取量都相对高于水的提取量。这与已有的关于茶多酚提取工艺的研究报道结果相一致。

表2 不同茶叶水和浓度50%乙醇提取物中茶多酚含量

Table 2 The content of tea polyphenol in water and 50% ethanol extracts from different tea leaves

提取液 Extract	红茶 Back tea			绿茶 Green tea			乌龙茶 Oolong		
	A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	C_1	C_2	C_3
水 Water	12.30 ± 0.04	11.80 ± 0.02	11.10 ± 0.03	22.30 ± 0.03	24.10 ± 0.02	22.7 ± 0.02	19.80 ± 0.03	21.60 ± 0.02	19.10 ± 0.03
浓度50%乙醇 50% ethanol	16.30 ± 0.03	17.80 ± 0.02	17.00 ± 0.03	29.10 ± 0.02	28.70 ± 0.03	32.30 ± 0.02	25.10 ± 0.05	27.80 ± 0.03	24.60 ± 0.02

注:表中数据为平均值±标准偏差;测定次数为3次。下表同。

Note: The data are denoted by mean ± standard deviation; The determination times is thrice. The same as follows.

2.2 茶叶提取物的还原能力 一般情况下,样品的还原能力与抗氧化活性之间有显著的相关性。研究表明,茶叶含儿茶素类、黄酮、黄酮醇类、花青素类、酚酸、缩酚酸类及聚合酚类等具有抗氧化活性的物质^[7-8]。这些物质在还原力试验过程中主要是捐赠电子或氢原子给自由基,自身成为较稳定的共振自由基又可去结合其他自由基;多酚类还有螯合金属离子的作用,使金属离子失去催化氧化的作用。

由表3可知,以水和乙醇作提取剂时,将提取液的茶多酚

调整至同一浓度,不同类型茶叶提取液的还原力为:绿茶提取物>乌龙茶提取物>红茶提取物。按照该试验方法所测定的茶多酚浓度虽然一致,但其中所包含的内容物成分和聚合程度存在差异,茶叶中富含多酚类物质,其中儿茶素占多酚总量的70%以上,儿茶素单体具有很强的抗氧化能力。而发酵茶红茶以及半发酵茶乌龙茶在发酵的过程中,儿茶素发生聚合,生成茶色素,导致多酚中单体和低聚合体的含量降低,从而导致所表现出来的还原力不同。

表3 不同茶叶水和浓度50%乙醇提取物的还原力试验测定的吸光度

Table 3 The reducing power test results of water and 50% ethanol extracts from different tea leaves

%

提取液 Extract	红茶 Back tea			绿茶 Green tea			乌龙茶 Olong		
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃
水 Water	0.381 ±0.017	0.401 ±0.020	0.379 ±0.027	0.441 ±0.024	0.465 ±0.009	0.392 ±0.018	0.388 ±0.021	0.423 ±0.020	0.410 ±0.008
浓度50%乙醇 50% ethanol	0.423 ±0.003	0.491 ±0.011	0.389 ±0.007	0.563 ±0.020	0.557 ±0.015	0.591 ±0.006	0.538 ±0.017	0.550 ±0.004	0.543 ±0.010

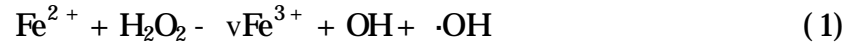
注:茶多酚浓度均为0.2%。

Nte: The concentration of tea polyphenol is 0.2%.

由比较结果还可以看出,同一类型茶叶的不同品种间表现的差异不明显;同一茶多酚浓度下,浓度50%乙醇溶液作提取剂时各茶叶提取物的还原力都依次高于相对应的水提取物还原能力。

2.3 ·OH 清除试验结果 ·OH 是已知的最活泼的活性氧自由基,也是毒性最大的氧自由基。它可与活细胞中的任何分子发生反应而造成损害,且反应的速度极快,被破坏的分子遍及糖类、氨基酸、磷脂、核苷和有机酸等。·OH 在细胞中可由 H₂O₂ 与 Fe²⁺ 或 Cu²⁺ 反应生成,从而对细胞造成毒害作用。其可导致生物体组织脂质过氧化,蛋白质解聚、聚合,核酸断裂,多糖解聚,破坏细胞膜的结构与功能,引发细胞凋亡。并引起机体衰老和其他一系列病理变化。在研究自由基时,反

应体系可通过水的辐射、光解以及化学反应产生 ·OH, Fenton 反应是最常见的化学反应,总反应式可用式(1)表示:



该试验依据 Fenton 反应产生 ·OH 的原理,利用邻菲罗啉 Fe²⁺ 被 ·OH 氧化为邻菲罗啉 Fe³⁺ 后,其颜色变化可灵敏地反映溶液氧化还原状态的改变,且吸收峰发生变化的现象来检测 ·OH^[9], 其中邻菲罗啉-Fe³⁺ 是该反应中一种常用的氧化还原指示剂,如果加入 ·OH 的清除剂,则 ·OH 减少,同时 Fe²⁺ 增多,溶液颜色变红,由此可推算 ·OH 的清除剂对 ·OH 的清除效率。由表4可知,同一茶多酚浓度下,无论是水作提取剂还是浓度50%乙醇作提取剂,绿茶提取物清除 ·OH 的效果都是最好的,乌龙茶提取物的清除能力要高于红茶。因此,·OH

表4 不同茶叶水和浓度50%乙醇提取物对·OH的清除率

Table 4 The scavenging rate of water and 50% ethanol extracts from different tea leaves to ·OH

%

提取液 Extract	红茶 Back tea			绿茶 Green tea			乌龙茶 Olong		
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃
水 Water	10.40 ±1.01	9.70 ±0.80	9.50 ±1.01	18.20 ±1.02	19.50 ±2.01	17.60 ±1.12	14.30 ±1.81	15.50 ±2.02	14.50 ±1.00
浓度50%乙醇 50% ethanol	10.00 ±2.01	11.70 ±1.24	9.80 ±2.04	23.30 ±2.22	22.70 ±1.70	24.60 ±1.80	13.50 ±1.09	16.80 ±2.09	14.90 ±1.72

注:茶多酚浓度均为1.0%。

Nte: The concentration of tea polyphenol is 1.0%.

清除能力强弱依次为:绿茶>乌龙茶>红茶。由比较结果可以看出,同一茶多酚浓度下,浓度50%乙醇作提取剂时,各茶叶提取物的清除能力都优于相对应的水提取物的清除能力。不同茶叶·OH 清除能力所表现出来的差异规律和还原力方面是相同的,说明发酵过程造成的单体和低聚合体的损失导致了红茶和乌龙茶自由基清除能力的降低。

2.4 卵磷脂抗脂质体氧化试验结果 卵磷脂分子因其所具有的不饱和键易与氧结合生成二烯键的结构而氧化。由表5可知,同一茶多酚浓度下,红茶水溶液提取物在卵磷脂抗脂质体氧化试验中的抑制率明显高于乌龙茶提取物。绿茶则

介于二者之间。浓度50%乙醇对各茶叶的提取物抑制率和水提取物抑制率趋势相同,但是抑制率明显低于水提取物。红茶提取物抑制率最高,其次是绿茶,再次为乌龙茶。卵磷脂抗脂质体氧化试验结果的趋势明显不同于还原力和·OH清除能力试验得出的规律,这可能是由于红茶中发酵产生的茶色素对脂质体氧化的抑制作用明显优于茶多酚,从而导致红茶的抑制效果显著高于未发酵的绿茶以及半发酵的乌龙茶。而茶色素在水中的溶出率高于在浓度50%乙醇中的溶出率是水提取物抑制率高于乙醇提取物的原因。

表5 不同茶叶水和浓度50%乙醇提取物对脂质体氧化的抑制率

Table 5 The inhibition rate of water and 50% ethanol extracts from different tea leaves to lipidsome anti oxidation

%

提取液 Extract	红茶 Back tea			绿茶 Green tea			乌龙茶 Olong		
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃
水 Water	66.40 ±5.22	75.70 ±4.31	61.50 ±4.03	56.30 ±4.00	58.50 ±3.21	52.40 ±4.42	55.50 ±3.32	58.30 ±4.01	50.50 ±3.02
浓度50%乙醇 50% ethanol	60.70 ±1.13	58.20 ±2.07	54.60 ±2.24	46.20 ±3.35	47.30 ±2.18	42.50 ±2.52	35.40 ±3.45	38.50 ±5.07	30.60 ±4.00

3 结论与讨论

该试验通过测定茶叶提取物中茶多酚的含量表明,绿茶中茶多酚的含量最高,其次为乌龙茶,红茶含量最低。利用3

种抗氧化活性评价体系比较了3类茶叶抗氧化活性的强弱。研究表明,3类茶叶在还原力和·OH清除能力方面表现

(下转第4139页)

是湘西北> 湘中> 湘南; 湖南烤烟CF3 等级烟叶的叶绿素、类胡萝卜素、胡萝卜素、叶黄素含量和质体色素总量的平均

值都比津巴布韦、巴西烟叶低, 但类胡萝卜素与叶绿素比值比津巴布韦、巴西都高。

表4 湖南烤烟质体色素含量的统计描述与国外烤烟比较

Table 4 The statistical description of plastid pigment content in Hunan flue-cured tobacco and its comparison with foreign flue-cured tobacco cultivars

统计量 Statistic	叶绿素 ng/g Chlorophyll	类胡萝卜素 ng/g Carotenoid	胡萝卜素 ng/g Carotene	叶黄素 ng/g Lutein	质体色素总量 ng/g Total amount of plastid pigment	类胡萝卜素/叶绿素 Carotenoid/Chlorophyll
平均值 Mean	0.026	0.129	0.083	0.045	0.154	5.730
95% 置信区间 95% confidence interval	0.023 ~0.028	0.121 ~0.137	0.077 ~0.089	0.041 ~0.049	0.145 ~0.163	5.152 ~6.309
标准差 Standard deviation	0.009	0.031	0.024	0.016	0.036	2.277
中位数 Median	0.025	0.128	0.084	0.041	0.154	5.325
最小值 Minimum	0.007	0.057	0.026	0.023	0.064	2.250
最大值 Maximum	0.056	0.209	0.145	0.089	0.245	15.450
偏度 Skewness	0.699	0.056	-0.102	0.596	0.054	1.716
峰度 Kurtosis	1.876	-0.183	-0.018	-0.352	0.156	4.914
变异系数 % Variance coefficient	35.545	24.278	28.643	34.278	23.168	39.737
津巴布韦 Zimbabwe	0.050	0.190	0.108	0.081	0.239	3.817
巴西 Brazil	0.055	0.161	0.091	0.070	0.215	2.940

(2) 质体色素包括叶绿素和类胡萝卜素。叶绿素是绿色植物进行光合作用吸收光能和光能转化的主要物质。烤烟中未降解的叶绿素在燃烧过程中将产生严重的青杂气, 对卷烟的抽吸质量将产生不利的影响, 但其降解产物是新植二烯和植物味, 而新植二烯是烤烟中挥发性香气物质含量最高的化合物, 具有清香气息。类胡萝卜素是植物进行光合作用吸收光能和防止光(紫外光、蓝紫光)氧化的主要质体色素。烟草中类胡萝卜素以 β -胡萝卜素和叶黄素居多(叶黄素是 β -胡萝卜素的含氧衍生物)。类胡萝卜素是影响烤烟香气质量最重要的潜香型萜烯类化合物, 特别是在成熟和调制过程中, 类胡萝卜素的含量变化, 将直接影响烤烟的色泽和香气风格。类胡萝卜素的降解和热裂产物可生成近百种香气化合物, 这些化合物是构成烤烟细腻、高雅、清新的主要香气成分, 也是烤烟中除新植二烯以外含量较高的挥发性香气物质

组分。因此, 该研究对2003~2005年湖南烤烟CF3等级样品质体色素区域特征进行分析, 有助于了解湖南不同烟区、不同基因型烤烟中质体色素的含量变化及其影响因素, 将对采用科学有效的手段调控烟叶内在化学成分, 改善和提高烟叶香气品质和工业可用性有重要意义。

参考文献

(上接第4136页)

为: 绿茶> 乌龙茶> 红茶。而茶多酚中儿茶素单体和低聚合体的含量与茶提取物的还原力和·OH清除能力可能存在一定的相关性; 卵磷脂抗脂质体氧化试验中红茶提取物的抑制率明显高于绿茶和乌龙茶的提取物。这说明在卵磷脂抗脂质体氧化方面, 红茶发酵产物茶色素远优于茶多酚。浓度50%乙醇提取液无论在茶多酚含量上, 还是在提取物的还原力和·OH清除力方面都明显优于水提取液。这可以说明茶叶茶多酚中的儿茶素单体和低聚合体在浓度50%乙醇中的溶解性要高于在水中的溶解性; 而茶色素在水中的溶解性高于在浓度50%乙醇中的溶解性, 可能是水提取液抗脂质体氧化能力优于浓度50%乙醇提取液的原因。同类型不同品种的茶叶所表现出来的抗氧化活性不存在明显的差异。

参考文献

[1] 毕彩虹. 茶多酚保健作用研究进展[J]. 食品科技, 2006, (2): 37-39.

- [1] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学[M]. 上海: 上海远东出版社, 1993: 385-396.
- [2] 黄永成, 官长荣, 郭瑞, 等. 烤烟中色素与香味物质的关系研究进展[J]. 河南农业科学, 2008(2): 6-8.
- [3] 杨虹琦, 周冀衡, 罗泽民, 等. 烟叶质体色素与香味物质形成关系的研究[J]. 陈江华. 中国烟叶学术论文集. 北京: 科学技术文献出版社, 2004: 471-474.
- [4] 王树生. 烟叶色素与化学成分及评吸结果的相关性[J]. 中国烟草科学, 1990(4): 21-24.
- [5] 官长荣. 烟草调制学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 91-119.
- [6] 王苏斌, 郑海淘, 邵谦谦, 等. SPSS 统计分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [2] 陈亚非. 茶多酚的保健功能[J]. 广州食品工业科技, 2005, 11(4): 73.
- [3] 潘喜华, 杨隽. 茶多酚调节免疫, 抑制肿瘤及抗衰老作用的研究[J]. 上海预防医学, 2000, 12(3): 58-60.
- [4] 徐聃, 迟玉杰. 蛋黄卵磷脂的冲剂的研制[J]. 食品科技, 2005(5): 23.
- [5] 中华人民共和国农业部. GB8313-87 茶——茶多酚测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.
- [6] 张云峰, 信学雷, 刘兆, 等. 比色法测定发酵前、后胡萝卜汁对自由基的清除作用[J]. 食品科技, 2000(6): 42-43.
- [7] 刘洁超, 王思新, 焦中高, 等. 苹果多酚提取物抗氧化活性的体外试验[J]. 果树学报, 2005, 22(2): 107.
- [8] 詹沛鑫. 辣椒的抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 1999(3): 16-17.
- [9] 朱启忠. 邻菲罗啉比色法测定羟自由基的研究[J]. 新疆农业大学学报, 1998, 21(3): 207-210.
- [10] 何艳香, 敖长金, 刘利林. 几种天然植物提取物对猪油的抗氧化性研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2008(4): 53-55.
- [11] YAO Q, SUN T, ZHOU DX, et al. Antioxidant activity of carboxymethyl chitosan with different substituted degrees[J]. Agricultural Science & Technology, 2008, 9(1): 5-7, 59.