

## 高油酸菜籽煎炸油的研究

刘家伟<sup>1</sup>, 杨威<sup>1</sup>, 涂梦婕<sup>1</sup>, 雷芬芬<sup>1,2,3</sup>, 胡传荣<sup>1,2,3</sup>, 何东平<sup>1,2,3</sup>, 罗质<sup>1,2,3</sup>

(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 武汉 430023; 2. 湖北省油脂加工及副产物综合利用工程技术研究中心, 武汉 430023; 3. 国家粮食局粮油资源综合开发工程技术研究中心, 武汉 430023)

**摘要:** 研究开发以精炼高油酸菜籽油为基油的煎炸专用油, 设计合理的煎炸油配方。根据棕榈油、棉籽油、高油酸菜籽油等常用煎炸油的煎炸特性、脂肪酸组成及最终产品的质量要求, 得到了油酸含量高于45%、亚麻酸含量低于4%、多不饱和脂肪酸含量低于30%的配方油, 并通过方程运算和预实验, 得到最佳配方为高油酸菜籽油、24度棕榈油、棉籽油质量比范围50%~64%:0%~36%:0%~24%。通过计算机筛选出5种配方油, 其中配方油5(高油酸菜籽油与24度棕榈油质量比为64:36)煎炸稳定性好, 煎炸寿命长, 油炸食品感官效果好, 因而是煎炸配方油的最佳选择。

**关键词:** 高油酸菜籽油; 煎炸油; 煎炸稳定性; 煎炸油配方

中图分类号: TS225.6; TS221 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2018)12-0045-05

### Frying oil based on high oleic acid rapeseed oil

LIU Jiawei<sup>1</sup>, YANG Wei<sup>1</sup>, TU Mengjie<sup>1</sup>, LEI Fenfen<sup>1,2,3</sup>, HU Chuanrong<sup>1,2,3</sup>, HE Dongping<sup>1,2,3</sup>, LUO Zhi<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China; 2. Hubei Province Oil Processing and By-product Comprehensive Utilization Engineering Technology Research Center, Wuhan 430023, China; 3. Grain and Oil Resources Comprehensive Exploitation and Engineering Technology Research Center of State Administration of Grain, Wuhan 430023, China)

**Abstract:** With refined high oleic acid rapeseed oil as the base oil, the special oil for frying was developed and a reasonable frying oil formula was designed. According to the frying characteristics, fatty acid composition and quality requirements of the common frying oils such as palm oil, cottonseed oil and high oleic acid rapeseed oil, formula oil with oleic acid content higher than 45%, linolenic acid content less than 4% and polyunsaturated fatty acid content less than 30% was obtained. Through the equation calculation and preliminary experiment, the optimal formula was obtained as follows: mass ratio range of high oleic acid rapeseed oil to 24 °C palm oil to cottonseed oil 50% - 64%:0% - 36%:0% - 24%. Five kinds of formula oils were screened by computer, among which formula oil 5 (mass ratio of high oleic acid rapeseed oil to 24 °C palm oil 64:36) had good frying stability, long frying life and good sensory effect on fried foods, so it was a good choice for frying formula oil.

**Key words:** high oleic acid rapeseed oil; frying oil; frying stability; frying oil formula

菜籽油是我国主要食用油之一, 气味香醇, 营养

丰富, 和大豆油、棕榈油并称为“世界三大植物油”。人体对菜籽油的吸收率很高, 可达99%。菜籽油味甘、辛, 性温, 具有补虚、润肠、清肝利胆、促进大脑发育等功效<sup>[1-2]</sup>。一般菜籽油中油酸含量8%~60%, 低芥酸菜籽油中油酸含量51%~70%。高油酸菜籽油中油酸的烯丙基双键具有相对低的反应活性, 再加上含有含量较高的生育酚、甾醇等抗氧化成分,

收稿日期: 2018-03-22; 修回日期: 2018-09-12

基金项目: “十三五”国家重点研发项目(2016YFD0401405)

作者简介: 刘家伟(1992), 女, 硕士研究生, 研究方向为粮食、油脂及植物蛋白(E-mail) 710522445@qq.com。

通信作者: 罗质, 副教授, 硕士生导师(E-mail) luozhi0633@163.com。

使得高油酸菜籽油具有良好的氧化稳定性<sup>[3-4]</sup>。

近年来,我国食用油年消费量已超过 3 450 万 t,人均年消费量超过 24.5 kg。随着油脂工业和食品工业的发展,食用油脂种类向多样化、专一性和功能性发展,由于食品煎炸过程持久高温条件,煎炸油应不同于其他油脂品种而成为一种专用的商品油种。在 2016 年我国专用油脂产量 275 万 t 中,煎炸油约为 135 万 t,煎炸油作为用量最大的专用油脂品种占专用油脂产量的近一半。预计我国专用煎炸油将以每年 7%~8% 的速度增长,到 2020 年我国煎炸油的产量将达到 170 万~180 万 t<sup>[5-6]</sup>。

菜籽油、棕榈油都是日常生活中常用的几种煎炸油,菜籽油作煎炸油有其特有的风味和金黄色色泽,广受大众喜爱。本文以精炼高油酸菜籽油为基油,研制添加精炼棉籽油和 24 度棕榈油的煎炸专用油的最优配方。

## 1 材料与方

### 1.1 实验材料

精炼棉籽油、24 度棕榈油、大豆油,益海嘉里集团武汉工厂提供;精炼高油酸菜籽油、高芥酸菜籽油,成都新兴粮油有限公司提供;鸡柳,超市购买。

正己烷、95% 乙醇、氢氧化钠、氢氧化钾、酚酞、硫代硫酸钠、碘化钾、冰乙酸、三氯甲烷、乙醚、甲醇、无水硫酸钠、可溶性淀粉、二甲基亚砜、乙腈等,分析纯。

艾拓煎炸锅;RE-52AA 型旋转蒸发仪;安捷伦 GC7890 气相色谱仪;FA2104N 电子天平;HH-S 型可控恒温水浴锅;CQ250 型超声波清洗器;涡旋振荡器;TDSZ 台式离心机;TSQ Quantum XLS 三重四级杆气质联用仪,美国赛默飞世尔科技有限公司;Testo 270 油脂极性物质快速检测仪,德国 Testo 有限公司;Rancimat 油脂氧化稳定性测定仪,瑞士 Metrohm 公司;BCD-539WT 电冰箱。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 以精炼高油酸菜籽油为基油的配方油的制备

目前,已有的调和油配方设计依据主要是《中国居民膳食营养素参考摄入量》中提出的饱和脂肪酸与单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸比例为 1:1:1,多不饱和脂肪酸中, $n-6$  系列与  $n-3$  系列的 4:1~6:1。以脂肪酸比例为首要目标,3 类脂肪酸比例符合营养学会推荐标准;满足消费者每天的必需脂肪酸需要,预防必需脂肪酸缺乏;兼顾风味,产品能大规模生产,销售价位适合普通消费

者<sup>[4,7-10]</sup>。配方油设计要求见表 1。

表 1 配方油设计要求

项目	指标	项目	指标
气味、滋味	正常	过氧化值/(mmol/kg)	≤5.0
透明度	透明	油酸含量/%	≥45
水分/%	≤0.10	亚麻酸含量/%	≤4
酸值(KOH)/(mg/g)	≤0.50	多不饱和脂肪酸含量/%	≤30

以高油酸菜籽油为主,添加常用煎炸油精炼棉籽油、24 度棕榈油等,获得油酸含量高于 45%、多不饱和脂肪酸含量低于 30% (其中亚麻酸含量低于 4%) 的油品。根据原料油脂的脂肪酸组成及最终产品的质量要求,通过方程运算和预实验,获得最佳调配比例。

#### 1.2.2 鸡柳煎炸实验

将 1 kg 煎炸油样放入锅中恒温加热至 180 ℃,每次称取 50 g 处理好的鸡柳进行煎炸,煎炸 30 s 结束。重复上述操作,隔 15 min 炸 1 次,煎炸过程中每隔 3 h 取 1 次油样 100 g 检测酸值、过氧化值,每隔 1 h 取油样测 1 次极性组分,当极性组分含量超过 27% 即可结束煎炸。

#### 1.2.3 配方油的理化指标测定

脂肪酸组成的测定参照 GB/T 17376—2008、GB/T 17377—2008;酸值的测定参照 GB 5009.229—2016;过氧化值的测定参照 GB 5009.227—2016;极性组分含量的测定参照 GB 7102.1—2003。

## 2 结果与分析

### 2.1 以精炼高油酸菜籽油为基油的配方油的制备

配方油由高油酸菜籽油( $x_1$ )、24 度棕榈油( $x_2$ )和棉籽油( $x_3$ )3 种油组成,要求  $x_1$  含量不得低于 50%,通过配方实验设计确定使实验指标  $y_1$  (配方油的亚麻酸含量)和  $y_2$  (配方油的油酸含量)最大的最优化,依配方比例的基本要求,得到规范变量  $z$  与自然变量  $x$  的关系为: $x_1 = 0.5z_1 + 0.5$ ,  $x_2 = 0.5z_2$ ,  $x_3 = 0.5z_3$ 。采用 {3,2} 单纯型格子点设计实验进行复配,实验设计方案及实验结果见表 2~表 3。

表 2 配方实验的实验结果

实验号	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y_1/\%$
1	1	0	0	1	0	0	6.13
2	0	1	0	0.5	0.5	0	0.14
3	0	0	1	0.5	0	0.5	0.75
4	0.5	0.5	0	0.75	0.25	0	2.97
5	0.5	0	0.5	0.75	0	0.25	3.36
6	0	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	0.41

表3 配方实验的实验结果

实验号	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y_2/\%$
1	1	0	0	1	0	0	60.58
2	0	1	0	0.5	0.5	0	42.25
3	0	0	1	0.5	0	0.5	16.23
4	0.5	0.5	0	0.75	0.25	0	50.80
5	0.5	0	0.5	0.75	0	0.25	40.38
6	0	0.5	0.5	0.5	0.25	0.25	30.34

经过计算机计算,实验指标  $y$  与规范变量  $z$  之间构成的回归方程为:

$$y_1 = 6.13z_1 + 0.14z_2 + 0.75z_3 - 0.66z_1z_2 - 0.32z_1z_3 - 0.14z_2z_3$$

$$y_2 = 60.58z_1 + 42.25z_2 + 16.23z_3 - 2.45z_1z_2 + 7.90z_1z_3 + 4.41z_2z_3$$

利用 Excel 分析工具库中的“规划求解”,得到回归方程的结果如表4~表5所示。

表4 回归方程规划求解结果

$z$	结果	$y_1/\%$
$z_1$	0.288 815	
$z_2$	0.711 186	3.973 982
$z_3$	0	

表5 回归方程规划求解结果

$z$	结果	$y_2/\%$
$z_1$	0	
$z_2$	0.506 918	45.168 61
$z_3$	0.493 082	

将表4中  $z_1$ 、 $z_2$ 、 $z_3$  保留两位有效数字得  $z_1 = 0.29$ 、 $z_2 = 0.71$ 、 $z_3 = 0$ ,这时得到指标值  $y_1$  取最大值为3.97%。将结果带入到公式  $x_1 = 0.5z_1 + 0.5$ 、 $x_2 = 0.5z_2$ 、 $x_3 = 0.5z_3$ 中计算可以得到  $x_1 = 0.64$ 、 $x_2 = 0.36$ 、 $x_3 = 0$ 。将表5中  $z_1$ 、 $z_2$ 、 $z_3$  保留两位有效数字得  $z_1 = 0$ 、 $z_2 = 0.51$ 、 $z_3 = 0.49$ ,这时得到指标值  $y_2$  取最小值为45.17。将结果带入到公式  $x_1 = 0.5z_1 + 0.5$ 、 $x_2 = 0.5z_2$ 、 $x_3 = 0.5z_3$ 中计算可以得到  $x_1 = 0.5$ 、 $x_2 = 0.26$ 、 $x_3 = 0.24$ 。通过配方实验设计,得到  $0.5 \leq x_1 \leq 0.64$ 、 $0 \leq x_2 \leq 0.36$ 、 $0 \leq x_3 \leq 0.24$ ,即以精炼高油酸菜籽油为基油的煎炸专用油最佳配方为高油酸菜籽油、24度棕榈油、棉籽油的质量比范围50%~64%:0%~36%:0%~24%。

利用计算机软件筛选满足表1设计要求的调和油配方,分别标记为配方油1、配方油2、配方油3、配方油4和配方油5。

5种配方油中3种常用煎炸油的质量比见表6。

表6 配方油的配方质量比 %

植物油	配方油1	配方油2	配方油3	配方油4	配方油5
高油酸菜籽油	0.5	0.50	0.55	0.62	0.64
24度棕榈油	0.3	0.26	0.28	0.16	0.36
棉籽油	0.2	0.24	0.17	0.22	0

## 2.2 配方油的理化指标

5种配方油的理化指标和脂肪酸组成见表7~表8。

表7 配方油的理化指标

配方油	酸值(KOH)/(mg/g)	过氧化值/(mmol/kg)	极性组分含量/%
配方油1	0.06 ± 0.20	1.33 ± 0.01	5.0 ± 0.50
配方油2	0.04 ± 0.20	1.28 ± 0.01	6.0 ± 0.50
配方油3	0.06 ± 0.20	1.52 ± 0.01	5.5 ± 0.50
配方油4	0.05 ± 0.20	1.43 ± 0.01	6.0 ± 0.50
配方油5	0.07 ± 0.20	1.48 ± 0.01	6.5 ± 0.50

表8 配方油的主要脂肪酸组成 %

脂肪酸	配方油1	配方油2	配方油3	配方油4	配方油5
棕榈酸	18.26	17.54	17.02	13.63	16.89
棕榈油酸	0.24	0.25	0.23	0.25	0.18
硬脂酸	2.57	2.49	2.51	2.23	2.62
油酸	46.21	45.17	47.91	47.89	53.98
亚油酸	24.04	25.87	23.05	25.87	15.97
亚麻酸	3.26	3.28	3.54	3.99	3.97
花生酸	0.43	0.42	0.45	0.46	0.50
花生一烯酸	0.88	0.88	0.96	1.07	1.12
芥酸	1.14	1.14	1.25	1.41	1.47

从表8可以看出,5种配方油的油酸含量均高于45%,多不饱和脂肪酸含量低于30%(其中亚麻酸含量低于4%),不含反式脂肪酸。

## 2.3 配方油的煎炸性能

### 2.3.1 配方油的酸值变化

5种原料油和5种配方油在鸡柳煎炸过程中,每隔3h所取油样酸值的变化情况分别如图1、图2所示。

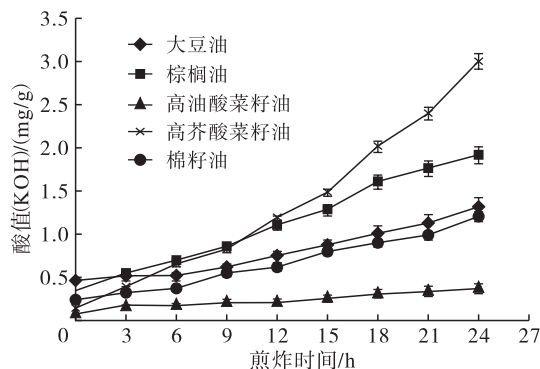


图1 5种植物油在煎炸过程中酸值的变化

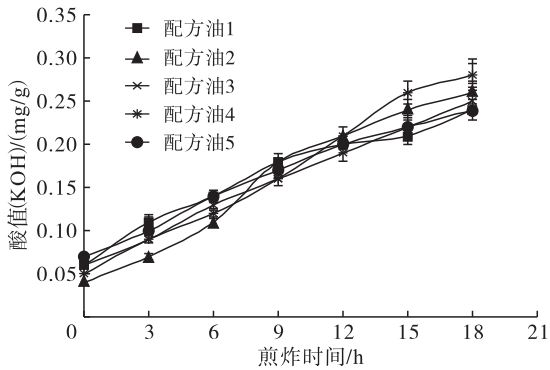


图2 配方油在煎炸过程中酸值的变化

从图1可以看出,5种原料油的酸值均随煎炸时间的延长而逐渐升高,但煎炸24 h均低于GB 5009.229—2016中规定的酸值(KOH)小于等于5 mg/g的限量。高油酸菜籽油的酸值(KOH)增长趋势最缓慢,且增幅最小(增幅为0.37 mg/g);高芥酸菜籽油酸值(KOH)的增长趋势最显著(增幅为2.85 mg/g)。按酸值增幅大小排序为:高油酸菜籽油<棉籽油<大豆油<棕榈油<高芥酸菜籽油。

从图2可以看出,配方油的酸值随煎炸时间的延长逐渐升高,煎炸18 h,配方油1、2、3、4、5的酸值(KOH)由煎炸前的0.06、0.04、0.06、0.05、0.07 mg/g分别上升到0.24、0.26、0.25、0.28、0.24 mg/g,均低于GB 5009.229—2016中规定的小于等于5 mg/g的限量。

### 2.3.2 配方油的过氧化值变化

5种原料油和5种配方油在鸡柳煎炸过程中,每隔3 h所取油样过氧化值的变化情况分别如图3、图4所示。

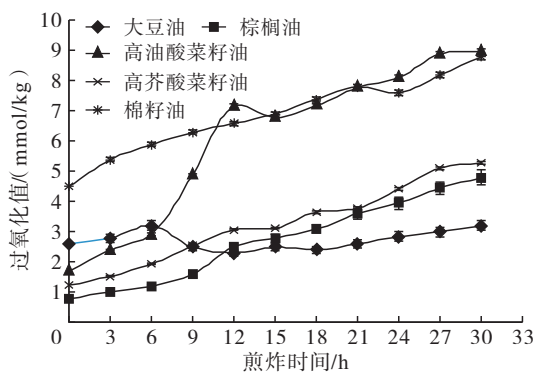


图3 5种植物油在煎炸过程中过氧化值的变化

从图3可以看出,5种原料油的过氧化值均随煎炸时间的延长逐渐升高,大豆油的过氧化值增长趋势最缓慢,且增幅最小(增幅为0.60 mmol/kg);高油酸菜籽油的过氧化值增长趋势最显著(增幅为7.30 mmol/kg),按过氧化值增幅大小排序为:大豆油<棕榈油<高芥酸菜籽油<棉籽油<高油酸菜籽油。

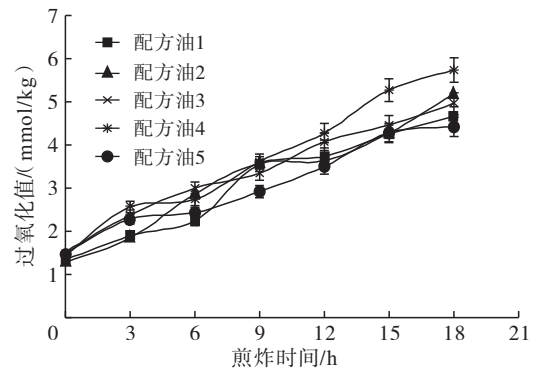


图4 配方油在煎炸过程中过氧化值的变化

从图4可以看出,随着煎炸时间的延长,5种配方油的过氧化值均逐渐升高,在煎炸18 h,配方油1~5的过氧化值由煎炸前的1.33、1.28、1.52、1.43、1.48 mmol/kg上升到4.65、5.17、4.95、5.73、4.42 mmol/kg,增幅分别为3.32、3.89、3.43、4.30、2.94 mmol/kg。

### 2.3.3 配方油的极性组分含量变化

4种原料油和5种配方油在鸡柳煎炸过程中每隔1 h极性组分含量的变化情况分别如图5、图6所示。

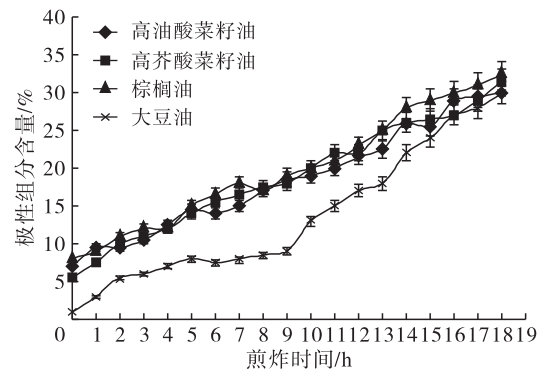


图5 4种植物油在煎炸过程中极性组分含量的变化

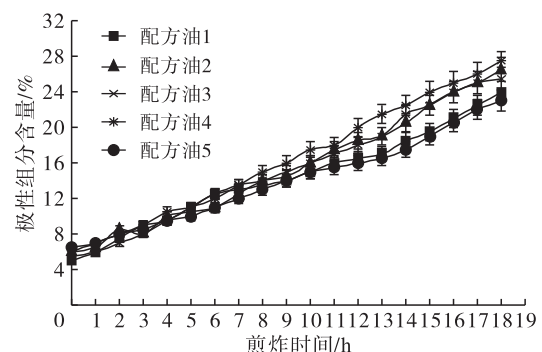


图6 配方油在煎炸过程中极性组分含量的变化

从图5可以看出,煎炸18 h,4种原料油的极性组分含量变化程度分别为大豆油(增幅为29个百分点)、高芥酸菜籽油(增幅为26个百分点)、棕榈油(增幅为24.5个百分点)、高油酸菜籽油(增幅为23个百分点),按增幅大小排序为:高油酸菜籽油<

棕榈油 < 高芥酸菜籽油 < 大豆油。结果表明:煎炸稳定性大小依次为高油酸菜籽油 > 棕榈油 > 高芥酸菜籽油 > 大豆油。

从图6可以看出,随着煎炸时间的延长,5种配方油的极性组分含量呈上升趋势,煎炸18 h均低于煎炸油废弃点极性组分含量小于等于27%的限定。

与高油酸菜籽油对鸡柳的煎炸结果相比,配方油的酸值、过氧化值、极性组分含量均好于高油酸菜籽油。5种配方油煎炸稳定性顺序为:配方油5 > 配方油1 > 配方油3 > 配方油2 > 配方油4。

### 3 结论

以高油酸菜籽油为基油,添加棉籽油、24度棕榈油研制适合于煎炸加工的煎炸油。获得符合油酸含量高于45%、亚麻酸含量低于4%、多不饱和脂肪酸含量低于30%的油品,通过计算机和预实验得到最佳配方为高油酸菜籽油、24度棕榈油、棉籽油质量比范围50%~64%:0%~36%:0%~24%。通过计算机筛选出5种配方油,其中高油酸菜籽油、棉籽油和24度棕榈油通过不同复配比例配得的配方油5(高油酸菜籽油与24度棕榈油质量比为64:36)较高油酸菜籽油和其他4种配方油劣变程度最小,色泽浅,脂肪酸组成合理,煎炸稳定性强,煎炸寿命长,油炸食品感官效果好,因而是煎炸配方油的最佳选择。

### 参考文献:

- [1] 黄凤洪. 双低油菜国外发展动向及国家“十五”产业化发展战略[J]. 西部粮油科技, 2002(5): 8-11.
  - [2] WU M C, YUAN J H, SHAO J H, et al. Studies of comprehensive processing and utilization of rapeseed [J]. J Huazhong Agric Univ, 1999, 18(6): 589-591.
  - [3] 冯国霞. 西式快餐用高油酸型煎炸油的研究与应用[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2015.
  - [4] MATTHÄUS B. Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2006, 108(3): 200-211.
  - [5] 王瑞元. 中国煎炸油发展现状与趋势[C]//第九届煎炸油与煎炸食品国际研讨会. 上海: 中国粮油学会油脂分会, 2017.
  - [6] 秦天苍, 于新华. 加快国内食品专用煎炸油开发应用[J]. 粮油加工, 2009(4): 55-58.
  - [7] 金青哲, 姜秋水, 沈华, 等. 双低菜籽营养调和油的研制[J]. 中国油脂, 2005, 30(12): 7-9.
  - [8] 陈宁, 陈文娜, 崔言峰, 等. 煎炸调和油的研究与开发[J]. 食品工业, 2017(5): 65-68.
  - [9] 程业笛, 刘配莲. 以双低菜籽油为基质研制的一种新型营养平衡调和油[J]. 中国油脂, 2005, 30(9): 17-18.
  - [10] 李云燕, 胡传荣. 试验设计与数据处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- 
- (上接第44页)
- [5] 李淑红, 李堃, 王美. 茶多酚对 Lewis 肺癌的生长抑制、抗氧化及免疫调节作用的研究[J]. 中国肿瘤生物治疗杂志, 2003, 10(3): 206-209.
  - [6] PENG Z, XU Z W, WEN W S, et al. Tea polyphenols protect against irradiation-induced injury in submandibular glands' cells: a preliminary study [J]. Arch Oral Biol, 2011, 56: 738-743.
  - [7] 黄华艺, 查锡良. 黄酮类化合物抗肿瘤研究进展[J]. 中国新药与临床杂志, 2002, 21(7): 428-433.
  - [8] BROWNSON D M, AZIOS N G, FUQUA B K, et al. Flavonoid effects relevant to cancer [J]. J Nutr, 2002, 132(11 Suppl): 3482-3489.
  - [9] GASTRILLO J L, CARRASCO L. Action of 3-methylquercetin on poliovirus RNA replication [J]. J Virol, 1987, 61(1): 3319-3321.
  - [10] 王威. 原花青素抑制人结肠癌细胞增殖及分子机制研究[D]. 广州: 暨南大学, 2011.
  - [11] MUTHENNA P, RAGHU G, AKILESHWARI C, et al. Inhibition of protein glycation by procyanidin-B2 enriched fraction of cinnamon; delay of diabetic cataract in rats [J]. Iubmb Life, 2013, 65(11): 941-950.
  - [12] SONG C G, YANG X, MIN L Q, et al. The effect of procyanidin on expression of STAT1 in type 2 diabetes mellitus SD rats with focal cerebral ischemia [J]. Neuro Endocrinol Lett, 2014, 35(1): 68-72.
  - [13] 罗俊, 林志彬. 灵芝三萜类化合物药理作用研究进展 [J]. 药学学报, 2002, 37(7): 574-578.
  - [14] EL-MEKKAWY S, MESELHY M R, NAKAMURA N, et al. Anti-HIV-1 and anti-HIV-1-protease substances from *Ganoder malucidum* [J]. Phytochemistry, 1998, 49(6): 1651-1657.
  - [15] SERRAINO M, THOMPSON L U. The effect of flaxseed supplementation on early risk markers for mammary carcinogenesis [J]. Cancer Lett, 1991, 60(2): 135-142.
  - [16] MEAGHER L P, BEECHER G R. Assessment of data on the lignan content of foods [J]. J Food Com Anal, 2000, 13(6): 935-947.