

# 老蒜提取物制作工艺及其功能成分变化研究

王小敏, 杨钰昆, 张 民\*

(天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

**摘 要:** **目的** 建立具有高抗氧化活性的老蒜提取物的制作方法, 并研究其主要功能成分的含量变化。**方法** 将新鲜大蒜切片后浸泡于一定浓度乙醇水溶液中, 考虑温度、时间、料/液比和乙醇浓度四个因素, 以浸提液的DPPH·、OH·的清除率以及FRAP法总抗氧化能力为指标确定老蒜提取物的制作工艺。分析了老蒜样品中糖类物质的分子量分布, 并检测老蒜制作过程中总糖、蒜氨酸和脱氧蒜氨酸的含量。**结果** 得到两种老蒜提取物的制作方法: 1. 以1:6的料/液比浸泡于10%乙醇水溶液中, 室温下避光保存90 d; 2. 以1:6的料/液比浸泡于蒸馏水中, 室温下避光保存20 d。另外, 老蒜提取物在老化过程中, 多糖、低聚糖逐渐分解消耗, 单糖含量增加, 且老蒜提取物一中多糖低聚糖的分解消耗比老蒜提取物二明显。研究发现在本实验所确定的两种制作工艺下, 其总糖含量和脱氧蒜氨酸的含量都达到了较大值, 而这两种条件都不利于蒜氨酸的积累。**结论** 两种方法制作的老蒜提取物都具有高抗氧化活性, 其总糖含量都达到较高水平, 且在这两种条件下有利于脱氧蒜氨酸的积累而不利于蒜氨酸的积累。

**关键词:** 老蒜提取物; 制作工艺; 功能成分

## Production process and functional component change of aged garlic extract

WANG Xiao-Min, YANG Yu-Kun, ZHANG Min\*

(College of Food Science and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

**ABSTRACT: Objective** The experiment is to optimize the production process of aged garlic extract (AGE). **Methods** Temperature, soaking time, soaking solution and the ratio of solid to liquid were considered as main factors to investigate in the experimental. Sliced garlic were soaked in different concentrations of ethanol solution and stored in the dark, the antioxidant activity of the extract were detected every 10 d. **Results** As a result, two optimum production processes of AGE were obtained: 1. Soaking time of 90 d, soaking solvent of 10% ethanol solution, soaking temperature of 25 °C, solid to liquid ratio of 1:6. 2. Soaking time of 20 d, soaking solvent of distilled water, soaking temperature of 25 °C, solid to liquid ratio of 1:6. Two kinds of AGE, produced by these two optimum production processes, were found to contain larger amount of fructose and S-allyl cysteine, and less amount of alliin. **Conclusion** Two kinds of AGE, produced by these two optimum production processes, were found to contain larger amount of fructose and S-allyl cysteine, and less amount of alliin.

**KEY WORDS:** aged garlic extract; production process; component change

基金项目: 天津科学技术委员会项目(14JCZDJC34800)

**Fund:** Supported by Project of Tianjin Science and Technology Commission (14JCZDJC34800)

\*通讯作者: 张民, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为食品化学与食品营养。E-mail: zm0102@sina.com

\*Corresponding author: ZHANG Min, Professor, College of Food Science and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China. E-mail: zm0102@sina.com

## 1 引言

大蒜营养丰富,而且具有抗肿瘤、预防心脑血管疾病、抗衰老、抗突变和抗癌等活性<sup>[1]</sup>,然而大蒜的刺激性 and 难闻的气味限制了其消费和利用。我国是主要的大蒜的生产国和出口国,出口产品多为原料性和大宗散装大蒜,技术含量低、附加值不高,故研究大蒜深加工方法显得尤为重要。

老蒜提取物(aged garlic extract, AGE)是一种特殊的大蒜产品,与生蒜相比更加安全,且大蒜原有的令人不愉快的气味也减少了。老蒜提取物具有很强的抗氧化性和自由基清除特性,经过老化和提取过程提高了老蒜提取物中水溶性硫化物的含量<sup>[2,3]</sup>。AGE中主要水溶性含硫化合物包括:S-烯丙基半胱氨酸(脱氧蒜氨酸)、蒜氨酸、S-烯丙基巯基半胱氨酸,其中S-烯丙基半胱氨酸是老蒜提取物中的主要抗氧化活性物质<sup>[4-7]</sup>。老蒜提取物对糖尿病、动脉粥样硬化、老年痴呆症、肿瘤等疾病的治疗或预防有积极的作用<sup>[8,9]</sup>。目前,市场上的老蒜提取物的制作方法如下:将新鲜大蒜切片,室温下用15%~20%的乙醇水溶液浸泡10个月或者20个月以上,过滤后的浸提液经减压低温浓缩即得到老蒜提取物<sup>[10]</sup>。在国内人们已经开始注重大蒜的保健功效,也有关于大蒜酒的研究报告,但还没有关于对老蒜提取物的制作方法进行系统研究的报道。

现有的老蒜提取物的制作时间较长,本实验以多种体外抗氧化实验为指标检测老蒜提取物制作过程中的抗氧化能力变化,建立了两种具有高抗氧化能力且加工时间较短的老蒜提取物制作工艺,并分析了其糖类分子量分布情况。本实验在老蒜提取物制作过程中对其主要功能成分包括总糖、蒜氨酸和脱氧蒜氨酸含量进行检测,研究了这些功能成分的变化趋势,并讨论了各功能成分与两种制作工艺之间的关系。

## 2 材料与方法

### 2.1 实验材料与设备

普通白皮大蒜,购于当地市场。

95%乙醇,分析纯,天津市江天化工技术有限公司;甲醇,色谱纯,天津市康科德科技有限公司;DPPH、TPTZ,分析纯,美国Sigma;蒜氨酸标准品、

脱氧蒜氨酸标准品,美国Fluka。

725型紫外可见分光光度计,上海菁华科技仪器有限公司;高效液相色谱仪,LC-20AT,紫外检测器RF-20A,柱温箱CTO-20A,日本岛津;YMC-Pack ODS-A色谱柱,250 mm×4.6 mm×5 μm,兰博谱仪器有限公司。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 单因素实验设计

将大蒜去皮切片后按表1中条件立即浸泡于一定浓度乙醇溶液中。所有样品于第0 d开始每10 d取一次样,分别测定浸提液的抗氧化活性(DPPH·清除能力、羟自由基清除能力、总抗氧化能力)、总糖含量(苯酚-硫酸法)以及蒜氨酸、脱氧蒜氨酸含量(HPLC法)。

表1 单因素实验设计  
Table 1 Single factor experimental design

实验号	温度	乙醇浓度	料/液比
1	4℃	20%	1:6
2	室温	20%	1:6
3	40℃	20%	1:6
4	室温	0	1:6
5	室温	10%	1:6
6	室温	20%	1:6
7	室温	30%	1:6
8	室温	20%	1:3
9	室温	20%	1:6
10	室温	20%	1:12

#### 2.2.2 清除DPPH·实验

配置2.5%的DPPH·乙醇溶液,按表2加样,待反应10 min后于517 nm下测定吸光值<sup>[11]</sup>。然后按下式计算DPPH·清除率:

$$\text{DPPH}\cdot\text{清除率}(\%) = 1 - \frac{(A_i - A_j)}{A_0}$$

表2 DPPH·实验加样表  
Table 2 DPPH· experimental sample table

吸光值	加样
A <sub>0</sub>	2.5 mL DPPH·溶液+0.5 mL 样品溶剂
A <sub>i</sub>	2.5 mL DPPH·溶液+0.5 mL 样品
A <sub>j</sub>	2.5 mL 无水乙醇+0.5 mL 样品

### 2.2.3 羟自由基的清除率实验

本实验采用 Fenton 反应体系<sup>[12]</sup>, 由于羟自由基可特异性地使番红花红 T 褪色, 根据褪色程度用比色法来衡量羟自由基的含量。将 4 mmol/L 硫酸亚铁溶液和 4 mmol/L EDTA-2Na 溶液等体积混合, 即可得到 2 mmol/L EDTA-Fe 贮备液。按表 3 加样, 混匀后 37 °C 水浴保温 30 min 于 520 nm 下测定吸光值。然后按下式计算:

$$\text{羟自由基的清除率} (\%) = \frac{A - A_0}{A_1 - A_0} \times 100\%$$

表 3 清除 OH· 实验加样表  
Table 3 OH· experimental sample table

吸光值	加样量
$A_0$	1 mL 磷酸盐缓冲液+1 mL 番红花红 T+1 mL 3% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 液+1 mL EDTA-Na <sub>2</sub> -Fe(II) 溶液+1 mL 溶剂
$A_1$	1 mL 磷酸盐缓冲液+1 mL 番红花红 T+1 mL 3% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 液+1 mL 蒸馏水+1 mL 溶剂
A	1 mL 磷酸盐缓冲液+1 mL 番红花红 T+1 mL 3% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 液+1 mL EDTA-Na <sub>2</sub> -Fe(II) 溶液+1 mL 样品

### 2.2.4 FRAP 法测定总抗氧化能力

Fe<sup>3+</sup>吡啶三吡嗪可被样品中还原物质还原为二价铁形式, 在 TPTZ 显色剂下呈现出明亮的蓝色, 并于 593 nm 处具有最大光吸收, 根据吸光度大小计算样品抗氧化活性的强弱<sup>[13]</sup>。10 mmol/L TPTZ 溶液, 20 mmol/L 三氯化铁, 0.3 mol/L 的醋酸钠缓冲溶液以 1:1:10 配制, 即为 FRAP 工作液。取 0.3 mL 的样品溶液, 加 2.7 mL 预热至 37 °C 的 FRAP 工作液, 摇匀后放置 10 min, 于 593 nm 测其吸光度值。另以 0.05 mmol/L~0.5 mmol/L FeSO<sub>4</sub> 标准溶液代替样品作标准曲线, 得到回归方程。根据样品反应后的吸光度值, 求得相应 FeSO<sub>4</sub> 的浓度 (mmol/L), 定义为 FRAP 值。FRAP 值越大, 抗氧化活性越强。

### 2.2.5 大蒜提取物中糖类分子量分布

采用高效液相凝胶排阻色谱法对大蒜提取物大分子的分子量分布情况进行测定, 色谱条件如下: 色谱柱为 OHPak SB-802.5 HQ; 流动相为超纯水; 流速为 0.8 mL/min, 等浓度洗脱; 样品浓度为 10 mg/mL; 进样量为 20 μL; 柱温为 30 °C; 操作柱压为 3.0 MPa; 采用示差折光检测器进行检测。

### 2.2.6 总糖含量检测

准确称取干燥至恒重的果糖 20 mg, 加水定容至

500 mL, 分别吸取 0.4 mL、0.6 mL、0.8 mL、1.0 mL、1.2 mL、1.4 mL、1.6 mL 及 1.8 mL, 各以水补至 2.0 mL, 然后加入 6% 苯酚 1.0 mL 及浓硫酸 5.0 mL, 摇匀, 室温放置 20 min 后于 490 nm 处测吸光度, 以横坐标为果糖浓度, 纵坐标为吸光度, 作标准曲线, 得到回归方程。精确吸取 1.0 mL 样液代替果糖, 其余步骤同前, 于 490 nm 下测定吸光度值, 计算得到总糖含量。

### 2.2.7 蒜氨酸含量测定

取一定量蒜氨酸标准品配制成浓度为 117、234、293、468、585、702 μg/mL 的溶液, 分别用高效液相色谱分析, 记录峰面积。以峰面积为横坐标, 蒜氨酸浓度为纵坐标, 作标准曲线, 得到回归方程。色谱条件: 流动相为 V(甲醇):V(水)=20:80; 流速 0.8 mL/min; 检测波长 214 nm; 进样量为 20 μL。

### 2.2.8 脱氧蒜氨酸含量测定

取一定量脱氧蒜氨酸标准品配制成浓度为 34.1、68.2、136.5、273、546 μg/mL 的溶液, 以下面色谱条件分析, 记录峰面积。以峰面积为横坐标, 脱氧蒜氨酸浓度为纵坐标, 作标准曲线, 得到回归方程。色谱条件: 流动相为 v(甲醇):v(水)=10:90; 流速 0.8 mL/min; 检测波长 220 nm; 进样量 20 μL。

## 3 结果与讨论

### 3.1 单因素实验结果

#### 3.1.1 温度对大蒜提取物抗氧化活性的影响

由图 1 可以看出室温和 40 °C 时大蒜提取物清除 DPPH 的能力分别在 40 d 和 50 d 达到最大值, 然后波动下降; 而 4 °C 时需要 120 d 才能达到最大然后波动下降。不同温度条件下样品的 HO·清除率变化趋势相同, 在第 90 d 样品的 HO·清除率已经达到较高水平, 在第 150 d 出现最大值。不同温度条件下样品总抗氧化能力变化趋势基本相同, 在第 90 d 达到最大, 90 d 之前的部分温度越高总抗氧化能力越强, 90 d 以后总抗氧化能力波动下降且温度的影响较弱。考虑到节约时间和成本的原则, 可以选择室温为大蒜提取物的制作温度。

#### 3.1.2 乙醇浓度对大蒜提取物抗氧化活性的影响

图 2 表明乙醇浓度对大蒜提取物抗氧化活性有较大的影响。乙醇浓度为 0 的样品抗氧化能力明显高于其他浓度的样品, 第 20 d 抗氧化活性达到较大值; 在第 90 d 左右, 乙醇浓度为 10% 的样品抗氧化能力高于 20%、30% 乙醇浓度的样品。考虑到节约成本的原则选取 0 和 10% 为大蒜提取物制作的乙醇浓度。

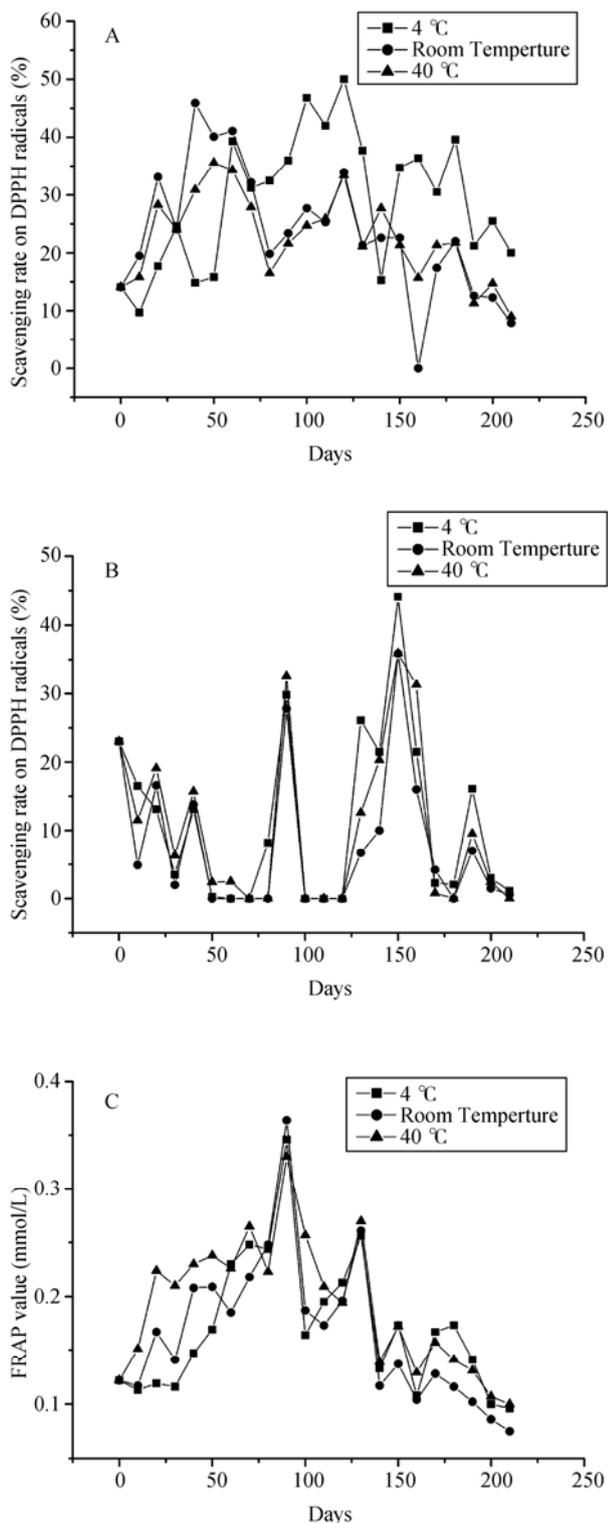


图 1 温度对老蒜提取物抗氧化活性的影响

Fig. 1 Influence of temperature on the antioxidant activity of AGE

注: A 为清除 DPPH·实验结果; B 为清除 HO·实验结果; C 为 FRAP 法测总抗氧化能力实验结果。

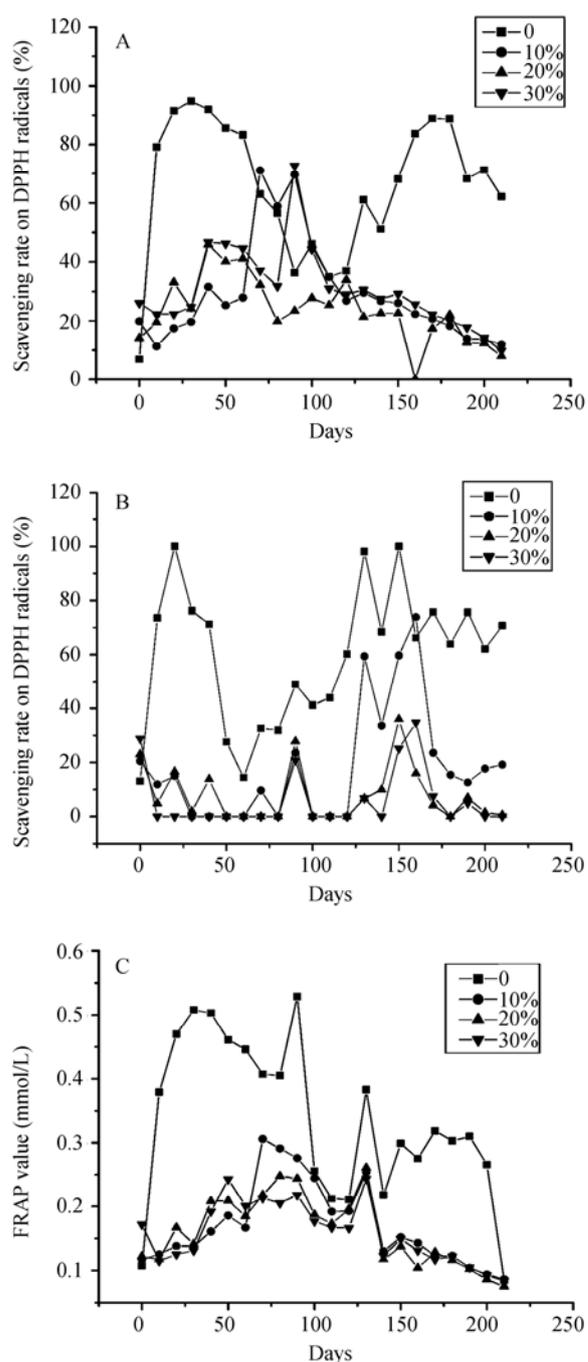


图 2 乙醇浓度对老蒜提取物抗氧化活性的影响

Fig. 2 Influence of concentration of ethanol solution on the antioxidant activity of AGE

注: A 为清除 DPPH·实验结果; B 为清除 HO·实验结果; C 为 FRAP 法测总抗氧化能力实验结果。

### 3.1.3 料/液比对老蒜提取物抗氧化活性的影响

由图 3 可以看出将料/液比为 1:6 和 1:12 时样品的各个抗氧化能力指标换算为料/液为 1:3 的浓度后, 料/液比为 1:6 和 1:12 时其 DPPH·清除率、总抗氧化能力高于料

/液为 1:3 的样品。另外, 料/液比为 1:12 时其 HO·清除率在很多时候都为零不利于老蒜提取物抗氧化活性的监测, 故选取 1:6 为老蒜提取物制作的料/液比。

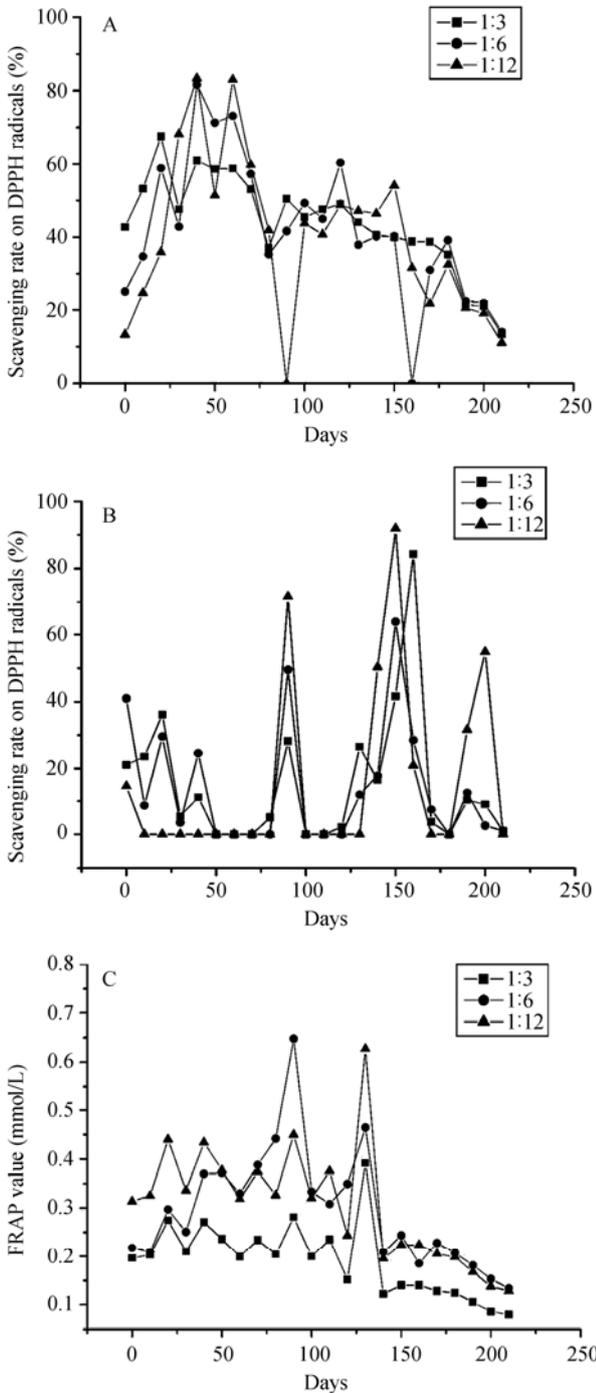


图 3 料/液比对老蒜提取物抗氧化活性的影响

Fig. 3 Influence of solid to liquid ratio on the antioxidant activity of AGE

注: 图中料/液比为 1:6 和 1:12 的数据分别为原实验结果的两倍和四倍; A 为清除 DPPH 实验结果; B 为清除 HO· 实验结果; C 为 FRAP 法测总抗氧化能力实验结果。

### 3.2 老蒜提取物制作工艺确定

根据单因素实验结果确定老蒜提取物的两种制作工艺如下:

表 4 老蒜提取物制作工艺  
Table 4 Production processes of AGE

	温度	料/液比	乙醇浓度	浸泡时间
工艺一	室温	1:6	10%	90 d
工艺二	室温	1:6	0	20 d

### 3.3 老蒜提取物中糖类分子量分布

采用高效液相凝胶排阻色谱法对老蒜提取物样品一和样品二糖类分子量分布进行了测定, 结果见图 4, 由图可以看出 AGE-1 和 AGE-2 中糖类物质的分子量主要集中在低聚糖的范围内(8.2 min)。AGE-1 中还原糖(11.6 min)的比例高于 AGE-2 和新鲜大蒜, 另外, AGE-1 中大分子量物质含量明显低于 AGE-2 和新鲜大蒜, 这可能是由于随着浸泡时间延长, 糖分会因生理活动而消耗, 多糖、低聚糖逐渐分解消耗而逐渐减少, 单糖含量增加, 且 AGE-1 中多糖、低聚糖的分解消耗更加明显。

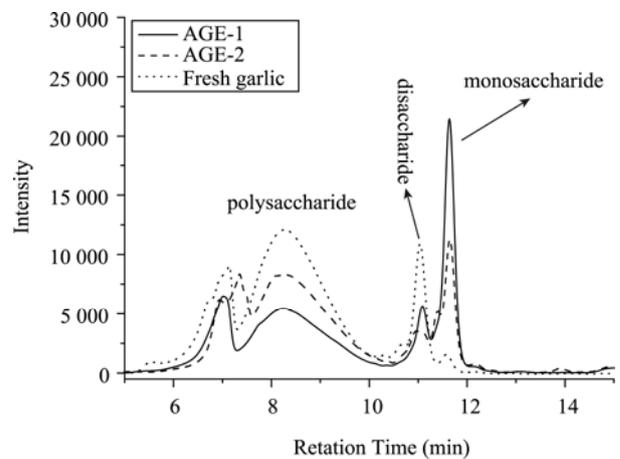


图 4 老蒜提取物样品一和样品二中糖类分子量分布

Fig. 4 Molecular weight of saccharides of AGE-1 and AGE-2  
注: 图中 AGE-1 为按照 3.2 中工艺一制作的老蒜提取物样品一; 图中 AGE-2 为按照 3.2 中工艺二制作的老蒜提取物样品二。

### 3.4 总糖含量测定结果

乙醇浓度为 0 的样品在第 20 d 总糖含量达到最大 80 d 以后逐渐降低, 这可能是由于老化时间超过 80 d 以后浸提液中的糖被微生物降解所导致的。其他条件下样品随着浸泡天数的增加总糖含量逐渐增加

到 90 d 以后趋于稳定。在老蒜提取物的两种制作工艺下其总糖含量都达到了相应条件的最大值, 反映出老蒜提取物两种制作工艺下水溶性成分的积累达到了一个较大的值。

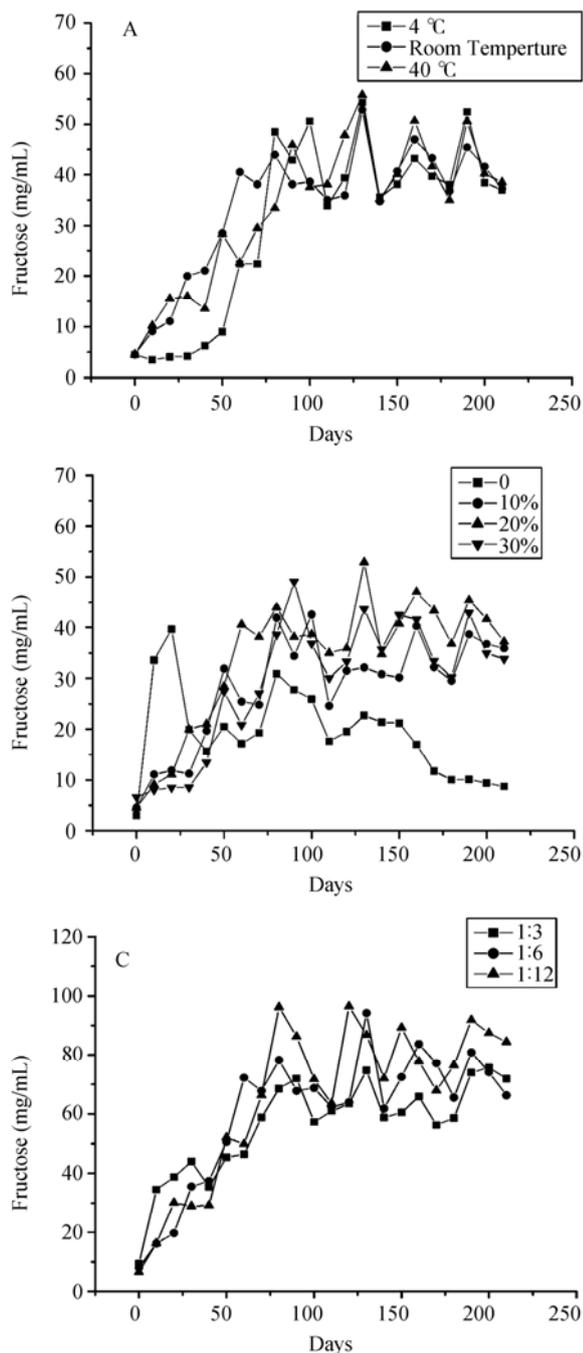


图5 老蒜提取物中总糖含量变化

Fig. 5 The change in fructose content of AGE

注: 图中料/液比为 1:6 和 1:12 的数据分别为原实验结果的两倍和四倍; A 为温度对老蒜提取物中总糖含量的影响; B 为乙醇浓度对老蒜提取物中总糖含量的影响; C 为料/液比对老蒜提取物中总糖含量的影响。

### 3.5 蒜氨酸含量测定

图 6 表明 4 °C 条件下样品中蒜氨酸含量明显高于室温和 40 °C 条件下的样品, 乙醇浓度越高样品中蒜氨酸含量越高, 可能的原因有两点: 第一, 低温有利于  $\gamma$ -谷氨酰半胱氨酸向蒜氨酸方向转化<sup>[14]</sup>; 第二, 低温和较高浓度的乙醇抑制了蒜氨酸酶的活性, 减少了与蒜氨酸的反应, 有利于蒜氨酸的积累。将料/液比为 1:6 和 1:12 时样品的蒜氨酸含量换算为料/液为 1:3 的浓度, 料/液比为 1:12 时有利于蒜氨酸的积累。

### 3.6 脱氧蒜氨酸含量测定

由图 7 可以看出样品中脱氧蒜氨酸含量较低。40 °C 条件下的样品中脱氧蒜氨酸的含量明显高于室温和 4 °C 条件下的样品, 乙醇浓度越低的样品中脱氧蒜氨酸含量越高。将料/液比为 1:6 和 1:12 时样品的脱氧蒜氨酸含量换算为料/液为 1:3 的浓度, 浸泡 90 d 以后料/液比为 1:12 时有利于脱氧蒜氨酸的积累。

以上实验表明, 老蒜提取物的两种制作工艺都有利于脱氧蒜氨酸的积累而不利于蒜氨酸的积累。根据文献报道  $\lambda$ -谷氨酰半胱氨酸是大蒜中蒜氨酸、脱氧蒜氨酸等含硫化合物的前体物质,  $\lambda$ -谷氨酰半胱氨酸经过水解氧化可以转化为蒜氨酸, 还可以通过  $\lambda$ -谷氨酰转氨酶转化为脱氧蒜氨酸<sup>[15]</sup>, 所以我们认为本实验所采用的老蒜提取物的两种制作工艺有利于  $\lambda$ -谷氨酰半胱氨酸向着脱氧蒜氨酸的方向转化。另外, 有文献<sup>[16]</sup>报道老蒜提取物的制作过程中蒜氨酸逐渐损失而形成硫代亚磺酸酯, 硫代亚磺酸酯进一步转化为挥发性的含硫化合物, 这可以较好的解释本实验后期蒜氨酸含量逐渐降低的现象。

## 4 结论

抗氧化活性较高的两种老蒜提取物制作工艺如下, 工艺一: 新鲜大蒜切片后, 以 1:6 的料/液比浸泡于 10% 的乙醇溶液, 室温下避光保存 90 d; 工艺二: 以 1:6 的料/液比浸泡于蒸馏水, 室温下避光保存 20 d。

老蒜提取物在老化过程中, 多糖、低聚糖逐渐分解消耗, 单糖含量增加, 且 AGE-1 中多糖、低聚糖的分解消耗比 AGE-2 明显。乙醇浓度为 0 的样品中的总糖在 20 d 达到最大, 80 d 以后可能被微生物降解, 其他条件下样品总糖含量在 90 d 达到最大后趋于稳定。较高的温度和较低的乙醇浓度有利于老蒜提取物

中脱氧蒜氨酸的积累而不利蒜氨酸的积累, 本实验所确定的老蒜提取物的两种制作工艺都有利于脱氧蒜氨酸的积累而不利蒜氨酸的积累。

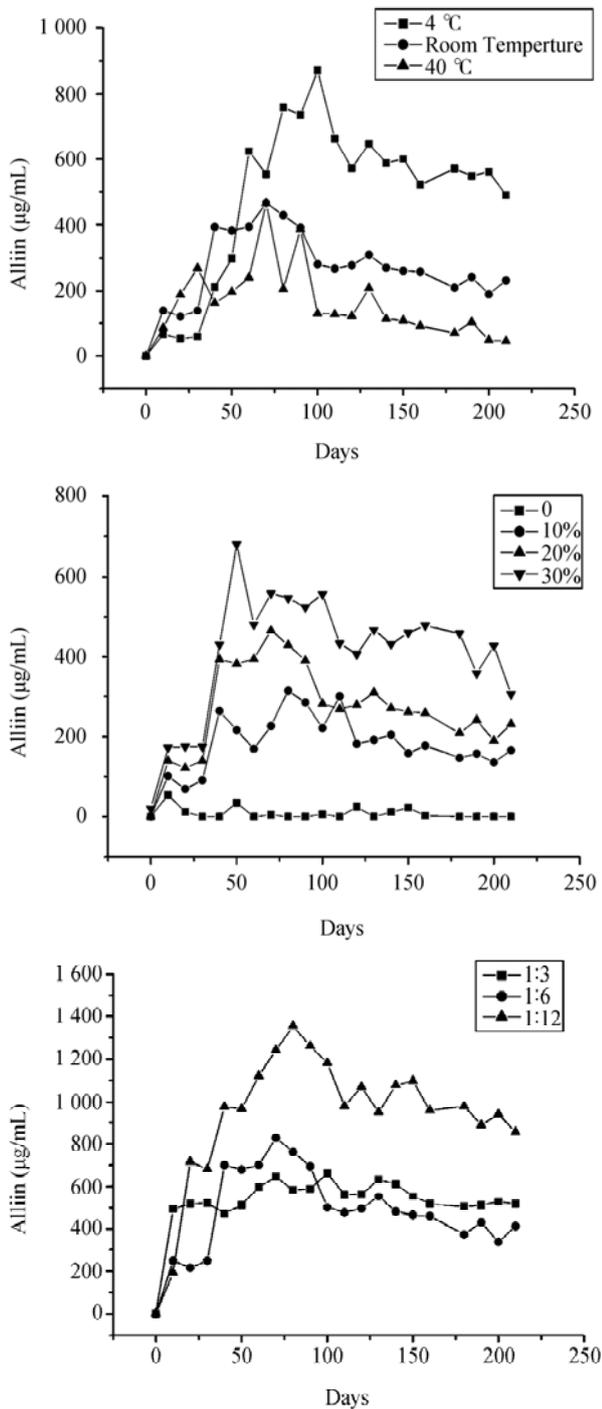


图 6 老蒜提取物中蒜氨酸含量变化

Fig. 6 The change in alliin content of AGE

注: 图中料/液比为 1:6 和 1:12 的数据分别为原实验结果的两倍和四倍; A 为温度对老蒜提取物中蒜氨酸含量的影响; B 为乙醇浓度对老蒜提取物中蒜氨酸含量的影响; C 为料/液比对老蒜提取物中蒜氨酸含量的影响。

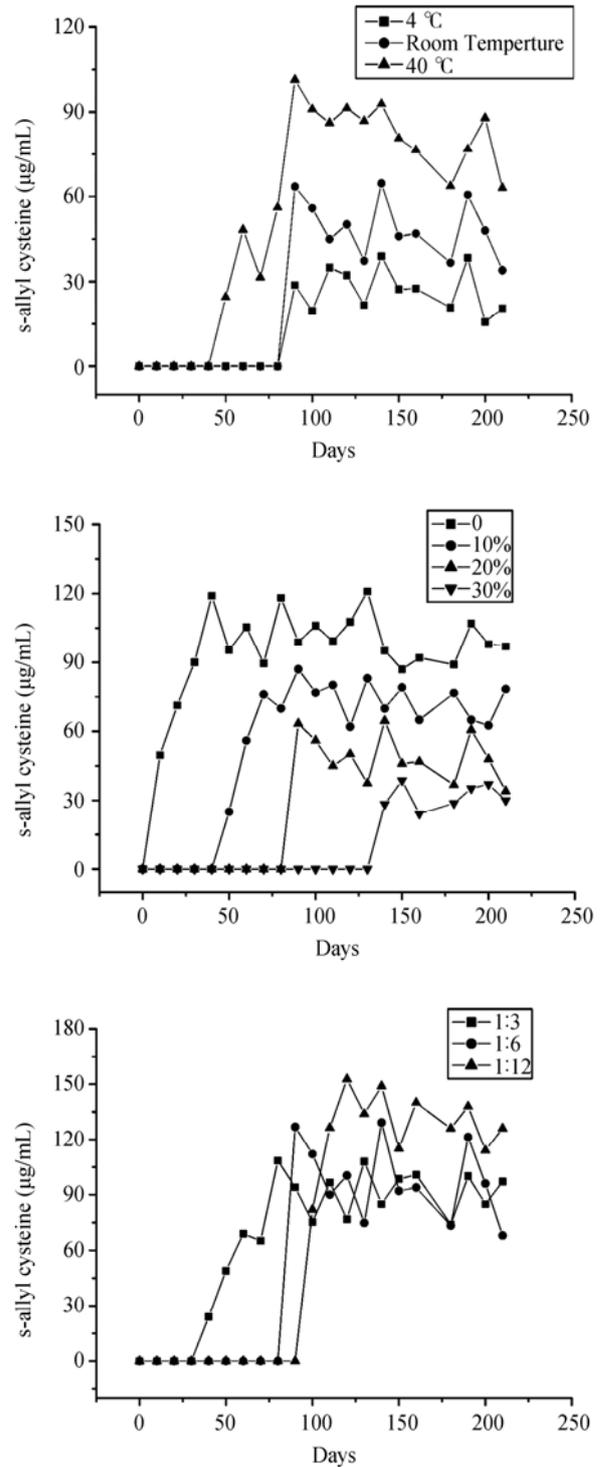


图 7 老蒜提取物中脱氧蒜氨酸含量变化

Fig. 7 The change in S-allyl cysteine content of AGE

注: 图中料/液比为 1:6 和 1:12 的数据分别为原实验结果的两倍和四倍; A 为温度对老蒜提取物中脱氧蒜氨酸含量的影响; B 为乙醇浓度对老蒜提取物中脱氧蒜氨酸含量的影响; C 为料/液比对老蒜提取物中脱氧蒜氨酸含量的影响。

## 参考文献

- [1] 王瑜, 邢效娟, 景浩. 大蒜含硫化合物及风味研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(10): 3092–3097.  
Wang Y, Xing XJ, Jing H. Advances in sulfur compounds and garlic flavor research [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(10): 3092–3097.
- [2] Amagase H, Petesch BL, Matsuura H, *et al.* Intake of garlic and its bioactive components[J]. J Nutr, 2001, 131(3): 955S–962S.
- [3] Rahman, K, Lowe, GM. Garlic and cardiovascular disease: A critical review [J]. J Nutr, 2006, 136: 736S–740S.
- [4] Muhammad SA, Monika P, Nessar A. Aged garlic extract and S-allylcysteine prevent formation of advanced glycation endproducts[J]. Eur J Pharmacol, 2007, 561: 32–38.
- [5] Ryu K, Ide N, Matsuura H, *et al.*  $\alpha$ -(1-deoxy-D-fructos-1-yl)-L-arginine, an antioxidant compound identified in aged garlic extract[J]. J Nutr, 2001, 131: 972S–976S.
- [6] Ichikawa M, Ryu K, Yoshida J, *et al.* Antioxidant effects of tetrahydro- $\beta$ -carboline derivatives identified in aged garlic extract[J]. Biofactors, 2002, 16: 57–72.
- [7] Chandrashekar PM, Venkatesh YP. Identification of the protein components displaying immunomodulatory activity in aged garlic extract [J]. J Ethnopharmacol, 2009, 124(3): 384–90.
- [8] Chauhan NB, Siegel GJ, Feinstein DL. Propentofylline attenuates tau hyperphosphorylation in Alzheimer's Swedish mutant model Tg2576 [J]. Neuropharmacology, 2005, 48(1): 93–104.
- [9] Harauma A, Moriguchi T. Aged garlic extract improves blood pressure in spontaneously hypertensive rats more safely than raw garlic [J]. J Nutr, 2006, 136(3): 769S–773S.
- [10] Dillon SA, Burmi RS, Lowe GM, *et al.* Antioxidant properties of aged garlic extract: an in vitro study incorporating human low density lipoprotein [J]. Life Sci, 2003, 72(14): 1583–1594.
- [11] Fu L, Chen H, Dong P, *et al.* Effects of ultrasonic treatment on the physicochemical properties and DPPH radical scavenging activity of polysaccharides from mushroom *Inonotus obliquus* [J]. J Food Sci, 2010, 75(4): C322–C327.
- [12] Wang J, Xing G, Hu W, *et al.* Effects of Ge-132 on oxygen free radicals and the lipid peroxidation induced by hydroxyl free radical in vitro [J]. Chin Pharmaceut J, 1994, 29: 23–25.
- [13] Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay [J]. Anal Biochem, 1996, 239(1): 70–76.
- [14] Amagase H, Petesch BL, Matsuura H, *et al.* Intake of garlic and its bioactive components [J]. J Nutr, 2001, 131(3S): 955s–962s.
- [15] Iciek M, Kwiecien L, Wlodek L. Biological properties of garlic and garlic derived organosulfur compounds [J]. Environ Mol Mutagen, 2009, 50(3): 247–265.
- [16] Aguilera P, Chanez-Cardenas ME, Ortiz-Plata A, *et al.* Aged garlic extract delays the appearance of infarct area in a cerebral ischemia model, an effect likely conditioned by the cellular antioxidant systems [J]. Phytomedicine, 2010, 17: 241–247.

(责任编辑: 白洪健)

## 作者简介



王小敏, 博士研究生, 主要研究方向为食品营养与食品添加剂。  
E-mail: wangxiaomin061@126.com



张民, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为食品化学与食品营养。  
E-mail: zm0102@sina.com