

# 高效液相色谱法测定益之康胶囊中总蒽醌(大黄素和大黄素甲醚)的含量

寿林均<sup>1</sup>,程巧鸳<sup>2</sup>,黄柳倩<sup>1</sup>,周明昊<sup>1,2,\*</sup>

(1.浙江工业大学化学工程学院,浙江杭州 310014;

2.浙江省食品药品检验研究院,浙江杭州 310052)

**摘要:**建立益之康胶囊中总蒽醌含量测定的高效液相色谱法。采用 HPLC 测定益之康胶囊中 2 种蒽醌类成分大黄素和大黄素甲醚的含量;流动相为甲醇-0.1% 磷酸溶液(75:25, v/v),柱温 30 ℃,流速 1.0 mL/min,检测波长 254 nm。大黄素和大黄素甲醚分别在 0.054~0.65 μg 和 0.022~0.27 μg 范围内呈良好的线性关系,相关系数分别为 0.9999 和 0.9999,检出限分别为 0.86 μg/g 和 0.87 μg/g,平均回收率分别为 97.20% (RSD = 2.26%) 和 99.96% (RSD = 2.18%)。结论:该方法简便、准确、可靠。

**关键词:**益之康胶囊,大黄素,大黄素甲醚,总蒽醌,高效液相色谱法(HPLC)

## Determination of total anthraquinone(emodin and physcion) in Yizhikang capsule by high performance liquid chromatography

SHOU Lin-jun<sup>1</sup>, CHENG Qiao-yuan<sup>2</sup>, HUANG Liu-qian<sup>1</sup>, ZHOU Ming-hao<sup>1,2,\*</sup>

(1.Zhejiang University of Technology, College of Chemical Engineering, Hangzhou 310014, China;

2.Zhejiang Institute for Food and Drug Control, Hangzhou 310052, China)

**Abstract:** Objective: To establish a High Performance Liquid Chromatography (HPLC) method for determining the total anthraquinone in Yizhikang capsule. Methods: The contents of emodin and physcion were determined by a HPLC method. The emodin and physcion were separated on a Waters Sunfire C<sub>18</sub> column (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) using a mobile phase made up of methanol and 0.1% phosphoric acid solution (75:25, v/v) at a flow rate of 1.0 mL/min and detected by a UV detector at a wavelength of 254 nm. The column temperature was set at 30 ℃. Results: The response showed good linear relationship in the range of 54.09~649.05 μg/mL for emodin, 22.11~265.31 μg/mL for physcion with all the coefficients of correlation ( $R^2$ ) = 0.9999. The detection limits (LODs) were 0.86 μg/g for emodin, 0.87 μg/g for physcion, respectively. The average recoveries of emodin and physcion were 97.20% (RSD = 2.26%) and 99.96% (RSD = 2.18%), respectively. Conclusions: This method is simple, accurate, reliable and reproducible and can be used for the quality control of yizhikang capsule.

**Key words:** Yizhikang capsule; emodin; physcion; total anthraquinone; high performance liquid chromatography (HPLC)

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)21-0252-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2017.21.050

益之康胶囊是以丹参、制何首乌、山楂、泽泻、玉竹为主要原料,经提取,辅以淀粉,经制粒、混合、填充胶囊等工艺制成的保健食品,具有调节血脂的功能。其中制何首乌为蓼科植物何首乌 *Polygonum multijiorum* Thunb. 的干燥块根经炖法或蒸法炮制而成。性味苦、甘、涩,微温,归肝、心、肾经。具有补肝肾,益精血,乌须发,强筋骨,化浊降脂的功效,用于血虚萎黄,眩晕耳鸣,须发早白,腰膝酸软,肢体麻木,崩漏带下,高脂血症<sup>[1]</sup>。现代药理研究表明,何首乌提取物及其有效部位具有调节血脂、抗动脉粥样硬化等作用<sup>[2-3]</sup>。何首乌的主要化学成分有

五大类:二苯乙烯苷类、蒽醌类、黄酮类、磷脂类和多糖类<sup>[4]</sup>,其中蒽醌类化合物主要包括游离蒽醌(游离型大黄素和大黄素甲醚)及其与葡萄糖形成的结合蒽醌,而结合蒽醌是何首乌导致泻下作用的主要成分<sup>[5]</sup>。何首乌经炮制成制何首乌后,结合蒽醌水解成无泻下作用的游离蒽醌,从而降低毒性,减小副作用<sup>[6]</sup>,但炮制不当或不彻底仍会使结合蒽醌含量偏高<sup>[7]</sup>,长期使用易产生腹泻作用。国家食品药品监督管理总局(国食药监许[2010]2号)要求以何首乌等含蒽醌类成分为原料的保健食品,在产品质量标准中应增加蒽醌类成分的含量检测指标,并按照范围

收稿日期:2017-03-03

作者简介:寿林均(1993-),男,硕士,研究方向:保健食品及化妆品的检测,E-mail:1837393007@qq.com。

\* 通讯作者:周明昊(1971-),男,硕士,主任药师,研究方向:保健食品及化妆品的检测,E-mail:zmm888@hotmail.com。

值标示。目前, 葱醌类成分的含量测定方法主要为紫外分光光度法<sup>[8-9]</sup>和高效液相色谱法<sup>[10-19]</sup>。紫外分光光度法虽然操作简单, 但其干扰大, 影响因素多, 并且显色不稳定, 所以实际难以准确测定总葱醌的含量。

本文参考中国药典 2015 年版制何首乌项下葱醌类成分的含量测定方法以及朱培芳<sup>[10]</sup>, 蔡丽芬<sup>[12]</sup>, 徐乾丽<sup>[16]</sup>, 戴作波<sup>[17]</sup>, 胡建华<sup>[19]</sup>等的研究成果, 以大黄素和大黄素甲醚对照品为对照, 采用高效液相色谱法测定益之康胶囊中总葱醌的含量, 制何首乌中总葱醌有游离型和结合型两种, 结合型的葱醌主要与苷元结合存在, 需要将其水解成游离型葱醌, 并以原游离型葱醌和结合型葱醌水解而成的游离型葱醌的含量来计算益之康胶囊中总葱醌的含量。本文用 HPLC 法测定益之康胶囊中总葱醌的含量, 操作简便, 结果可靠, 为益之康胶囊的质量控制提供了一种新手段。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

对照品大黄素(110756-201512, 含量测定用, 纯度 98.7%, 使用前不需干燥)和大黄素甲醚(110758-201415, 含量测定用, 纯度 99.1%, 使用前无需处理)均由中国食品药品检定研究院提供, 色谱纯的甲醇和乙腈 默克公司; 分析纯的三氯甲烷 南京化学试剂股份有限公司; 优级纯的盐酸和分析纯的磷酸 国药集团化学试剂有限公司; 益之康胶囊 由正大青春宝药业有限公司提供, 批号分别为研究用样、1604001、1604002、1604003、1505001、1108002、20151008。

Agilent1260 型高效液相色谱仪(G1311B 1260 Quat Pump, G1367E 1260 Hip ALS, G1316A 1260 TCC, G1314F 1260 VWD); 紫外检测器 Agilent 色谱工作站。

### 1.2 实验方法

1.2.1 色谱条件 色谱柱: Waters Sunfire C<sub>18</sub> 柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm); 检测波长: 254 nm; 流动相: 甲醇-0.1% 磷酸溶液(75:25); 流速: 1.0 mL/min; 柱温: 30 ℃; 进样量: 10 μL。

1.2.2 对照品溶液制备 大黄素对照品溶液: 取大黄素对照品约 20 mg, 精密称定, 用甲醇溶解, 定容到 50 mL, 即得。大黄素甲醚对照品溶液: 取大黄素甲醚对照品约 20 mg, 精密称定, 先用少量三氯甲烷溶解, 然后用甲醇定容到 250 mL, 即得。分别精密吸取 0.4327 mg/mL 的大黄素对照品溶液 5 mL 和 0.0884 mg/mL 的大黄素甲醚对照品溶液 10 mL, 混合后用甲醇稀释并定容到 20 mL, 即得混合对照品溶液。

1.2.3 供试品溶液制备 取本品内容物适量, 研细, 取约 2.000 g, 精密称定, 置回流瓶中, 精密加入 8% 盐酸溶液 25 mL 和三氯甲烷 25 mL, 水浴中加热回流 1 h, 取出, 立即冷却, 置分液漏斗中, 用少量三氯甲烷洗涤容器, 洗液并入分液漏斗中, 分取三氯甲烷液, 酸液再用三氯甲烷振荡提取 3 次(30、20、20 mL), 合

并三氯甲烷液, 回收溶剂至干, 残渣加甲醇使溶解, 转移至 10 mL 量瓶中, 加甲醇至刻度, 摇匀, 滤过, 续续滤液, 即得。

1.2.4 检出限 将同一批供试品溶液稀释成一系列浓度的溶液, 以取样量为 2.000 g, 信噪比约为 3 时计算检出限。

1.2.5 线性关系考察 精密吸取 1.2.2 中大黄素和大黄素甲醚的混合对照品溶液 0.5、1、2、4、6 μL, 按照 1.2.1 中的色谱条件注入高效液相色谱仪中, 记录大黄素、大黄素甲醚的峰面积。以对照品进样量(μg)为横坐标、峰面积为纵坐标, 绘制标准曲线, 标准曲线用  $Y = aX + b$  表示。

1.2.6 精密度实验 精密吸取 1.2.2 中大黄素和大黄素甲醚的混合对照品溶液 10 μL, 按照 1.2.1 中的色谱条件注入高效液相色谱仪中且连续进样六次, 计算峰面积的 RSD。

1.2.7 溶液稳定性实验 精密吸取 1.2.3 中的供试品(研究用样)溶液 10 μL, 按照 1.2.1 中的色谱条件于 1、2、4、6、10、12、18、24 h 后进样, 计算峰面积的 RSD。

1.2.8 重复性实验 分别称取同一批供试品(研究用样)6 份, 按 1.2.3 中供试品溶液制备法制备, 按照 1.2.1 中的色谱条件进样测定并计算 RSD。

1.2.9 专属性实验 取没有制何首乌的阴性样品, 按 1.2.3 中供试品溶液制备法制备, 按照 1.2.1 中的色谱条件进样测定。

1.2.10 回收率实验 取供试品(1604003)适量, 研细, 取约 2.0 g, 精密称定, 置回流瓶中, 按低、中、高三个水平精密加入混合对照品溶液(平行三份), 按 1.2.3 中供试品溶液制备法制备, 按照 1.2.1 中的色谱条件进样测定, 计算回收率和 RSD。

1.2.11 样品测定 按 1.2.3 中供试品溶液制备法制备, 按照 1.2.1 中的色谱条件进样, 分别测定了厂家提供的 6 批样品(批号分别为 1604001、1604002、1604003、1505001、1108002、20151008)。

1.2.12 计算 大黄素和大黄素甲醚的含量按式(1)计算:

$$\text{含量}(\text{mg/g}) = \left( \frac{A-b}{a} / V_1 \right) \times \frac{V_2}{m} \quad \text{式(1)}$$

注: A-大黄素(或大黄素甲醚)的峰面积; b-大黄素(或大黄素甲醚)线性方程的截距; a-大黄素(或大黄素甲醚)线性方程的斜率; V<sub>1</sub>-进样体积(μL); V<sub>2</sub>-稀释倍数(mL); m-供试品称样质量(g)。

总葱醌的含量按式(2)计算:

$$\text{总葱醌含量}(\text{mg/g}) = \text{大黄素的含量} + \text{大黄素甲醚的含量} \quad \text{式(2)}$$

所有计算都在 Microsoft Excel 2016 中完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 检出限

以供试品溶液信噪比约为 3 时计算得大黄素和大黄素甲醚的检出限分别为 0.86 μg/g 和 0.87 μg/g。

### 2.2 线性关系考察

如表 1 所示, 大黄素和大黄素甲醚在 0.054 ~

表1 大黄素和大黄素甲醚的线性结果  
Table 1 Linear results of emodin and physcion

对照品	线性方程	相关系数 $R^2$	线性范围( $\mu\text{g}$ )
大黄素	$Y = 3919.10X - 2.87$	0.9999	0.054~0.65
大黄素甲醚	$Y = 3692.20X - 2.47$	0.9999	0.022~0.27

表2 精密度实验结果  
Table 2 Precision results of the proposed HPLC method

对照品	峰面积1	峰面积2	峰面积3	峰面积4	峰面积5	峰面积6	平均峰面积	RSD(%)
大黄素	4191.21	4195.00	4194.68	4198.46	4200.17	4199.61	4200.13	0.08
大黄素甲醚	1654.28	1657.92	1658.66	1658.22	1658.29	1658.90	1667.48	0.10

表3 稳定性实验结果  
Table 3 Stability results of the proposed HPLC method

含量(mg/g)	1 h	2 h	4 h	6 h	10 h	12 h	18 h	24 h	平均含量(mg/g)	RSD(%)
大黄素	0.1171	0.1173	0.1186	0.1203	0.1205	0.1215	0.1226	0.1227	0.1201	1.85
大黄素甲醚	0.0155	0.0157	0.0158	0.0165	0.0164	0.0166	0.0170	0.0169	0.0163	3.47
总蒽醌	0.1326	0.1329	0.1344	0.1367	0.1370	0.1381	0.1396	0.1396	0.1364	2.04

0.65  $\mu\text{g}$ 和0.022~0.2700  $\mu\text{g}$  范围内呈现良好的线性关系,相关系数分别为0.9999和0.9999。

### 2.3 精密度实验

如表2所示,大黄素和大黄素甲醚的RSD分别为0.08%和0.10%,表示仪器精密度良好。

### 2.4 溶液稳定性实验

如表3所示,大黄素、大黄素甲醚和总蒽醌在24 h内的RSD分别为1.85%、3.47%和2.04%,表示溶液在24 h内稳定。

### 2.5 重复性实验

如表4所示,供试品(研究用样)测得大黄素、大黄素甲醚和总蒽醌的平均含量分别为0.1369、0.0181、0.1549 mg/g, RSD分别为1.37%、1.56%和1.21%,表明方法的重复性良好。

### 2.6 专属性实验

取没有制何首乌的阴性样品,按1.2.3中供试品溶液制备法制备,按照1.2.1中的色谱条件进样测定,结果在大黄素和大黄素甲醚对照品峰处未出现色谱峰,说明按上述方法测定,阴性样品无干扰,见图1。

### 2.7 回收率实验

如表5所示,大黄素的加标平均回收率为97.20%,RSD为2.26%,大黄素甲醚为99.96%,RSD为2.18%。

### 2.8 样品测定

1604001、1604002、1604003、1505001、1108002、20151008样品中的大黄素、大黄素甲醚和总蒽醌的含量如表6所示,本实验中的蒽醌主要来自配方中的制何首乌,2015版中国药典中规定制何首乌中游离蒽醌以大黄素和大黄素甲醚的总量计,并且含量不得少于0.10%,本实验测的总蒽醌包括游离蒽醌和结合蒽醌两部分,目前暂无国标要求。

### 2.9 前处理优化

采用(1)8%(质量分数)盐酸,三氯甲烷(2)16%(质量分数)盐酸,三氯甲烷来水解结合型蒽醌

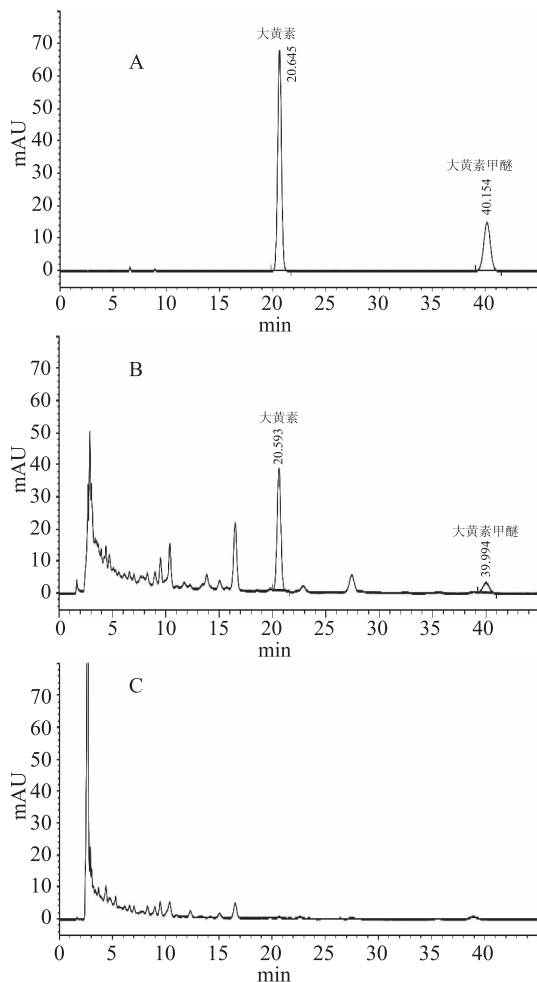


图1 HPLC 色谱图

Fig.1 Chromatograms of emodin and physcion

注:A:混标色谱图,B:样品色谱图,

C:缺制何首乌的样品色谱图。

并提取总蒽醌,结果如表7所示。实验证明8%盐酸,三氯甲烷法的总蒽醌含量最高,其潜在原因可能是大黄素甲醚极性较弱,在甲醇中的溶解性较低,而其在益之康胶囊中含量又不高,故提取效率不高,同

表4 重复性实验结果

Table 4 Repeatability results of the proposed HPLC method

含量(mg/g)	1	2	3	4	5	6	平均含量(mg/g)	RSD(%)
大黄素	0.1354	0.1394	0.1341	0.1372	0.1369	0.1380	0.1369	1.37
大黄素甲醚	0.0180	0.0181	0.0181	0.0185	0.0180	0.0182	0.0181	1.56
总蒽醌	0.1535	0.1576	0.1523	0.1558	0.1549	0.1557	0.1549	1.21

表5 回收率实验结果

Table 5 Average spike recoveries and RSDs for emodin and physcion

指标	原有量(mg)	加入量(mg)	测得量(mg)	回收率(%)	平均回收率(%)	RSD(%)
大黄素	0.2826	0.1731	0.4471	95.04	97.20	2.26
	0.2819	0.1731	0.4463	95.00		
	0.2818	0.1731	0.4466	95.18		
	0.2647	0.2596	0.5130	95.64		
	0.2849	0.2596	0.5372	97.15		
	0.2867	0.2596	0.5396	97.40		
	0.2669	0.3462	0.6089	98.79		
	0.2720	0.3462	0.6177	99.87		
	0.2704	0.3462	0.6192	100.76		
	0.0372	0.0237	0.0612	101.33		
大黄素甲醚	0.0371	0.0237	0.0615	102.89	99.96	2.18
	0.0371	0.0237	0.0607	99.57		
	0.0348	0.0356	0.0709	101.53		
	0.0375	0.0356	0.0736	101.70		
	0.0377	0.0356	0.0733	100.09		
	0.0351	0.0474	0.0815	97.85		
	0.0358	0.0474	0.0813	95.95		
	0.0356	0.0474	0.0824	98.76		

表6 样品测定结果

Table 6 The results of samples

批号	大黄素(mg/g)	大黄素甲醚(mg/g)	总蒽醌(mg/g)
1604001	0.0921	0.0132	0.1054
1604002	0.1190	0.0150	0.1339
1604003	0.1429	0.0188	0.1617
1505001	0.0400	0.0282	0.0681
1108002	0.0198	0.0173	0.0371
20151008	0.1376	0.0200	0.1575

表7 前处理优化结果

Table 7 The results of preprocessing optimization

含量(mg/g)	8% 盐酸-三氯甲烷	16% 盐酸-三氯甲烷
大黄素	0.1200	0.1180
大黄素甲醚	0.0235	0.0184
总蒽醌	0.1431	0.1360

时三氯甲烷极性较弱,根据相似相溶原理可知,大黄素甲醚能溶于三氯甲烷,虽然其在益之康胶囊中含量不高,但经过三氯甲烷多次萃取,基本能将游离型蒽醌中的大黄素甲醚提取完全。

## 2.10 流动相的比较

本实验曾对不同流动相(1)乙腈-0.1%磷酸溶液(60:40)、(2)甲醇-0.1%磷酸溶液(80:20)、(3)

甲醇-0.1%磷酸溶液(75:25)的色谱行为进行了比较。在(2)甲醇-0.1%磷酸溶液(80:20)中,大黄素未完全分离,前峰脚位置包含未知物质;在(1)乙腈-0.1%磷酸溶液(60:40)和(3)甲醇-0.1%磷酸溶液(75:25)中,大黄素和大黄素甲醚能完全分离,但在(3)甲醇-0.1%磷酸溶液(75:25)中,大黄素和大黄素甲醚附近干扰较少,同时甲醇的成本比乙腈低廉,所以选择(3)甲醇-0.1%磷酸溶液(75:25)作为流动相。

## 2.11 柱温的比较

本实验比较了不同柱温 30、35、40 °C 对样品分离的影响,结果随着柱温升高出峰时间加快,如图 3 所示,在 30 °C 时峰形较好。

## 3 结论

益之康胶囊中的总蒽醌(大黄素和大黄素甲醚)主要来自于配方中的制何首乌,通过 8% (质量分数)的盐酸水解结合型蒽醌后经三氯甲烷多次萃取,能较好的提取出大黄素和大黄素甲醚,并用高效液相色谱测定大黄素和大黄素甲醚的含量,将大黄素和大黄素甲醚的含量之和作为总蒽醌的含量。经过方法学验证,说明该方法简便、准确、可靠:大黄素和大黄素甲醚分别在 0.05409~0.6491 μg 和 0.02211~0.2653 μg 范围内呈良好的线性关系,相关系数分别为 0.9999 和 0.9999,平均回收率分别为 97.20% (RSD = 2.26%) 和 99.96% (RSD = 2.18%)。同时,由于大

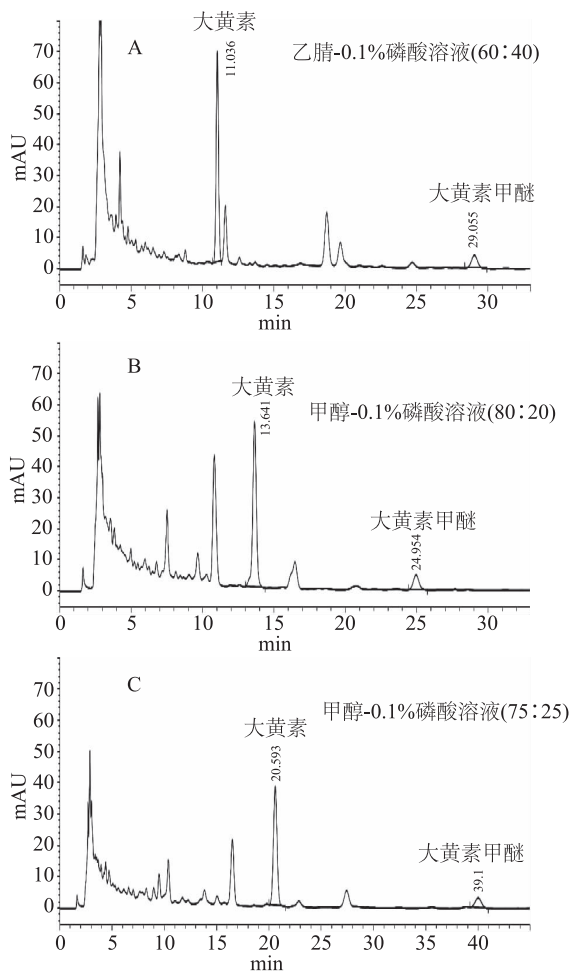


图2 不同流动相的色谱图

Fig.2 Chromatograms of different mobile phase

黄素甲醚微溶于甲醇,应先用少量三氯甲烷溶解后再用甲醇定容。

### 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中国药典一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 175.
- [2] 王春英, 张兰桐, 袁志芳, 等. 何首乌醋酸乙酯提取部位与二苯乙烯苷的调血脂作用[J]. 中草药, 2008, 39(1): 78-83.
- [3] 顾慧, 吕圭源, 陈素红, 等. 何首乌“补肝肾、益精血、强筋骨”功效相关的药理研究[J]. 世界科学技术-中医现代化, 2008, 10(2): 58-62.
- [4] 楼招欢, 吕圭源, 俞静静. 何首乌成分、药理及毒副作用相关的研究进展[J]. 浙江中医药大学学报, 2014, 38(4): 495-500.
- [5] 梅雪, 余刘勤, 陈小云, 等. 何首乌化学成分和药理作用的研究进展[J]. 药物评价研究, 2016, 39(1): 122-131.
- [6] 史国兵. 炮制对何首乌中有效成分含量的影响[J]. 中国医院药学杂志, 2003, 23(2): 95-97.
- [7] 施群, 施淑琴. 炮制对何首乌总蒽醌含量的变化研究[J]. 中华中医药学刊, 2012, 30(12): 2770-2772.
- [8] 刘云娣, 李得堂, 任结梅, 等. 紫外分光光度法测定大承气冲剂中大黄总蒽醌的含量[J]. 中医药导报, 2010, 16(7): 108-110.
- [9] 王玉宝. 紫外分光光度法测定决明子中蒽醌类成分含量

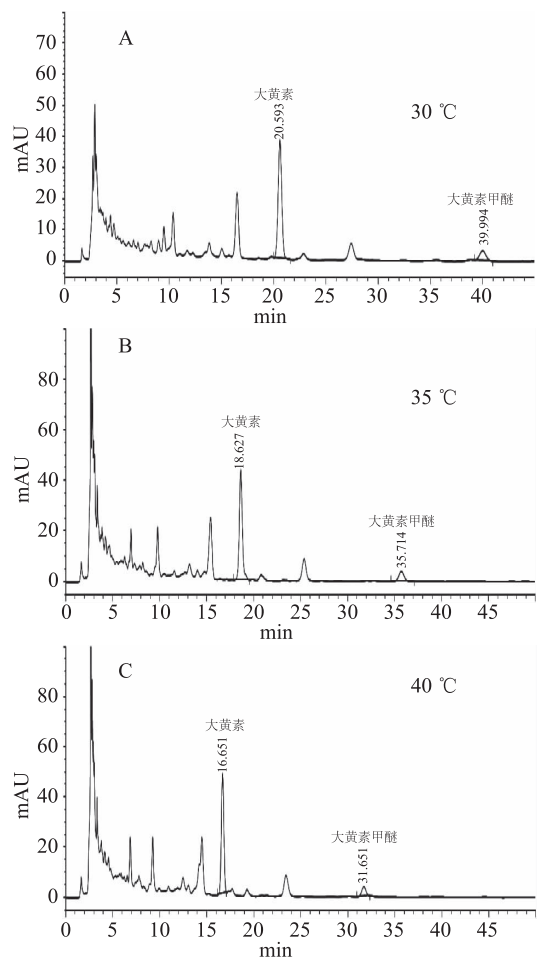


图3 不同柱温的色谱图

Fig.3 Chromatograms of different temperature

[J]. 中医药临床杂志, 2013, 25(8): 730-732.

- [10] 朱培芳, 赵荣华, 施扬究. HPLC法同时测定何首乌中二苯乙烯苷和5种蒽醌类化合物的方法[J]. 中华中医药杂志, 2012, 27(2): 463-465.
- [11] 付卫华. HPLC法测定何首乌炮制过程中主要化学成分含量[J]. 亚太传统医药, 2013, 9(7): 50-51.
- [12] 蔡丽芬, 钟国跃, 张倩, 等. HPLC测定不同生长年限及采收期何首乌中二苯乙烯苷和蒽醌类成分的含量[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(10): 1221-1225.
- [13] 史辑, 刘梓晗, 王玲, 等. HPLC测定不同产地巴戟天中5种蒽醌素型蒽醌的含量[J]. 中药材, 2015, 38(2): 245-248.
- [14] 李樱红, 汪瑾, 胡磊, 等. HPLC测定红曲黄酮片中总蒽醌的含量[J]. 中国现代应用药学, 2012, 29(12): 1131-1133, 1139.
- [15] 吴迪, 袁海铭, 曾宪仪, 等. HPLC法测定大黄总蒽醌胶囊5种蒽醌苷元及5种游离蒽醌含量[J]. 江西中医药大学学报, 2016, 28(1): 68-70.
- [16] 徐乾丽, 茅向军, 熊慧林. HPLC法测定六味安消胶囊中游离蒽醌、总蒽醌和结合蒽醌的含量[J]. 贵阳医学院学报, 2010, 35(6): 578-580, 583.
- [17] 戴作波, 张建霞. HPLC法测定自制降脂胶囊中大黄蒽醌衍生物的含量[J]. 临床合理用药, 2016, 9(2A): 95-96.
- [18] 韩燕全, 洪燕, 谢道俊, 等. HPLC法同时测定黄蒲通窍胶囊中3种蒽醌类成分的总含量[J]. 云南中医中药杂志, 2011,

(下转第267页)

表5 不同酵母发酵的馒头样品感官评价分数统计

Table 5 Sensory evaluation scores of different yeast fermented bread samples

样品	B-1	X-1	X-2	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-5
比容	10.3	10.8	12.7	10.8	12.3	11.9	13.5	12.1
延展率	3	4	3	3	4	4	4	4
表皮颜色	7.5	7.85	7.2	7.6	8.2	8.4	7.35	7.9
表皮光泽	4.4	3.95	4.4	3.9	4.08	3.8	3.7	4.5
表皮状况	7.87	8.47	8.40	8.67	8.27	8.40	8.20	9.04
瓤颜色	2.9	3.65	3.1	3.5	3.5	3.3	3.6	3.58
组织结构	7.6	8.5	8.2	8.5	8	8	8.25	8.5
弹性	7.9	7.9	7.6	7.8	7.8	9	7.9	8
硬度	8.6	7.9	7.6	7.5	7.6	8.4	7.95	7.4
香味	8.3	8.15	8.1	7.8	8.2	6.1	7.56	8.4
总分	76.77	79.27	78.20	76.67	80.35	77.60	79.72	82.03

醇类、醛类、酯类、苯环类,以及少量酮类、醛类、杂环类物质,而不同酵母制作的馒头中,挥发性物质的具体类别与含量均存在较大差异,且具有其特有风味物质;对比挥发性成分种类与感官评分,发现挥发性物质种类与感官评分有一定联系,但并不是正相关关系,而干酵母发酵所得馒头的品质普遍高于半干酵母与鲜酵母。

### 参考文献

- [1] Jiang Z, Cong Q, Yan Q, et al. Characterisation of a thermostable xylanase from *Chaetomium* sp. and its application in Chinese steamed bread [J]. *Food Chemistry*, 2010, 120 (2): 457-462.
- [2] Wu C, Liu R, Huang W, et al. Effect of sourdough fermentation on the quality of Chinese Northern-style steamed breads [J]. *Journal of Cereal Science*, 2012, 56(56): 127-133.
- [3] 李里特, 薛佳. 论传统小麦面食的现代化与工业化[J]. *粮食与食品工业*, 2010, 17(5): 7-10.
- [4] 李里特. 中国传统发酵面制品创新与面食现代化[J]. *粮食与食品工业*, 2009, 16(5): 1-3.
- [5] 马凯, 华威, 龚平, 等. 顶空-固相微萃取方法分析 4 种发酵剂制作馒头中挥发性风味物质[J]. *食品科学*, 2014(16): 128-132.
- [6] 王宁, 卞科, 关二旗. 干酵母与传统酵子发酵馒头风味物质的对比[J]. *粮食与饲料工业*, 2015(12): 40-44.
- [7] 刘晨, 孙庆申, 吴桐, 等. 3 种不同发酵剂馒头风味物质比较分析[J]. *食品科学*, 2015(10): 150-153.
- [8] 苏东海, 李自红, 苏东民, 等. 固相微萃取分析传统老酵头馒头挥发性物质[J]. *食品研究与开发*, 2011(6): 94-97.

(上接第 256 页)

32(2): 56-58.

- [19] 胡建华, 陈文芝, 徐超群, 等. HPLC 梯度洗脱测定康泰纳米粒中大黄萜醌成分的总含量[J]. *华西药理学杂志*, 2009, 24

(上接第 262 页)

- [19] 于修焯, 张静亚, 李清华, 等. 基于近红外光谱的食用油酸价和过氧化值自动化检测[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(9): 150-154, 159.

- [9] 苏东民, 胡丽花, 苏东海, 等. 不同干酵母发酵对馒头挥发性物质的影响[J]. *河南工业大学学报: 自然科学版*, 2010(3): 1-4, 11.

- [10] Elena I, Sara L, Elena R, et al. Analysis of volatile fruit components by headspace solid2-phase microextraction[J]. *Food chemistry*, 1998, 63(2): 281-286.

- [11] Pellati F, Benvenuti S, Yoshizaki F, et al. Headspace solid-phase microextraction - gas chromatography - mass spectrometry analysis of the volatile compounds of *Evodia* species fruits [J]. *Journal of Chromatography A*, 2005, 1087(1/2): 265-273.

- [13] Ibanez E, Lopez-sebastian S, Ramos E, et al. Analysis of volatile fruit components by headspace solid - phase microextraction[J]. *Food Chemistry*, 1998, 63(2): 281-286.

- [14] 苏东民. 中国馒头分类及主食馒头品质评价研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.

- [15] Corsetti A, Settanni L. Lactobacilli in sourdough fermentation [J]. *Food Research International*, 2007, 40(5): 539-558.

- [16] 张玉玉, 孙宝国, 陈海涛, 等. 顶空-固相微萃取两种传统面酱挥发性成分的气相色谱-质谱联用分析[J]. *食品科技*, 2012, 37(3): 255-260.

- [17] Jonsdottir R, Olafsdottir G, Chanie E, et al. Volatile compounds suitable for rapid detection as quality indicators of cold smoked salmon (*Salmo salar*) [J]. *Food chemistry*, 2008, 109(1): 184-195.

- [18] 李培圩. 面包生产工艺与配方[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999: 11-13.

- [19] Rehman S, Paterson A, Piggott J. Flavour in sourdough breads: a review [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2006, 17(10): s557-566.

(3): 288-290.

- [20] 袁琦, 杨洁, 赵辉, 等. HPLC 测定一清胶囊中的 5 种大黄萜醌衍生物[J]. *华西药理学杂志*, 2014, 29(4): 430-432.

- [20] 毕艳兰, 鲍丹青, 田原, 等. 利用傅里叶近红外技术快速测定食用植物油的过氧化值[J]. *中国油脂*, 2009, 34(3): 71-74.