

# 干制条件对红枣香气品质的影响

闫忠心<sup>1</sup>, 鲁周民<sup>2\*</sup>, 刘坤<sup>1</sup>, 焦文月<sup>2</sup>, 赵佳奇<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学林学院, 杨凌 712100)

**摘要:** 为探索干制条件对红枣香气品质的影响, 采用固相微萃取结合气相色谱/质谱联用 (SPME-GC/MS, solid phase microextraction coupled with gas chromatography mass spectrometry) 技术分析鉴定了 50、60、70℃热风干燥, 自然阴干和糖心枣 5 种红枣样品的香气成分及相对质量分数, 对红枣中 7 类主要香气物质进行主成分分析 (principal component analysis, PCA)。结果表明影响红枣香气品质的主要香气物质种类为酯类、醛类、酸类和酚类; 自然阴干的红枣香气品质较差, 采用热风干制可有效提高红枣的香气品质; 60℃热风干制的红枣香气成分综合得分最高, 优于 50℃和 70℃热风干制红枣的香气品质, 为红枣的干制工艺提供技术依据。主成分分析法可实现对红枣干制条件的区分, 并能较好评价红枣的香气品质。

**关键词:** 主成分分析, 品质控制, 农产品, 红枣, 香气成分, GC/MS 分析

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.01.063

中图分类号: TS205.1, S665.1 文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-01-0389-04

闫忠心, 鲁周民, 刘坤, 等. 干制条件对红枣香气品质的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 389-392.

Yan Zhongxin, Lu Zhoumin, Liu Kun, et al. Effects of drying conditions on Chinese jujube aroma components [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(1): 389-392. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

香气成分是人们通过嗅觉可感觉到并愿意接受的挥发性物质, 它与水果等食品品质和营养价值密切相关。水果的挥发性香气物质主要包括酯类、醛类、醇类、羰基化合物和一些杂环化合物<sup>[1]</sup>, 这些香气成分能反映果品的风味特征, 是评价果实风味品质的重要指标。国内外学者已对巴西 pequi 果<sup>[2]</sup>、枸杞<sup>[3]</sup>、油桃<sup>[4]</sup>、枇杷<sup>[5]</sup>等果品香气成分的含量和种类做了大量研究。主成分分析(PCA)是一种多元统计分析方法, 它是根据指标间的相关性, 把多个指标转化为少数几个彼此独立的综合指标, 主要用于简化数据结构、揭示各变量间的关系、样品分类等。近年来, 采用主成分分析方法对果品香气成分的研究有一些报道。Moshonas 等<sup>[6]</sup>采用主成分分析法通过对橙汁饮料香气成分的研究, 实现了对原果汁质量分数分别为 3%~15%、30%~33%以及 50%橙汁饮料的区分, 且能适用于橙汁饮料、非浓缩橙汁和浓缩橙汁的判别。Reid 等<sup>[7]</sup>采用主成分分析方法对草莓酱香气成分的分析处理, 实现了对纯草莓酱样品和不同程度掺杂苹果酱的草莓酱样品的有效判别, 并且可识别特定掺杂物中代表香气的特征化合物。黄海涛等<sup>[8]</sup>利用电子鼻对茶叶香味扫描、固相

微萃取结合气相色谱/质谱 (SPME-GC/MS, solid phase microextraction coupled with gas chromatography mass spectrometry) 分析对茶叶香味定性定量, 采用主成分分析方法进行处理, 研究了不同茶香之间的化学组分和含量上的差异。宋江峰等<sup>[9]</sup>用主成分分析方法对 6 种甜糯玉米软罐头的主要香气成分进行分析, 得出了不同甜糯玉米软罐头的典型赋香物质, 这些物质的不同组合, 形成了各自的香气特征。

红枣是中国特有的经济果品, 全国栽培面积 100 多万  $\text{hm}^2$ , 年产量 400 多万  $\text{t}$ <sup>[10]</sup>。近年来, 对红枣香气成分的研究已有一些报道<sup>[11-13]</sup>。红枣的香气成分主要产生于后熟及干制过程中, 干制条件对红枣香气成分的种类和含量有较大影响<sup>[14]</sup>, 进一步影响到产品的品质。本研究主要采用固相微萃取-气相色谱/质谱联用技术, 对在不同条件下干制的红枣样品香气成分进行分析鉴定, 并利用主成分分析方法对试验数据进行处理, 旨在研究不同工艺条件下干制红枣样品的香气品质差异, 探索利用红枣香气成分指标区分干制条件和评价香气品质的可能性, 从而通过对香气品质的判别实现对干制工艺的优化, 为红枣的干制生产提供理论指导。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验材料与仪器

红枣: 产于陕西清涧县的木枣, 于 2009 年 10 月中旬采摘, 为已失水软化的糖心枣。采摘后运回实验室, 冷藏于  $(2\pm 1)$ ℃ 的冰箱中备用。原料含水率为 51.98%、总糖质量分数 40.96%、总酸质量分数 0.85%。

仪器: TRACE DSQ 型气相色谱-质谱(GC-MS)联用仪 (美国 Finnigan 公司); 手动 SPME 进样器 (美国 Supelco

收稿日期: 2010-08-17

修订日期: 2010-09-11

基金项目: 财政部“以大学为依托的农业科技推广体系建设项目”(XTG2009-15)

作者简介: 闫忠心 (1987-), 男, 河南商丘人, 研究方向为食品贮藏与加工。杨凌 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 712100。

Email: yanzhongxin@yahoo.cn

\*通信作者: 鲁周民 (1966-), 男, 陕西户县人, 研究员, 主要从事经济林果品保鲜贮藏与加工利用研究。杨凌 西北农林科技大学林学院, 712100。

Email: lzm139@nwsuaf.edu.cn

公司); 50/30  $\mu\text{m}$  DVB/CAR/PDMS 萃取头(美国 Supelco 公司), 使用前先将 SPME 的萃取头在气相色谱仪的进样口 250  $^{\circ}\text{C}$  老化 30 min; 100 mL 样品瓶; DHG9140A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海恒科仪器有限公司); BCD-215DC 型冰箱(中国海尔集团)。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 制备样品

选择大小均匀一致、完好的枣果, 分为 5 份, 每份 2.5 kg。由于生产中红枣的热风干燥温度主要集中在 50~70  $^{\circ}\text{C}$ <sup>[11]</sup>, 因此其中 3 份分别于 50  $^{\circ}\text{C}$ 、60  $^{\circ}\text{C}$  和 70  $^{\circ}\text{C}$  恒温热风干燥 27 h、18 h 和 12 h, 取出冷却至室温后, 分别装入塑料袋放置 5 d 使水分平衡。含水率分别为 23.58%、22.98%、23.33%, 总糖质量分数为 62.85%、62.61% 和 59.24%, 总酸质量分数为 1.18%、1.34% 和 1.31%; 1 份置于室内(温度 6  $^{\circ}\text{C}$ ~18  $^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度 45%~70%) 自然阴干 35 d, 含水率 23.46%, 总糖质量分数 63.62%, 总酸质量分数 0.73%; 1 份作对照(CK)。各样品存于 (2 $\pm$ 1)  $^{\circ}\text{C}$  的冰箱中待检。

### 1.2.2 挥发性风味物质的萃取

检测时把去核后的红枣样品用组织粉碎机破碎, 准确称取破碎红枣原样 20 g 置于 100 mL 样品瓶中, 加盖密封, 放入 35  $^{\circ}\text{C}$  水浴中平衡 10 min。将老化好的固相微萃取器插在样品瓶上, 吸附 40 min 后拔出, 于气相色谱仪进样口 250  $^{\circ}\text{C}$  解析 5 min<sup>[14]</sup>。

### 1.2.3 挥发性风味物质 GC/MS 分析

GC 条件<sup>[12-14]</sup>: DB-17MS (30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.250  $\mu\text{m}$ ) 弹性石英毛细管柱, 程序升温至 40  $^{\circ}\text{C}$ , 保持 2.5 min; 以 5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 200  $^{\circ}\text{C}$ ; 再以 10  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 240  $^{\circ}\text{C}$ , 保持 5 min; 进样口 250  $^{\circ}\text{C}$ ; 传输线 230  $^{\circ}\text{C}$ ; 载气为 He 气, 流速 0.8 mL/min; 不分流进样, 进样量 1.0  $\mu\text{L}$ 。

MS 条件<sup>[12-14]</sup>: EI 源, 70 eV; 离子源温度 200  $^{\circ}\text{C}$ , 质量扫描范围 35~400 amu; 发射电流 100  $\mu\text{A}$ , 检测电压 1.4 kV。

## 1.3 挥发性风味物质定性定量方法

利用随机 Xcalibur 工作站 NIST2002 标准谱库自动检索各组分, 参考文献及标准谱图对机检结果进行核对和确认, 按面积归一化法计算各组分相对质量分数<sup>[15]</sup>。

## 1.4 数据分析

采用 DPS 6.55 数据处理系统, 进行主成分分析。根据香气成分相关系数列出相关矩阵, 求出特征根及其相应的特征向量, 从特征根中选出几个较大的特征根及其特征向量, 使其累积贡献率在 90% 以上<sup>[16]</sup>, 步骤为: 1) 消除指标变量间的量纲关系, 将香气成分质量分数矩阵  $X_{m \times n}$  (其中  $m$  表示红枣样本,  $n$  表示香气成分种类) 标准化,  $X^*_i = (X_i - \bar{X}_i) / \sqrt{\text{std}(X_i)}$ , ( $i=1, 2, \dots, n$ ), 并计算  $X^*_{m \times n}$  的协方差矩阵  $Y_{m \times n}$ ; 2) 由特征方程  $(\lambda I - Y_{n \times n}) \times U = 0$ , 求出  $Y_{n \times n}$  各特征值  $\lambda_i$  (从大到小排列) 和对应的特征向量  $U_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ;  $I$  表示单位矩阵,  $\lambda$  表示特征值); 3) 计算主成分  $Z_i = U_i \times X^*$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ); 主成分  $Z_i$  的贡献率

$\lambda_i / \sum_{i=1}^n \lambda_i$ ; 主成分  $Z_1, \dots, Z_k (k < n)$  的累计贡献率  $\sum_{i=1}^k \lambda_i / \sum_{i=1}^n \lambda_i$ ; 4) 取  $k$  值, 使累计贡献率达到 90% 以上, 研究主成分  $Z_1, \dots, Z_k$ , 分析对象由  $n$  维降为  $k$  维。

## 2 结果与分析

### 2.1 5 种红枣的主要香气成分种类及含量

采用 SPME-GC/MS 分析技术, 分别从在 50  $^{\circ}\text{C}$ 、60  $^{\circ}\text{C}$ 、70  $^{\circ}\text{C}$  干燥和自然阴干的红枣以及糖心枣(CK) 中鉴定出挥发性成分 55、53、51、50 和 52 种, 各自占总峰面积的 96.20%、97.84%、96.02%、97.43% 和 95.93%, 包括烷烃类、醛酮类、羧酸类、酚类、醇类和酯类和少量其他化合物(表 1)。选取其中除去其他化合物外的 7 类香气成分作为主成分分析的变量, 进行统计分析。

表 1 红枣主要风味物质的相对质量分数/%

Table 1 Relative content of flavor composition in Chinese jujube

| 香气成分        | 相对质量分数%               |                       |                       |       |       |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|
|             | 50 $^{\circ}\text{C}$ | 60 $^{\circ}\text{C}$ | 70 $^{\circ}\text{C}$ | 阴干    | CK    |
| 酸类( $X_1$ ) | 48.02                 | 48.60                 | 55.00                 | 65.28 | 35.10 |
| 烃类( $X_2$ ) | 12.39                 | 13.95                 | 5.37                  | 11.70 | 21.24 |
| 醛类( $X_3$ ) | 3.92                  | 5.14                  | 3.59                  | 0.00  | 3.57  |
| 酮类( $X_4$ ) | 4.71                  | 6.03                  | 4.58                  | 3.70  | 4.16  |
| 醇类( $X_5$ ) | 10.26                 | 5.59                  | 12.80                 | 5.34  | 11.78 |
| 酯类( $X_6$ ) | 13.61                 | 15.26                 | 10.59                 | 6.44  | 14.47 |
| 酚类( $X_7$ ) | 0.81                  | 2.37                  | 1.97                  | 1.26  | 0.58  |
| 其他          | 2.48                  | 0.90                  | 2.12                  | 3.71  | 5.03  |

## 2.2 主成分分析

### 2.2.1 香气成分分析

对 5 个枣样品的 7 种香气成分的主成分分析结果见表 2。由表 2 可知, 第一、第二、第三前 3 个主成分的累计贡献率为 97.89%, 能基本反映所有变量的原有信息, 因此, 选用前 3 个主成分作为数据分析的有效成分。

表 2 主成分的特征值及贡献率

Table 2 Eigenvalues of the principal components and their contribution and cumulative contribution

| 主成分 | 特征值    | 贡献率/%   | 累计贡献率/% |
|-----|--------|---------|---------|
| 1   | 3.4130 | 48.7570 | 48.7570 |
| 2   | 2.3137 | 33.0522 | 81.8092 |
| 3   | 1.1253 | 16.0761 | 97.8853 |
| 4   | 0.1480 | 2.1147  | 100     |

从表 2、表 3 可以看出, 第一主成分的贡献率占总变异信息的 48.76%, 主要反映酯类、醛类和酸类 3 类香气成分的变异信息, 第二主成分的贡献率占总变异信息的 33.05%; 主要反映酚类和酮类 2 类香气成分的变异信息; 第三主成分的贡献率占总变异信息的 16.08%, 主要反映醇类、烃类的变异信息。载荷值主要反映的是各变量与主成分之间的相关系数, 从表 3 可知第一主成分与酯类、醛类成高度正相关关系, 与酸类成高度负相关关系; 第二主成分与酚类成高度的正相关性, 与酮类成正相关关

系；烃类、醇类是第三主成分的特征贡献因子，醇类与第三主成分成正相关关系，烃类与第三主成分成负相关。综合分析各成分作用的大小，可以认为酯类、醛类、酸类和酚类是影响红枣香气品质的主要成分。

表 3 主成分的特征向量与载荷矩阵  
Table 3 Principal component eigenvectors and loading matrix

| 香气成分           | 第一主成分   |         | 第二主成分   |         | 第三主成分   |         |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                | 特征向量    | 载荷      | 特征向量    | 载荷      | 特征向量    | 载荷      |
| X <sub>1</sub> | -0.4827 | -0.8917 | 0.2878  | 0.4378  | -0.0046 | -0.0049 |
| X <sub>2</sub> | 0.2680  | 0.4951  | -0.3992 | -0.6072 | -0.5672 | -0.6017 |
| X <sub>3</sub> | 0.4986  | 0.9211  | 0.2190  | 0.3331  | 0.1782  | 0.1890  |
| X <sub>4</sub> | 0.3537  | 0.6534  | 0.4848  | 0.7374  | -0.1376 | -0.1460 |
| X <sub>5</sub> | 0.1797  | 0.3320  | -0.2800 | -0.4259 | 0.7889  | 0.8369  |
| X <sub>6</sub> | 0.5377  | 0.9933  | 0.0253  | 0.0385  | -0.0601 | -0.0638 |
| X <sub>7</sub> | 0.0032  | 0.0059  | 0.6291  | 0.9569  | 0.0396  | 0.0420  |

注：X<sub>1</sub>为酸类；X<sub>2</sub>为烃类；X<sub>3</sub>为醛类；X<sub>4</sub>为酮类；X<sub>5</sub>为醇类；X<sub>6</sub>为酯类；X<sub>7</sub>为酚类。

### 2.2.2 评价模型的建立及红枣样品分析

由于主成分分析中前 3 个主成分已经反映了 7 个指标变量信息的 97.89%，各变量信息在 3 个主成分上的权重系数较高，所以前 3 个主成分基本可以反映红枣样品香气成分之间的相关关系，从而可用 Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub> 3 个新的综合指标代替原来的 7 个指标，对红枣样品进行分析，得红枣香气成分的线性关系式分别为：

$$Z_1 = -0.4827X_1 + 0.2680X_2 + 0.4986X_3 + 0.3537X_4 + 0.1797X_5 + 0.5377X_6 + 0.0032X_7$$

$$Z_2 = 0.2878X_1 - 0.3992X_2 + 0.2190X_3 + 0.4848X_4 - 0.2800X_5 + 0.0253X_6 + 0.6291X_7$$

$$Z_3 = -0.0046X_1 - 0.5672X_2 + 0.1782X_3 - 0.1376X_4 + 0.7889X_5 - 0.0601X_6 + 0.0396X_7$$

式中，Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub> 分别表示综合主成分值；X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、…，X<sub>7</sub> 分别表示 7 种香气成分的相对质量分数。

以第一、二、三主成分的方差贡献率  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$  作为权重，建立综合评价模型  $F = \alpha_1 \times Z_1 + \alpha_2 \times Z_2 + \alpha_3 \times Z_3$ ，计算综合评价指标的分值  $F$ （表 4）。可以看出，第一主成分得分最高的为 60℃ 干制的红枣样品，对照的得分与其接近，在第二主成分中 60℃ 干制的红枣得分远远高于其他样品，第三主成分得分最高的为 70℃ 干制的红枣样品。综合对照表 1 和表 3，可以看出主成分值可以客观反映各红枣样品之间香气成分含量和品质的比较。综合得分中以 60℃ 干制的红枣样品最高，为 1.367，自然阴干的红枣样品综合得分为最低，说明 60℃ 干制的红枣样品香气品质最好，自然阴干的红枣香气品质较差。5 种红枣样品的香气品质优劣顺序依次为 60℃、50℃、70℃、CK、阴干。研究表明红枣采收后采用热风干制可有效提高香气品质。

表 4 标准化后主成分得分

Table 4 Principal component scores after standardization

| 序号 | 样品  | Z <sub>1</sub> | Z <sub>2</sub> | Z <sub>3</sub> | F       | 排序 |
|----|-----|----------------|----------------|----------------|---------|----|
| 1  | 50℃ | 0.6341         | -0.5271        | 0.3352         | 0.1888  | 3  |
| 2  | 60℃ | 1.6516         | 2.2185         | -1.0659        | 1.3672  | 1  |
| 3  | 70℃ | -0.5835        | 0.9288         | 1.8706         | 0.3232  | 2  |
| 4  | 阴干  | -3.3154        | -0.2920        | -0.9086        | -1.8591 | 5  |
| 5  | CK  | 1.6132         | -2.3283        | -0.2313        | -0.0202 | 4  |

注：Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub> 分别为第一、二、三主成分评价指标的分值；F 为综合评价指标的分值。

质最好，自然阴干的红枣香气品质较差。5 种红枣样品的香气品质优劣顺序依次为 60℃、50℃、70℃、CK、阴干。研究表明红枣采收后采用热风干制可有效提高香气品质。

图 1 为各样品在前 3 个主成分得分值组成的三维空间图，各个点对应每一个检测样品检测值经降维的三维数据得分坐标位点。从各位点的相对距离可看出，热风干制（50℃、60℃、70℃）的 3 个样品位点比较集中，与自然阴干和糖心枣（CK）的位点形成 3 个区域，因此也可以通过香气成分的分析实现对干制条件的区分。

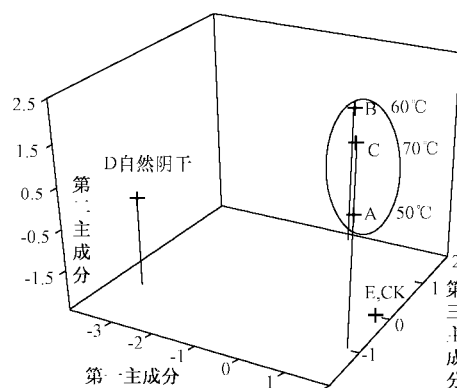


图 1 样品得分三维坐标图

Fig.1 Three-dimensional coordinate of samples score

### 3 结论

试验采用主成分分析法比较了不同条件干制红枣香气种类间的差异，并提取出了 3 组主成分，其累计方差贡献率达到 97.89%，基本能够反映原有酸类、烃类、醛类、酮类、醇类、酯类、酚类 7 个变量的所有信息。从作用度大小来看，酯类、醛类、酸类和酚类是影响红枣香气品质的主要成分。

主成分综合得分可有效判断红枣样品的香气品质，分析结果表明：1) 红枣采收后经人工热风干制有利于香气品质的提高；2) 60℃ 热风干制的红枣样品综合得分最高，优于 70℃ 和 50℃ 干制的红枣样品香气品质；3) 利用香气成分的主成分分析，也可实现对红枣干制条件的区分。

#### [参 考 文 献]

- [1] 姜远茂, 彭福田, 刘松忠, 等. 栽培草莓品种果实香气特性研究[J]. 分析测试学报, 2004, 23(2): 56-60.  
Jiang Yuanmao, Peng Futian, Liu Songzhong, et al. Characterization of the aroma of four cultivars of strawberry [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2004, 23(2): 56-60. (in Chinese with English abstract)
- [2] Maia Jose Guilherme S, Andrade Eloisa Helena A, da Silva Milton Helio L. Aroma volatiles of pequi fruit (Caryocar brasiliense Camb.) [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2008, 21(7): 574-576.
- [3] Kim J S, Chung H Y. GC-MS Analysis of the volatile components in dried boxthorn (Lycium chinensis) fruit [J]. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 2009, 52(5): 516-524.

- [4] Sunthonvit N, Srzednicki G, Craske J. Effects of drying treatments on the composition of volatile compounds in dried nectarines[J]. *Drying Technology*, 2007, 25(4/6): 877—881.
- [5] Boulanger R, Crouzet J. Changes of volatile compounds during heating of bacuri pulp[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, 49(12): 5911—5915.
- [6] Moshonas M G, Shaw P E. Quantitation of volatile constituents in mandarin juices and its use for comparison with orange juices by multivariate analysis [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1997, 45(10): 3968—3972.
- [7] Reid L M, O'Donnell C P, Downey G. Potential of SPME-GC and chemometrics to detect adulteration of soft fruit purees [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2004, 52(3): 421—427.
- [8] 黄海涛, 陈章玉, 施红林, 等. 茶叶香味扫描和挥发性化学成分分析[J]. *分析化学*, 2005, 33(8): 1185—1188.  
Huang Haitao, Chen Zhangyu, Shi Honglin, et al. Aroma scan and volatile chemical components analysis of tea samples[J]. *Journal of Analytical Chemistry*, 2005, 33(8): 1185—1188. (in Chinese with English abstract)
- [9] 宋江峰, 李大婧, 刘春泉, 等. 甜糯玉米软罐头主要挥发性物质主成分分析和聚类分析[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(10): 2122—2131.  
Song Jiangfeng, Li Dajing, Liu Chunquan, et al. Principal components analysis and cluster analysis of flavor compositions in waxy corn soft can[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(10): 2122—2131. (in Chinese with English abstract)
- [10] 闫忠心, 鲁周民, 刘坤, 等. 我国红枣资源加工利用研究现状与展望[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2010, 38(6): 102—108.  
Yan Zhongxin, Lu Zhoumin, Liu Kun, et al. The present situation and prospect of chinese jujube resource in processing and utilization[J]. *Journal of Northwest Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition*, 2010, 38(6): 102—108. (in Chinese with English abstract)
- [11] 穆启运, 陈锦屏, 张保善. 红枣挥发性芳香物的气相色谱-质谱分析[J]. *农业工程学报*, 1999, 15(3): 251—255.  
Mu Qiyun, Chen Jinping, Zhang Baoshan. Identification of volatile fragrant compounds of chinese dates by gas chromatography mass spectrometry(GC-MS) analysis[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 1999, 15(3): 251—255. (in Chinese with English abstract)
- [12] 回瑞华, 侯冬岩, 李铁纯. 酸枣果肉中挥发性化学成分的提取及分析[J]. *分析化学*, 2004, 32(3): 325—328.  
Hui Ruihua, Hou Dongyan, Li Tiechun. Extraction and analysis on volatile constituents of the fruit in *Zizyphus jujuba Mill*[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2004, 32(3): 325—328. (in Chinese with English abstract)
- [13] 任卓英, 朱海军, 倪朝敏, 等. 干红枣 ASE 提取物的 GC/MS 分析及其在卷烟中的应用[J]. *光谱实验室*, 2009, 26(3): 491—494.  
Ren Zhuoying, Zhu Haijun, Ni Chaomin, et al. GC/MS analysis of components in dried jujube extracted by ASE and its application in cigarettes[J]. *Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory*, 2009, 26(3): 491—494. (in Chinese with English abstract)
- [14] 鲁周民, 闫忠心, 刘坤, 等. 干制温度对红枣香气成分的影响[J]. *深圳大学学报理工版*, 2010, 27(4): 490—496.  
Lu Zhoumin, Yan Zhongxin, Liu Kun, et al. Effects of drying temperature on aroma components of chinese jujube [J]. *Journal of Shenzhen University Science and Engineering*, 2010, 27(4): 490—496. (in Chinese with English abstract)
- [15] 施钧慧, 汪聪慧. 香料质谱图集[M]. 北京: 中国质谱学会, 1992.
- [16] 袁志发, 周静芋. 多元统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

## Effects of drying conditions on Chinese jujube aroma components

Yan Zhongxin<sup>1</sup>, Lu Zhoumin<sup>2\*</sup>, Liu Kun<sup>1</sup>, Jiao Wenyue<sup>2</sup>, Zhao Jiaqi<sup>2</sup>

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, 712100, China;

2. College of Forestry, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, 712100, China)

**Abstract:** In order to explore the effects of drying technology on Chinese jujube aroma components. SPME/GC-MS (Solid phase micro-extraction coupled with gas chromatography mass spectrometry) techniques were applied to analyze aroma compounds of five treatments (50、60、70°C hot-air drying, natural drying and Tangxin jujube) qualitatively and quantitatively, and principal component analysis (PCA) was adopted to investigate the seven main aroma compounds form Chinese jujube. The results showed that aroma quality was strongly affected by esters, aldehydes, acids and phenol. Hot-air drying method could improve aroma quality effectively, and aroma quality of natural drying was the worst. Integrative scores of hot-air drying at 60°C were the highest and aroma quality was better than that at 50°C and 70°C. Evaluation of aroma quality and distinction of drying conditions were achieved with PCA method.

**Key words:** principal component analysis, quality control, agricultural products, Chinese jujube, aroma components, GC/MS analysis