

# 紫玉兰花干燥方法对其活性成分和抗氧化性的影响

李凤英\*, 刘素稳, 郭 朔

(河北科技师范学院食品科技学院, 河北昌黎 066600)

**摘 要:** 以紫玉兰 (*Magnolia liliflora* Desr) 花为材料, 采用晒干、阴干、热风干燥、微波干燥等不同的干燥方法进行处理, 探索其对紫玉兰花黄酮、多酚含量及抗氧化性的影响。结果表明: 不同干燥方法处理紫玉兰花, 干燥速度快慢顺序为: 微波干燥 > 热风干燥 > 晒干 > 阴干。阴干、900 W 微波干燥和 50 °C 热风干燥样品的黄酮、多酚含量及抗氧化性较高, 晒干处理对多酚、黄酮的分解损失最大, 抗氧化活性最低。DPPH·清除率与黄酮含量 ( $R^2 = 0.7300$ ) 和多酚含量 ( $R^2 = 0.6675$ ) 显著相关, 总还原力与多酚含量显著相关 ( $R^2 = 0.8234$ )。

**关键词:** 紫玉兰花; 干燥方法; 黄酮; 多酚; 抗氧化性

**中图分类号:** S 685.15

**文献标志码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2015) 06-1150-07

## Effects of Drying Methods on Chemical Composition and Antioxidant Activity of the Flowers of *Magnolia liliflora*

LI Feng-ying\*, LIU Su-wen, and GUO Shuo

(Department of Food Science & Technology, Hebei Normal University of Science & Technology, Changli, Hebei 066600, China)

**Abstract:** *Magnolia liliflora* was pretreated by four drying methods-shade drying, sun drying, hot-air drying and microwave drying which effect the flavonoids, polyphenols content and the antioxidant activity of *Magnolia liliflora* were investigated. The results showed that four drying methods had the different dehydration speed and drying time. Compared to the other drying methods, microwave drying could effectively reduced moisture. Drying rate was influenced by drying methods which followed the order: Microwave drying > hot-air drying > sun drying > shade drying. Addition, treatments of shade drying, microwave drying (900 W) and hot-air drying (50 °C) exhibited the higher values of flavonoids, polyphenols content and antioxidant activity. However, treatments of sun drying exhibited the lowest values of antioxidant activity because of the lower vaules of flavonoids and polyphenols content. DPPH· scavenging rate had significantly correlated with flavonoids and polyphenols content the correlation coefficient are  $R^2 = 0.7300$  and  $R^2 = 0.6675$ , respectively. Polyphenols content had significantly related with total reducing power ( $R^2 = 0.8234$ ).

**Key words:** *Magnolia liliflora*; drying method; flavonoids; polyphenols; antioxidant activity

收稿日期: 2015-02-05; 修回日期: 2015-04-30

基金项目: 河北省高等学校科学技术研究重点项目 (ZD2014097)

\* E-mail: lfysjyszl@163.com

紫玉兰 (*Magnolia liliflora* Desr) 又名木兰、辛夷, 属木兰科木兰属落叶灌木, 主要分布在中国浙江、安徽、山西、湖南、湖北、贵州、广东等省, 是重要的园林绿化和传统中药材及香精原料树种, 在中国有 2 000 多年的栽培与药用历史。文献报道紫玉兰主要含萜类、黄酮类、木脂素类以及多种微量元素, 其在中医临床应用较多, 具有抗炎、抗过敏、抗血小板、抗微生物、降压、局部收敛和麻醉的药理作用等, 主治风寒头痛、鼻塞、鼻渊、鼻流浊涕等症 (黄洁和严道南, 2009; 杨青山和周建理, 2010)。药理实验表明紫玉兰花蕾的醇提物具有明显扩张血管, 降压作用及对血小板聚集及血栓形成起抑制作用。

大多数食用花卉的收获期较集中, 有些为一次性收获, 采后很难贮存, 通常需要干燥后药用和加工。传统的干燥方法是自然干燥和烘干, 近年来微波干燥、冷冻干燥、真空干燥等新技术得以应用。对花卉的研究主要集中在干燥方法对其色泽 (侯爽爽, 2011; 杨玉明 等, 2011; 应震 等, 2014)、香气成分 (夏娜 等, 2013)、形状 (李宁 等, 2012)、营养成分 (彭菊艳, 2006; 覃珊, 2011; 张蕊, 2011) 等影响方面。干燥方法对活性成分 (肖苏萍 等, 2013) 和抗氧化活性 (郭兴峰 等, 2010) 的影响研究近来引起了人们的重视。本研究中以紫玉兰花为材料, 采用不同干燥方式进行处理, 通过测定总还原力、DPPH-清除率和羟基自由基清除率等抗氧化指标和黄酮、多酚类物质的含量, 探讨干燥方式对紫玉兰花活性成分及抗氧化性的影响, 为紫玉兰花干燥方法的选择提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及其处理

于 2013 年 4 月晴天上午 9:00 时前采集河北科技师范学院昌黎校区院内刚绽放的紫玉兰 (*Magnolia liliflora* Desr) 花, 去除病虫花、畸形花及花蕊, 花瓣经干燥、粉碎、过 40 目筛后置于干燥器中备用。

准确称取 0.5000 g 紫玉兰花瓣粉末, 加入体积分数 60% 乙醇 25 mL 作为提取溶剂, ( $70 \pm 1$ ) °C 恒温水浴提取 100 min (每 25 min 摇匀 1 次), 过滤定容至 50 mL 容量瓶中, 得到样品溶液备用。

将采集的新鲜紫玉兰花瓣采用 4 种不同的干燥方法处理。(1) 在阳光下晒干; (2) 在室内通风避光处阴干; (3) 于烘箱中分别采用 50、60、70 和 80 °C 热风干燥; (4) 于微波炉内分别采用 540、720 和 900 W 间歇式干燥, 均至水分含量降至恒定。每一处理重复 3 次, 每次重复 50 g 新鲜花瓣。

### 1.2 测定指标及其测定方法

在花瓣干燥处理过程中定期称质量, 计算物料湿基的含水率, 湿基含水率 (%) =  $[(t \text{ 时刻的质量} - \text{干燥后的质量}) / t \text{ 时刻的质量}] \times 100$ 。

黄酮采用  $\text{NaNO}_2 - \text{Al}(\text{NO}_3)_3 - \text{NaOH}$  显色体系进行显色分析, 以芦丁为对照测定黄酮含量 (郭兴峰 等, 2010)。以芦丁浓度为  $x$ , 吸光度值为  $y$  进行回归分析, 求得回归方程:  $y = 9.8061x + 0.0082$ ,  $R^2 = 0.9998$ , 根据回归方程计算所测样品的黄酮含量 ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )。

多酚含量采用酒石酸亚铁比色法测定, 以没食子酸为对照 (杨玉明 等, 2011)。以没食子酸浓度为  $x$  值, 吸光度为  $y$  值进行回归分析, 求得回归方程:  $y = 12.202x - 0.0008$ ;  $R^2 = 0.9951$ , 根据回归方程计算所测样品中多酚含量 ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )。

总还原力采用 Liang 等 (2009) 的方法, 略有改动。取 1 mL 提取液, 用 60% 乙醇补足至 5 mL, 然后加入 0.75 mL 磷酸缓冲液 ( $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , pH 6.6) 及 0.75 mL 质量分数 1% 的铁氰化钾溶液, 于

50 °C 保温 10 min, 快速冷却, 再加入 0.75 mL 10% 三氯乙酸溶液, 以 4 000 r · min<sup>-1</sup> 离心 10 min, 取上清液 1 mL, 依次加入 4 mL 蒸馏水、0.5 mL 0.1% 三氯化铁溶液振荡摇匀, 静置 10 min 后在 700 nm 下测其吸光值。

在同一具塞试管中加入 4 mL DPPH·溶液 (0.04 mg · mL<sup>-1</sup>)、样品溶液 1 mL, 摇匀, 常温避光静置 30 min, 以 60% 乙醇为参比在 517 nm 处测量吸光度 A<sub>样品</sub>。用 60% 乙醇代替提取液, 测定对照吸光度 A<sub>对照</sub>。样品对 DPPH·的清除率 E (%) = (1 - A<sub>样品</sub>/A<sub>对照</sub>) × 100。

·OH 清除率采用邻二氮菲 - Fe<sup>2+</sup> 氧化法测定: 准确量取 4 mL 0.2 mol · L<sup>-1</sup> 磷酸缓冲溶液 (pH 7.4), 1.5 mL 5 mmol · L<sup>-1</sup> 邻二氮菲, 1 mL 7.5 mol · L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub> 和 2 mL 蒸馏水于试管中, 混匀作未损伤管, 置于 37 °C 水浴反应 60 min, 在波长 536 nm 处测其吸光度值 A<sub>未损</sub>; 损伤管用 1 mL 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 代替 1 mL 蒸馏水, 其余同未损伤管, 测定吸光度值 A<sub>损</sub>; 样品管用 1 mL 样液和 1 mL 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 代替 2 mL 蒸馏水, 其余同未损伤管测定吸光度值 A<sub>样</sub>。·OH 清除率 (%) = (A<sub>样</sub> - A<sub>损</sub>) / (A<sub>未损</sub> - A<sub>损</sub>) × 100。

## 2 结果与分析

### 2.1 干燥速度的比较

样品含水率下降的速度反映了各处理的干燥速度。由图 1, A ~ C 可知, 紫玉兰花瓣干燥速度快慢顺序为: 微波干燥 > 热风干燥 > 晒干 > 阴干。微波干燥处理随着微波功率的升高, 干燥速度加快, 干燥至恒定质量的时间, 900 W 处理需 8 min, 720 W 处理需 12 min, 540 W 处理需 18 min。热风干燥处理表现为随着干燥温度的升高干燥速度加快, 干燥至恒定质量 80 °C 需 90 min, 70 °C 下需 120 min, 60 °C 需 180 min, 50 °C 需 240 min。晒干处理需要 6 d, 阴干处理需要 9 d。

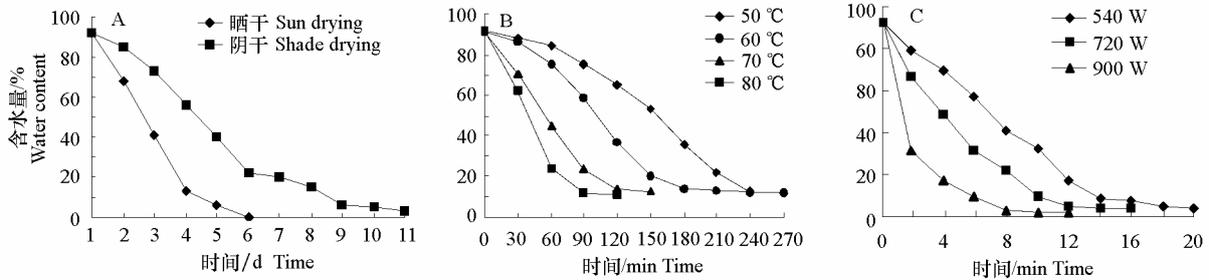


图 1 晒干与阴干 (A)、热风 (B) 和微波 (C) 干燥的干燥曲线

Fig. 1 The drying curve of sun drying and shade drying (A), hot-air drying (B) and microwave drying (C)

### 2.2 不同干燥方法对多酚和黄酮含量的影响

由图 2, A 可知, 不同的干燥方法对紫玉兰干燥样品的多酚含量影响较大。4 种干燥方法中, 阴干处理后多酚含量最高, 为 40.36 mg · g<sup>-1</sup>, 其次为微波干燥和热风干燥, 晒干处理后多酚含量最低, 仅为 19.36 mg · g<sup>-1</sup>, 和阴干相比多酚损失率增加 1 倍以上; 热风干燥随着干燥温度的升高, 多酚含量显著下降。统计分析表明, 除微波干燥不同功率之间差异不显著外, 其它处理之间差异达显著水平 ( $P < 0.05$ )。

由图 2, B 可知, 黄酮含量以 50 °C 热风干燥处理最高, 为 32.07 mg · g<sup>-1</sup>, 晒干处理黄酮含量最低, 仅为 19.32 mg · g<sup>-1</sup>。上述结果表明光照对多酚和黄酮类物质的破坏损失较大。为最大限度的保存样品中的多酚和黄酮含量, 最好采用阴干、微波干燥和低温热风干燥。

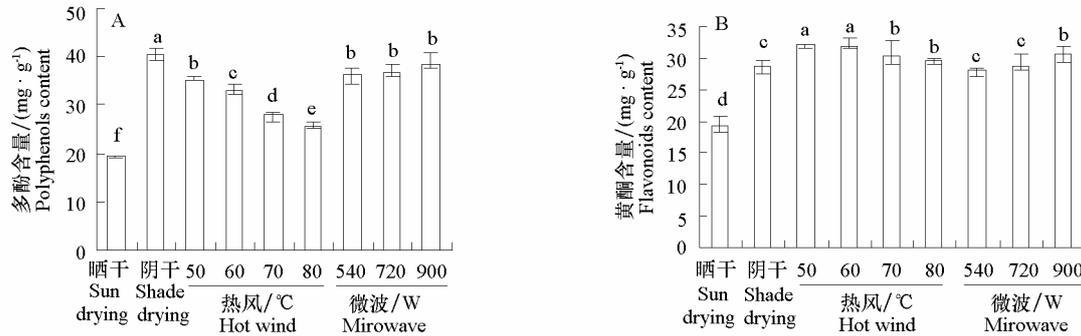


图 2 不同干燥方法多酚 (A) 和黄酮 (B) 含量的比较

Fig. 2 The graph of polyphenols content (A) and flavonoids content (B) with different drying methods

### 2.3 不同干燥方法对抗氧化性的影响

抗氧化剂是通过自身的还原作用给出电子而清除自由基, 还原力越强, 抗氧化性越强。如图 3 所示, 总还原力大小顺序为: 微波干燥 > 阴干 > 热风干燥 > 晒干, 即微波干燥的样品抗氧化活性最强; 随着微波功率的增大, 抗氧化活性呈增加趋势; 热风干燥随着热风温度的升高, 抗氧化活性呈下降趋势。

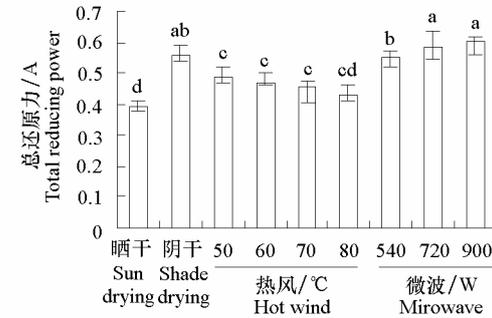


图 3 不同干燥方法总还原力比较

Fig. 3 The graph of total reducing power with different drying methods

DPPH·在有机溶剂中是一种稳定的自由基, 在 517 nm 附近有强吸收 (呈深紫色)。而当有自由基清除剂存在时, DPPH·的孤对电子被配对, 其 517 nm 吸收消失或减弱, 通过测定吸收减弱的程度, 可评价自由基清除剂的活性。如图 4, A 所示, 不同干燥方式处理的紫玉兰花 DPPH·清除率存在一定差异, 其中 900 W 微波干燥和 50 °C 热风干燥 DPPH·清除率较高, 分别为 45.69% 和 45.52%, 晒干处理最低, 仅为 31.18%; DPPH·清除率也表现出随着干燥温度的升高而下降, 随着微波功率的增大而增强的趋势。如图 4, B 所示, 50 °C 热风干燥羟基清除率最高为 13.63%, 其次为阴干、60 °C 热风干燥和 900 W 微波干燥, 分别为 11.89%、11.79% 和 10.49%, 三者之间没有显著性差异, 80 °C 热风干燥的羟基清除率最低。

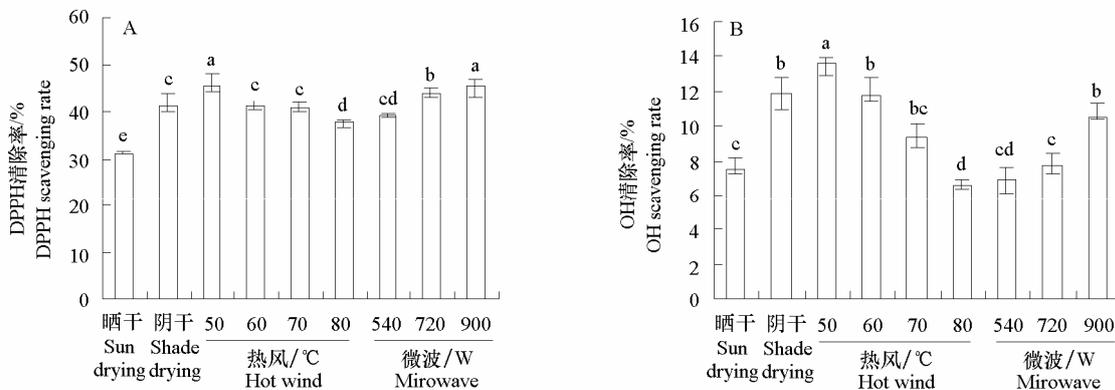


图 4 不同干燥方法 DPPH· 清除率 (A) 和 ·OH 清除率 (B) 的比较

Fig. 4 The graph of DPPH· scavenging rate (A) and ·OH radical scavenging rate (B) with different drying methods

## 2.4 抗氧化性与黄酮、多酚含量的相关性

以紫玉兰花的 3 种抗氧化指标 (y) 为因变量, 以黄酮含量和多酚含量为自变量作多元线性回归分析, 研究紫玉兰花的抗氧化活性与黄酮、多酚含量的相关性。

DPPH·清除率与黄酮含量显著正相关 (图 5), 总还原力和羟基清除率与黄酮含量的相关性不显著。

由图 6 可知, 总还原力、DPPH·清除率与多酚含量相关性显著, 相关系数分别为 0.8234 和 0.6675。

羟基清除率与多酚含量相关性不显著。

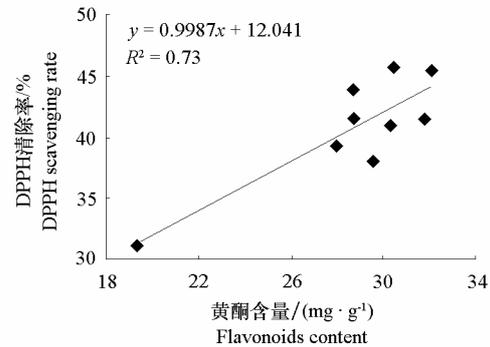


图 5 DPPH·清除率与黄酮含量的相关性

Fig. 5 The relevant of DPPH· scavenging rate and flavonoids content

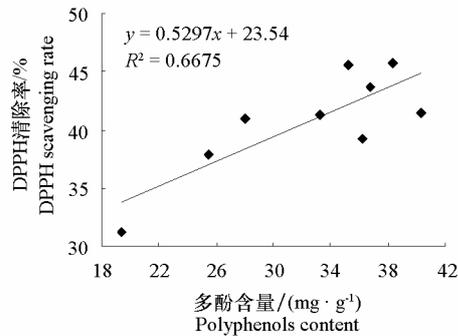
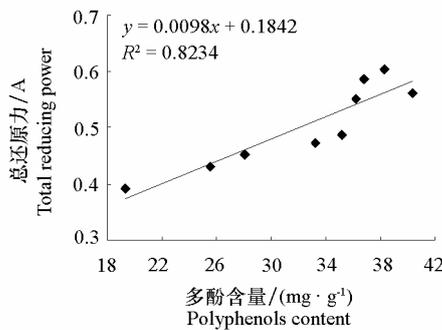


图 6 总还原力、DPPH·清除率与多酚含量相关性

Fig. 6 The relevant of total reducing power, DPPH· scavenging rate and polyphenols content

## 3 讨论

鲜花干燥过程中, 干燥速度对产品的品质有决定作用, 而干燥方法与干燥速度密切相关 (李明亮, 2014)。本试验中紫玉兰花干燥快慢顺序为: 微波干燥 > 热风干燥 > 晒干 > 阴干。传统的干燥方法设备简单、操作简便、费用低, 但干燥时间长, 微波的穿透性强, 干燥速度快。

不同的干燥方法对紫玉兰花活性物质的含量和抗氧化活性均有较大的影响, 阴干、900 W 微波干燥和 50 °C 热风干燥的样品多酚和黄酮类物质含量较高, 抗氧化活性较强, 晒干处理最低。不同干燥方式样品多酚含量呈现较大差异, 可能与干燥过程中多酚氧化酶 (PPO) 的作用及作用时间两个因素有关 (尚红梅 等, 2015)。王宏 (2006) 的研究表明, 多酚氧化酶的最适宜温度为 35 °C, 其活性随温度的升高而逐渐下降, 温度较高时其活性受到抑制, 高于 80 °C 时会变性失活。多酚、黄酮类化合物对温度比较敏感, 高温条件下会大量损失, 但短时间的高温处理对其影响较小 (Pan et al., 2003)。微波和低温 (50 °C) 热风干燥由于 PPO 的活性、温度和时间共同作用, 使样品多酚、黄酮物质损失减少, 这与微波干燥能最大程度地保存薄荷中的多酚和总黄酮 (吕爽 等, 2012)、黄芩花中的药效成分 (肖苏萍 等, 2013)、金银花中的绿原酸和黄酮含量 (霍文杰 等, 2013) 的结果相同。阴干过程中, PPO 始终保持一定活性, 植物体内的多酚氧化酶能氧化多酚类物质形成醌类

聚合物, 减少植物中多酚类物质的含量, 从而降低抗氧化等生物活性 (Cheng et al., 2011), 黄芩叶 (何春年 等, 2012)、菊苣 (尚红梅 等, 2015) 自然阴干的多酚、黄酮含量最低, 证实了上述结论。但本研究中阴干和微波干燥效果相当, 与金银花 (孙洁, 2014) 阴干条件下活性成分含量最高的结论相同, 这可能与不同植物以及植物不同器官细胞结构、酶的活性存在差异有关。黄酮属于多酚类化合物, 试验中 80 °C 热风干燥的样品黄酮含量高于多酚含量可能是试验误差导致, 这有待于以后试验进一步验证。

本试验结果显示紫玉兰花多酚和黄酮含量与 DPPH·清除率相关性显著, 黄酮含量与 DPPH·清除率相关性显著, 而多酚、黄酮含量与羟基清除率之间没有相关性。原因可能与紫玉兰花中多酚、黄酮类物质的结构有关, 不同种类化合物对不同体系的抗氧化作用可能不同, 对不同自由基和不同组织的作用存在一定的选择性 (林启寿, 1977)。植物提取物中除多酚、黄酮外, 还有维生素、生物碱、皂苷、多糖、活性肽等成分具有抗氧化作用 (谭楹新 等, 2010)。关于紫玉兰花中所含多酚和黄酮类化合物的种类、结构、其它抗氧化成分与抗氧化活性之间的关系还有待进一步研究。

## References

- Cheng X F, Zhang Hangm, Adhikarib. 2011. The inactivation kinetics of polyphenol oxidase in mushroom (*Agaricus bisporus*) during thermal and thermostonic treatments. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20 (2): 674 - 679.
- Guo Xing-feng, Fu Mao-run, Du Jin-hua, Wang Xiao. 2010. Effects of different drying methods on antioxidant activity and chemical composition of the petals of *Nelumbo nucifera*. *Food and Fermentation Industry*, 36 (2): 145 - 149. (in Chinese)
- 郭兴峰, 傅茂润, 杜金华, 王 晓. 2010. 不同干燥方法对荷花花瓣抗氧化活性和化学成分的影响. *食品与发酵工业*, 36 (2): 145 - 149.
- He Chun-nian, Xiao Su-ping, Ting Zhuang, Zeng Yan, Zhao Run-huai, Peng Yong, Xiao Pei-gen. 2012. The effect of different drying methods on contents of flavonoids of *Scutellaria baicalensis* Georgi leaves. *Modern Chinese Medicine*, 14 (12): 31 - 35. (in Chinese)
- 何春年, 肖苏萍, 田 壮, 曾 燕, 赵润怀, 彭 勇, 肖培根. 2012. 不同干燥方法对黄芩叶中黄酮类成分的影响研究. *中国现代中药*, 14 (12): 31 - 35.
- Hou Shuang-shuang. 2011. Research on mechanism of honeysuckle color degeneration in hot air drying and the rejection[M. D. Dissertation]. Changsha: Hunan University of Science and Technology. (in Chinese)
- 侯爽爽. 2011. 金银花热风干燥过程中颜色劣变机理及抑制研究[硕士论文]. 长沙: 湖南科技大学.
- Huang Jie, Yan Dao-nan. 2009. Effect on the treatment of nasal disease by *Magnolia* flower. *Journal of Prcatical Traditional Chinese Medicing*, 25 (2): 125. (in Chinese)
- 黄 洁, 严道南. 2009. 辛夷在鼻病治疗中的作用. *实用中医药杂志*, 25 (2): 125.
- Huo Wen-jie, Li Wei-min, Gao Ying. 2013. Influence of drying methods on chlorogenic acid, galuteolin and total flavonoids content in *Flos loniceræ*. *Journal of Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine*, 30 (5): 737 - 741. (in Chinese)
- 霍文杰, 李卫民, 高 英. 2013. 干燥方法对金银花中绿原酸、木犀草苷及总黄酮含量的影响. *广州中医药大学学报*, 30 (5): 737 - 741.
- Li Ming-liang. 2014. Study on varying patterns of flavonoids of *Lycium barbarum* L. during drying and its antioxidant activities[M. D. Dissertation]. Yinchuan: Ningxia University. (in Chinese)
- 李明亮. 2014. 枸杞干制中黄酮类化合物变化规律及其抗氧化活性研究[硕士论文]. 银川: 宁夏大学.
- Li Ning, Wang Jian-ping, Zhang Chao-hui. 2012. Comparison of the effect of the drying methods on the quality of jasmine flower. *Food Engineering*, (3): 41 - 44, 49. (in Chinese)
- 李 宁, 王建平, 章朝晖. 2012. 不同干燥方法对茉莉花品质影响分析. *食品工程*, (3): 41 - 44, 49.
- Liang C H, Syu J L, Mau J L. 2009. Antioxidant properties of solid state fermented ad lay and rice by *Phellinus linteus*. *Food Chemistry*, 116 (4): 841 - 845.
- Lin Qi-shou. 1977. The chemical components in Chinese medicinal herbs. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- 林启寿. 1977. 中草药成分化学. 北京: 科学出版社.

- Lü Shuang, Tian Cheng-rui, Shi Hui. 2012. The effect on the content of polyphenol, total flavonoids and antioxidant activity in mint of different drying method. *Food and Fermentation Industries*, 38 (5): 112 - 116. (in Chinese)  
吕爽, 田呈瑞, 石慧. 2012. 不同干燥方法对薄荷多酚、总黄酮及抗氧化性的影响. *食品与发酵工业*, 38 (5): 112 - 116.
- Pan Xuejun, Niu Guoguang, Liu Huizhou. 2003. Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tealeaves. *Chemical Engineering and Processing*, 42 (2): 129 - 133.
- Peng Ju-yan. 2006. Effects of harvesting time and rocessing methods on the quality of *Flos lonicerae* [M. D. Dissertation]. Yangling: Northwest A & F University. (in Chinese)  
彭菊艳. 2006. 采收时间和加工方法对金银花品质的影响 [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学.
- Qin Shan. 2011. The effectes of postharvest processing, collecting time and different inflorescence parts on the quality of chrysanthemum [M. D. Dissertation]. Jinan: Shandong University. (in Chinese)  
覃珊. 2011. 产后加工、采收期和花序不同部位对菊花质量影响的研究 [硕士学位论文]. 济南: 山东大学.
- Shang Hong-mei, Guo Wei, Pan Dan, Yang Zhong-fu1, Ma Pei-dong, Wu Cheng-yang, Wang Xue-zhao. 2015. Effect of drying methods on polyphenol content and antioxidant activities of chicory root. *Food Science*, 36 (1): 84 - 88. (in Chinese)  
尚红梅, 郭玮, 潘丹, 杨忠富, 马培东, 吴成扬, 王雪昭. 2015. 干燥方式对菊苣根多酚含量和抗氧化活性的影响. *食品科学*, 36 (1): 84 - 88.
- Sun Jie. 2014. The correlation of the enzyme and active ingredients during the drying process of *Flos lonicerae* [M. D. Dissertation]. Tai'an: Shandong Agricultural University. (in Chinese)  
孙洁. 2014. 金银花干燥过程与酶及活性成分的相关性研究 [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学.
- Tan Pin-xin, Ye Tao, Liu Xiang-xin, He Jian-hua. 2010. Research advances in antioxidant composition of botanical extracts and their action mechanisms. *Food Science*, 31 (15): 288 - 292. (in Chinese)  
谭焜新, 叶涛, 刘湘新, 贺建华. 2010. 植物提取物抗氧化成分及机理研究进展. *食品科学*, 31 (15): 288 - 292.
- Wang Hong. 2006. Extraction, separation and in vitro antioxidative effects of polyphenols in apple pomace [M. D. Dissertation]. Xi'an: Shaanxi Normal University. (in Chinese)  
王宏. 2006. 苹果渣中多酚物质的提取、分离及其抗氧化活性研究 [硕士学位论文]. 西安: 陕西师范大学.
- Xia Na, Reyangu-Abula, Munire-Abudukelim. 2013. Study on the change of aroma compounds in hops with different drying methods. *Science and Technology of Food Industry*, 34 (18): 155 - 159. (in Chinese)  
夏娜, 热阳古·阿布拉, 木尼热·阿不都克里木. 2013. 不同干燥方式下啤酒花香气成分变化的比较研究. *食品工艺科技*, 34 (18): 155 - 159.
- Xiao Su-ping, He Chun-nian, Zeng Yan. 2013. Effects of different drying methods and harvesting time on content of flavonoids from flowers of *Scutellaria baicalensis*. *Modern Chinese Medicine*, 15 (11): 975 - 980. (in Chinese)  
肖苏萍, 何春年, 曾燕. 2013. 干燥方法与采收期对黄芩花中黄酮类化学成分的影响. *中国现代中药*, 15 (11): 975 - 980.
- Yang Qing-shan, Zhou Jian-li. 2010. Research of pharmacognosy of magnolia flower in traditional Chinese medicine. *Journal of Anhui Traditional Chinese Medical College*, 29 (5): 78 - 80. (in Chinese)  
杨青山, 周建理. 2010. 中药辛夷的生药学研究概况. *安徽中医学院学报*, 29 (5): 78 - 80.
- Yang Yu-ming, Wang Min-hong, Huang A-gen. 2011. Study on hot air drying technology of tea plant flower. *Journal of Yangzhou University: Agricultural and Life Science Edition*, 32 (2): 81 - 84. (in Chinese)  
杨玉明, 王敏红, 黄阿根. 2011. 茶树花热风干燥工艺研究. *扬州大学学报: 农业与生命科学版*, 32 (2): 81 - 84.
- Ying Zhen, Han Qin, Yu Yong-jie, Ni Sui. 2014. Research: Drying fresh flowers of Sect. *Theopopsis*. *Journal of Ningbo University: NSEE*, 27 (3): 18 - 22. (in Chinese)  
应震, 韩琴, 于勇杰, 倪穗. 2014. 连蕊茶花的干燥工艺研究. *宁波大学学报: 理工版*, 27 (3): 18 - 22.
- Zhang Rui. 2011. The effect of diffrent drying conditions on the quality of hops [M. D. Dissertation]. Lanzhou: Gansu Agricultural University. (in Chinese)  
张蕊. 2011. 不同干燥条件对啤酒花品质的影响 [硕士学位论文]. 兰州: 甘肃农业大学.