

冯 静,刘 伟,刘田园,等. 不同干燥条件对全栝楼外观品质的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(4):146-151.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.04.028

# 不同干燥条件对全栝楼外观品质的影响

冯 静<sup>1,2</sup>, 刘 伟<sup>1</sup>, 刘田园<sup>1</sup>, 卢 恒<sup>1</sup>, 王 晓<sup>1</sup>, 刘孟建<sup>3</sup>, 崔 莉<sup>1</sup>

[1. 齐鲁工业大学(山东省科学院)/山东省分析测试中心/山东省中药质量控制技术重点实验室, 山东济南 250014;

2. 山东中医药大学, 山东济南 250355; 3. 济南禾宝中药材有限公司, 山东济南 271100]

**摘要:**通过对栝楼干燥过程中干燥特性与色差值的测定,考察不同干燥条件(晾干、晒干、40℃热风干燥、60℃热风干燥、80℃热风干燥)对全栝楼外观品质的影响。结果表明,热风干燥比传统自然干燥明显提高了栝楼干燥效率;低温热风干燥与传统自然干燥的全栝楼色泽在其赤道上部没有显著性差异,赤道下部存在显著性差异,高温热风干燥与传统自然干燥的栝楼在色泽上存在着显著性差异,但是60℃与80℃热风干燥的全栝楼在色泽上没有显著性差异。因此,可根据产品要求选择合适的热风干燥温度,以提高栝楼药材的产量和质量。一般在综合考虑商品外观和生产效率的情况下可选择60℃热风干燥方式,如想获得与传统晾晒相似的外观品质,可采用40℃低温热风干燥方式。

**关键词:**热风干燥;栝楼;温度;外观品质;自然晾晒

**中图分类号:** R282.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)04-0146-06

栝楼为葫芦科植物栝楼(*Trichosanthes kirilowii* Maxim.)或双边栝楼(*T. rosthornii* Harms)的干燥成熟果实,具有宽胸散结、润燥滑肠、清热涤痰的作用<sup>[1]</sup>,主要用于治疗肺热咳嗽、痰浊黄稠、胸痹心痛、结胸痞满、乳痈、肺痈、肠痈等<sup>[2]</sup>。栝楼的果实、果皮、果仁(籽)、根茎均可入药<sup>[3]</sup>。全栝楼的传统干燥方式为深秋新鲜果实变为淡黄时采收,采收后

多由产地加工,将成熟果实连果梗剪下,置于通风处阴干<sup>[4]</sup>,但在自然晾干过程中因其个大、果皮厚、含糖分高、水分多等特点,大约需要半年时间才可晾干<sup>[5]</sup>,效率低,受气候影响较大,长时间吊挂极易造成果实下部表皮变黑,且易引起栝楼产生霉变腐烂、遭受虫害,造成产品质量和产量下降。

热风干燥作为目前常用的产品干燥加工方法,因其操作简单,成本低,对环境、场地、设备、技术等要求不高,得到广泛使用<sup>[6-8]</sup>,已有报道采用烘箱烘干、煤炉烘烤法等方式进行全栝楼的干燥<sup>[5]</sup>,目前对栝楼干品的品质主要从感官、物理特性、化学成分及药理活性<sup>[9-12]</sup>等方面进行评价分析,对过程的理论研究及数据化表征较少。在产品干燥加工过程中,可以通过干燥速率、水分比等干燥参数对干

收稿日期:2020-05-01

基金项目:山东省重点研发计划(编号:2019GSF108035、2017CXGC1304);济南市农业应用技术创新计划(编号:201913)。

作者简介:冯 静(1994—),女,山东济南人,硕士研究生,从事中药资源及其质量控制研究。E-mail:1002612221@qq.com。

通信作者:崔 莉,博士,副研究员,从事药食两用资源开发研究。E-mail:cuili0617@163.com。

[5]田密霞,胡文忠,姜爱丽,等. 海藻酸钠复合涂膜对鲜切皇冠梨软化生理的影响[J]. 食品研究与开发,2009,30(9):165-168.

[6]舒康云,陶永元,徐成东,等. 一种可食性涂膜保鲜液对樱桃保鲜效果的影响[J]. 北方园艺,2013(23):137-140.

[7]余小领,周光宏,李学斌. 海藻酸钠被膜及其在食品加工中的应用[J]. 食品研究与开发,2009,30(9):181-184.

[8]陈 玲. 海藻酸钠涂膜鸡蛋的保鲜效果[J]. 食品安全导刊,2017(6):147-149.

[9]任玉锋,马玉贤. 海藻酸钠涂膜对灵武长枣低温保鲜效果的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(15):7175-7176,7213.

[10]张述伟,宗营杰,方春燕,等. 蒽酮比色法快速测定大麦叶片中可溶性糖含量的优化[J]. 食品研究与开发,2020,41(7):196-200.

[11]曲春香,沈颂东,王雪峰,等. 用考马斯亮蓝测定植物粗提液中可溶性蛋白质含量方法的研究[J]. 苏州大学学报(自然科学版),2006,22(2):82-85.

[12]王源秀,何佳佳,方 丹,等. 常见果蔬维生素C含量测定方法筛选研究[J]. 安徽农学通报,2015,21(18):20-22,77.

[13]刘战丽,王相友,朱继英,等. 高氧气调贮藏下双孢蘑菇品质和抗性物质变化[J]. 农业工程学报,2010,26(5):362-366.

[14]杜鹏飞,杨国慧. 树莓果实维生素C含量测定方法的研究[J]. 东北农业大学学报,2009,40(2):31-33.

[15]陈妮娜,曾稍俏. 柚皮果胶-海藻酸钠可食复合膜对草莓的保鲜[J]. 食品科技,2017,42(3):60-64.

[16]祝美云,林顺顺. 海藻酸钠复合膜对鲜切贡梨贮藏品质的影响[J]. 食品与机械,2009,25(6):37-39,74.

燥过程进行表征<sup>[13]</sup>。色泽也是评价干燥产品品质的重要指标之一,可以直接影响产品的商品价值<sup>[14-16]</sup>。因此,本研究比较热风干燥与传统干燥方式对栝楼干燥特性和色泽的影响,对干燥过程进行数据表征分析,拟探讨较优的栝楼干燥加工条件,以提高生产效率,同时避免腐烂变质及虫害,进而提高产品的质量和产量。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

采用山东省济南市平阴县产栝楼,样品经山东中医药大学李佳教授鉴定,为葫芦科植物栝楼(*T. kirilowii* Maxim.)的干燥成熟果实。

### 1.2 仪器

HF881-2 型烘箱,购自吴江华飞电热设备有限公司;BAS124S 万分之一天平,购自赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;NH310 色差仪,购自深圳市三恩时科技有限公司。

### 1.3 试验方法

试验于 2018 年 11 月至 2019 年 3 月在山东省分析测试中心进行。选取大小相似、成熟度相近的 40 个栝楼,并对每个栝楼进行编号标记,随机分成 5 组,每组 8 个,分别采用 5 种不同的方式进行干燥试验:40 ℃ 热风干燥、60 ℃ 热风干燥、80 ℃ 热风干燥、常温晒干、常温晾干。模拟栝楼生产中自然晾干方式,取短绳系住栝楼柄,悬空吊挂进行干燥。

热风干燥过程采用间歇式干燥,每 12 h 取出,在室温下晾 12 h,后继续热风干燥,以防持续高温造成栝楼底部开裂,致使内容物流出,每 12 h 进行 1 次质量和色差值的测量,质量测定采用天平称质量法,色差值采用色差仪测定,分别随机选取赤道线以上 3 个点和赤道线以下 3 个点标记进行色差测定。干燥终点依据传统经验,以果皮红棕色,干脆,手摇内容物晃动,果瓢失水与种子紧贴成团为度<sup>[5]</sup>,每次试验做 3 次平行,取均值。

### 1.4 参数测定

1.4.1 干基含水率 栝楼干燥过程的干燥曲线采用干基含水率随干燥时间变化的曲线表示,不同时刻( $t$ )的干基含水率( $M_t$ )是用来表示在一定干燥条件下栝楼的水分与干物质质量之比<sup>[17-19]</sup>。

$$M_t = \frac{m_t - m_e}{m_e}$$

式中: $m_t$  为任意时刻栝楼的质量(g); $m_e$  为干物质

质量(g)。干物质质量采用 105 ℃ 恒质量法测定。

1.4.2 水分比 水分比(moisture ratio,  $M_R$ )可以反映物料干燥速率的快慢,还可用来表示干燥过程中物料有多少水分未被干燥去除,即栝楼在不同时刻的含水量<sup>[20-21]</sup>。

$$M_R = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e}$$

式中: $M_t$  为干燥至  $t$  时刻的干基含水率(g/g); $M_0$  为初始干基含水率(g/g); $M_e$  为干燥至平衡时的干基含水率(g/g)。由于平衡干基含水率  $M_e$  远小于  $M_0$  和  $M_t$ ,上述公式可简化为

$$M_R = \frac{M_t}{M_0}$$

1.4.3 色泽的测定 采用色彩色差仪测定全栝楼表面的色泽,用  $\Delta L$ 、 $\Delta a$ 、 $\Delta b$ 、 $\Delta E$  代表被测样品的色泽( $L$ 、 $a$ 、 $b$ )与标准样的色差值。 $L$  值表示亮度, + 表示偏白, - 表示偏暗。 $\Delta L = L_{\text{测试样}} - L_{\text{标准样}}$ ,  $\Delta L$  为正,说明测试样比标准样浅(偏白); $\Delta L$  为负,说明测试样比标准样深(偏黑)。 $a$  值表示红绿, + 表示偏红, - 表示偏暗绿。 $\Delta a = a_{\text{测试样}} - a_{\text{标准样}}$ ,  $\Delta a$  为正,说明测试样比标准样红(偏红); $\Delta a$  为负,说明测试样比标准样绿(偏绿)。 $b$  值表示黄蓝, + 表示偏黄, - 表示偏蓝。 $\Delta b = b_{\text{测试样}} - b_{\text{标准样}}$ ,  $\Delta b$  为正,说明测试样比标准样黄(偏黄); $\Delta b$  为负,说明测试样比标准样蓝(偏蓝)<sup>[22]</sup>。以干燥前的样品为标准样进行测定。

$\Delta E$  为色差综合评定指标,值越大说明色差越大。 $\Delta E$  计算方法<sup>[23]</sup>如下:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

### 1.5 数据处理分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 软件进行数据整理与分析,用 Origin 9.0 软件进行绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同干燥方式对全栝楼干燥特性的影响

热风干燥以热空气为干燥介质,使栝楼内部和表面之间产生水分梯度差从而影响干燥速度。不同干燥条件下栝楼干基含水率的变化如图 1 所示,不同干燥条件下干基含水率变化趋势相近,随着时间的延长,栝楼中所含水分与干物质之比呈现先快速减小,然后缓慢减小的趋势,最终栝楼达到接近完全失水的状态。从图 1-a 中可以看出,温度越高,含水率降低越快,干燥耗时越短,60、80 ℃ 热风干燥条件下的干基含水率曲线很接近,但是在 80 ℃

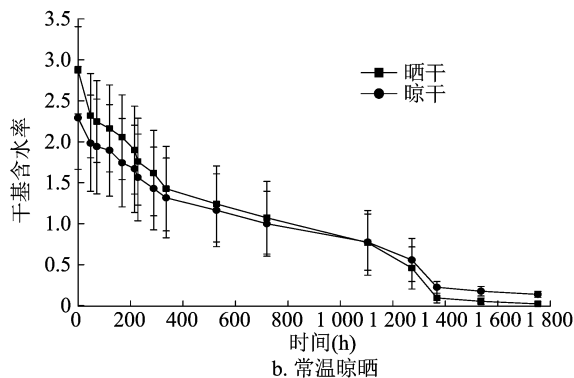
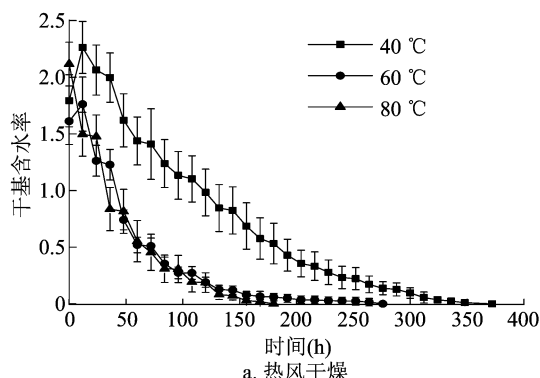


图1 不同干燥条件对栝楼干基含水率的影响

条件下,栝楼达到目标含水的时间更短。图 1-b 中晒干和晾干条件下栝楼的干基含水率在干燥的前 1/4 阶段下降迅速,在干燥后期相对缓慢,说明自然条件下栝楼干燥耗时很长,干燥速率及效率较低,明显低于热风干燥,自然条件下长时间干燥易引起药材虫害、霉变等问题。

不同干燥条件对全栝楼水分比的影响见图 2。由图 2-a 可知,热风温度对栝楼干燥影响明显,温度越高,栝楼的水分比越小,干燥开始后,随着热量的传递,栝楼表层水分被快速脱去,温度升高也加

快了栝楼内部水分由内到外的迁移,干燥速率很快增加到最大,干燥后期栝楼表皮开始变干变硬,内部水分的迁移逐渐困难,干燥进入降速阶段。由图 2-b 可以看出,在干燥最开始,晒干条件下失水速率较快,之后晾干和晒干条件下栝楼水分比的下降趋势相同,干燥速率变化一致,在 0~400 h 期间水分比下降较快,之后呈现缓慢降低的趋势,至 1 000 h 后干燥速率有一个短期增加的阶段,之后干燥速率迅速降低,栝楼在晒干条件下水分比均小于晾干。

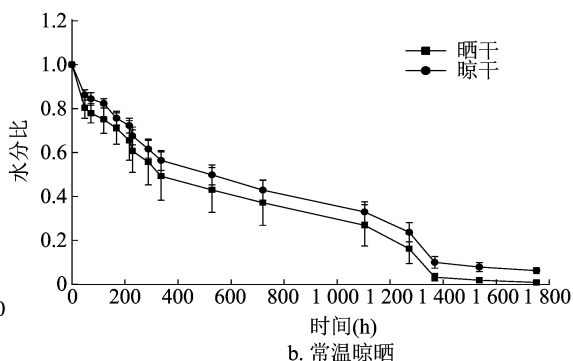
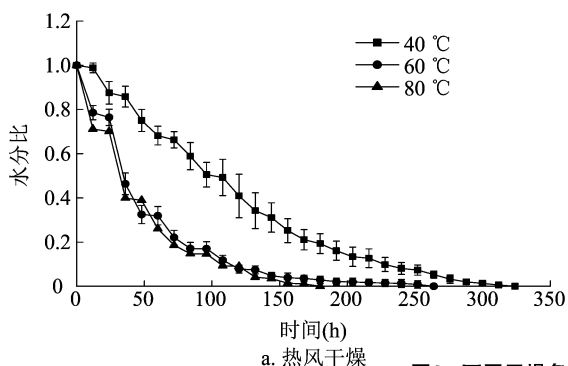


图2 不同干燥条件对栝楼水分比的影响

## 2.2 不同干燥方式对栝楼色泽的影响

以赤道线为分界线,分别对栝楼的上半部和下半部色差值进行分析,不同干燥条件对栝楼表面  $L$  值的影响如图 3、图 4 所示。由图 3、图 4 可以看出,不同干燥条件下栝楼上下部的  $L$  值均呈下降趋势,即干燥后的栝楼色泽较新鲜栝楼变深。自然条件干燥的栝楼亮度变化小,差异不明显;热风烘干条件下栝楼的亮度变化较大,40 °C 时的  $L$  值明显高于 60、80 °C。在 60、80 °C 热风干燥条件下,栝楼干燥初始阶段  $L$  值迅速下降,后缓慢下降达到平衡状态。图 3-a 与图 4-a 比较可以看出,热风干燥对栝楼赤道线以下部位的亮度影响更大,相对赤道线以上

部位  $L$  值下降更大。

不同干燥方式对栝楼表面  $a$  值的影响如图 5、图 6 所示。自然干燥条件下  $a$  值较初始时增大,即干燥后栝楼表皮颜色偏红,40 °C 热风干燥的栝楼赤道线上部也出现相同的现象,60 h 后赤道线下部  $a$  值迅速降低,颜色变化明显。由图 5-a、图 6-a 可见,60、80 °C 热风干燥条件下栝楼赤道线下部较上部  $a$  值降低较多。

不同干燥方式对栝楼表面  $b$  值的影响如图 7、图 8 所示。栝楼赤道线上下部的  $b$  值均呈现下降趋势,即干燥后的栝楼较新鲜栝楼表皮颜色偏蓝。自然干燥条件与 40 °C 热风干燥条件下的栝楼赤道线

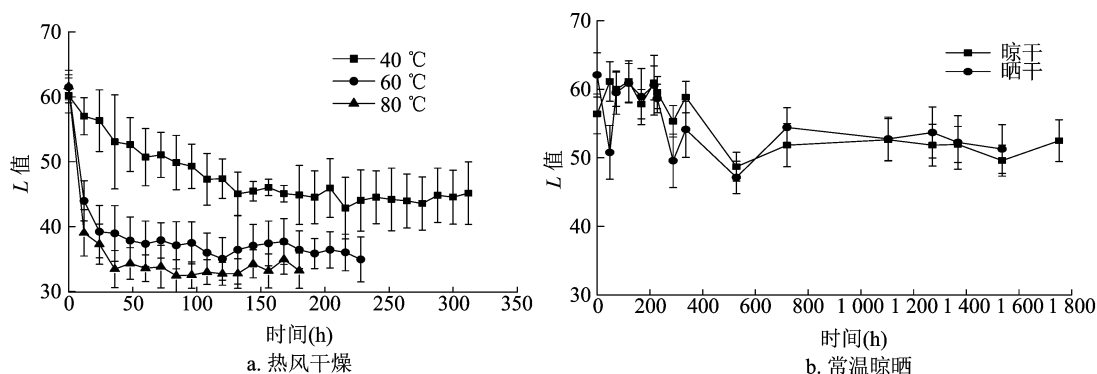


图3 不同干燥条件对栝楼赤道线上部 L 值变化的影响

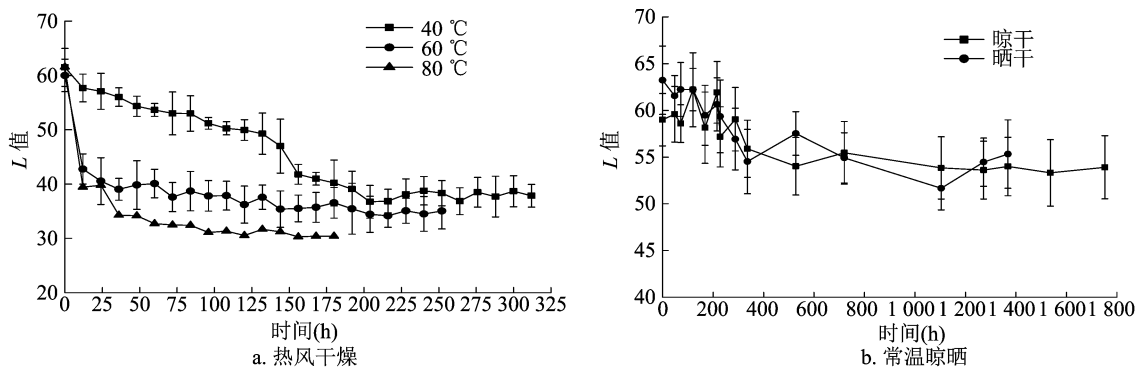


图4 不同干燥条件对栝楼赤道线下部 L 值变化的影响

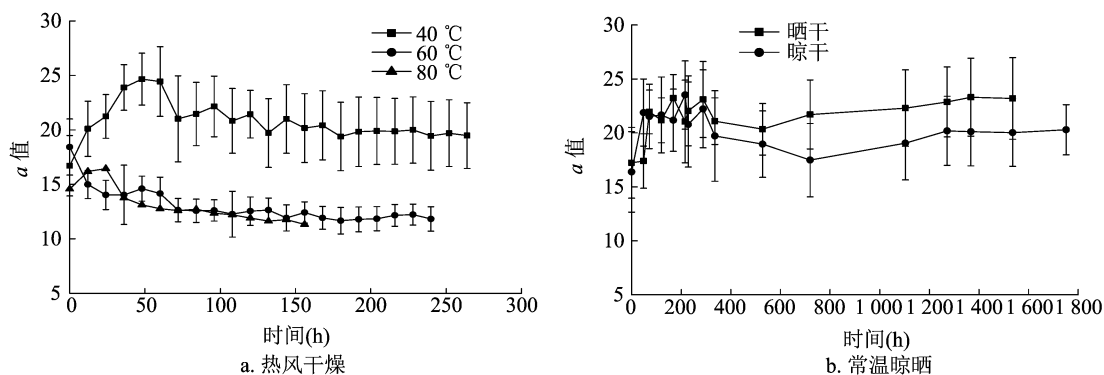


图5 不同干燥条件对栝楼赤道线上部 a 值变化的影响

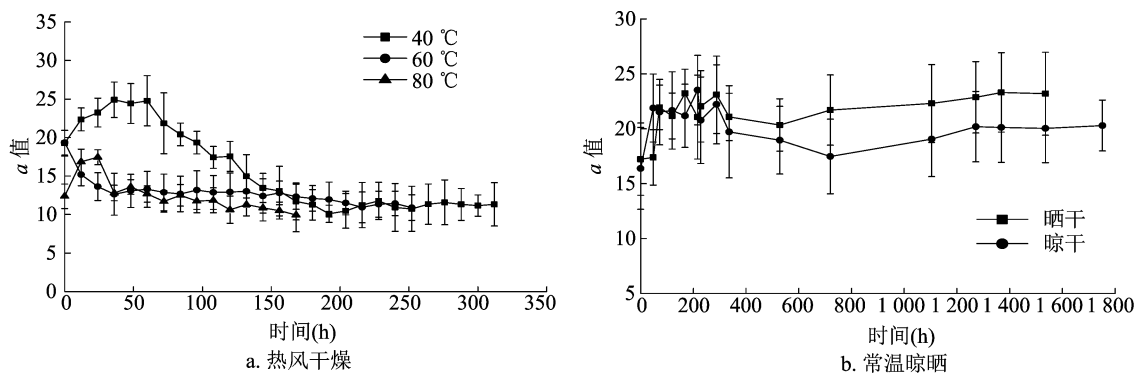


图6 不同干燥条件对栝楼赤道线下部 a 值变化的影响

上、下部 b 值在干燥初始阶段呈先上升后下降的趋势,即栝楼表皮颜色由先偏黄后逐渐偏蓝。从图 7 - a 与图 8 - a 可以看出,热风干燥对栝楼赤道线

以下的部位的 b 值影响更大,赤道线以下部位的 b 值下降程度更大。

不同干燥方式对栝楼表面色差值  $\Delta E$  的影响如

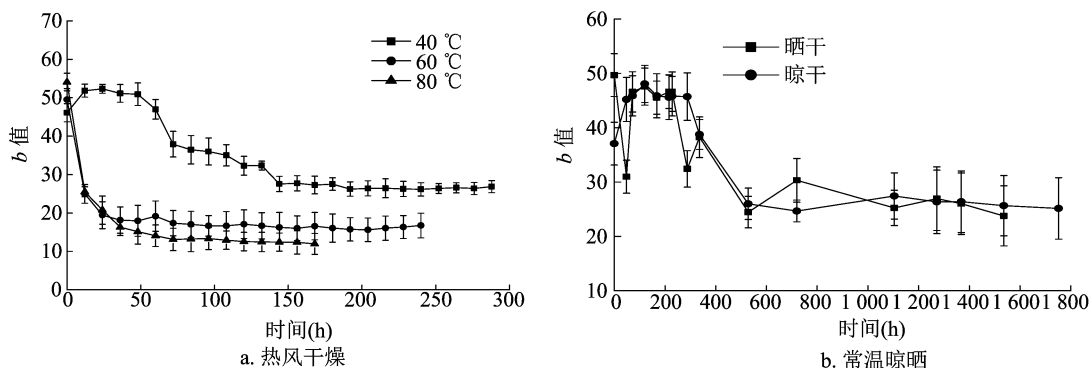
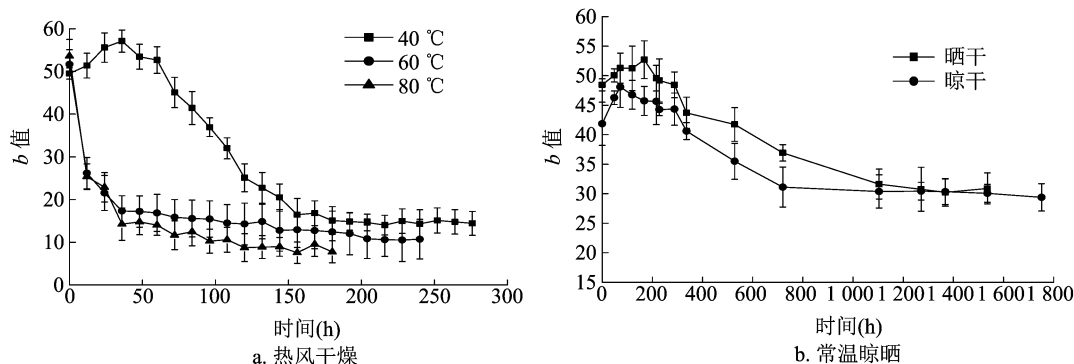
图7 不同干燥条件对栝楼赤道线上部  $b$  值变化的影响图8 不同干燥条件对栝楼赤道线下部  $b$  值变化的影响

图9所示,随着干燥温度的升高,栝楼的 $\Delta E$ 整体呈上升趋势,且栝楼干燥前后的色差比较明显。对不同干燥方式下栝楼的色泽参数进行差异显著性分析,结果如表1、表2所示。从表1中可知,栝楼赤道上部在传统干燥方式与40 °C低温热风干燥方式下外观色泽差异较小,但低温热风干燥方式明显提高了栝楼的干燥速率。从表2中可以看出,栝楼赤道下部的色泽在晾干与晒干条件下没有显著性差异,60 °C与80 °C热风干燥条件下也没有显著性差异,但传统干燥方式与热风干燥条件则表现出显著性差异,推测是因为栝楼吊挂,干燥后期内容物主要迁移至果实底部,大量多糖在底部富集,由于温度的升高,发生多糖糊化等反应,导致栝楼赤道下

部颜色加深偏红,呈现红棕色所致。

综合来看,栝楼的外观品质在传统干燥、低温热风干燥和高温热风干燥时存在显著性差异,晾晒干燥的全栝楼外观呈现黄色,热风干燥的全栝楼外观呈黄棕色。60、80 °C干燥条件下的栝楼色泽几乎没有变化,但由于80 °C温度较高,栝楼底部易出现裂口,造成有效成分的损失,因此在综合考虑商品外观和生产效率的情况下,选择60 °C的热风干燥条件为最佳,如想获得与传统晾晒相似的外观品质,可采用40 °C低温热风干燥方式。

### 3 结论

栝楼热风干燥过程分为3个阶段:初始阶段栝

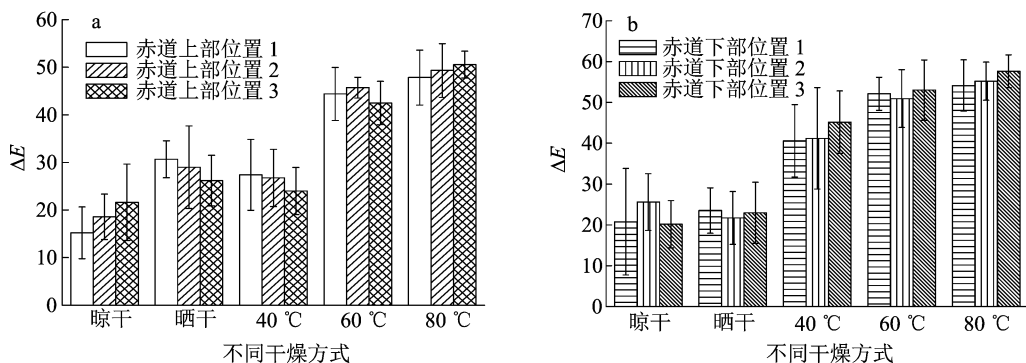
图9 不同干燥条件对栝楼赤道线以上(a)和赤道线以下(b) $\Delta E$ 的影响

表 1 栝楼赤道线以上部位色泽参数的显著性分析

| 干燥方式    | <i>L</i> 值 | <i>a</i> 值 | <i>b</i> 值 | $\Delta E$ |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 晾干      | 55.64a     | 21.00a     | 36.23a     | 18.48d     |
| 晒干      | 55.11a     | 19.98a     | 36.17a     | 28.61c     |
| 40℃热风干燥 | 47.75b     | 20.73a     | 34.28a     | 26.04c     |
| 60℃热风干燥 | 38.53c     | 13.01b     | 18.86b     | 44.19b     |
| 80℃热风干燥 | 35.76c     | 13.10b     | 17.34b     | 49.23a     |

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下表同。

表 2 栝楼赤道线以下部位色泽参数的显著性分析

| 干燥方式    | <i>L</i> 值 | <i>a</i> 值 | <i>b</i> 值 | $\Delta E$ |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 晾干      | 56.86a     | 20.31a     | 38.79a     | 22.18c     |
| 晒干      | 58.14a     | 21.46a     | 42.62a     | 22.73c     |
| 40℃热风干燥 | 45.45b     | 15.63b     | 29.53b     | 42.31b     |
| 60℃热风干燥 | 38.17c     | 12.83c     | 16.51c     | 52.03a     |
| 80℃热风干燥 | 34.61c     | 12.45c     | 15.07c     | 55.65a     |

楼水分迅速散失,中期栝楼内部水分迁移到栝楼表面,失水较为缓慢,后期干燥曲线较为平缓,栝楼中的水分达到平衡。本试验发现在 40℃与 60℃干燥初期,栝楼的干基含水率均出现一个短暂升高的现象,可能是由于新鲜栝楼为一个体积较大的完整个体,干燥初始栝楼皮内外产生温度、湿度差,在较低温度下这种梯度差持续保持,有可能造成栝楼表皮对外环境的吸水作用,也可能是在干燥初期,全栝楼仍为活的生命体,温度的变化等造成栝楼内部组织结构变化,部分结合水转变为游离水,使得本试验方法下能检测计算到的干基水含量增加,该现象有待进一步研究确证。总之,栝楼的热风干燥方式与传统干燥方式相比明显提高了干燥速率,减少了栝楼质量和产量的损失,热风干燥的温度须要依据所需产品的外观品质要求进行选择,综合考虑商品外观和生产效率,可以选择 60℃热风干燥方式,如想获得与传统晾晒相似的外观品质,可采用 40℃低温热风干燥方式。通过对不同干燥方式下全栝楼的色差值和干燥参数的测量和理论计算,可以有效、直观、准确地对栝楼干燥进行评价,有助于提高栝楼药材产业的现代化水平。

参考文献:

[1]刘伟,吕海花,杨帆,等. 山东栝楼新品系生育特征及活性成分含量分析[J]. 中华中医药杂志,2017,32(8):3671-3673.  
[2]国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:112-113.  
[3]刘伟,王晓,周洁,等. 不同栝楼品种各药用部位营养成分

含量比较[J]. 山东农业科学,2012,44(10):48-50.  
[4]韩琳娜,郭庆梅,周凤琴. 栝楼采收期的初步研究[J]. 现代中药研究与实践,2012,26(5):9-11.  
[5]郭庆梅,周凤琴. 商品全栝楼的干燥加工试验[J]. 现代中药研究与实践,2009,23(1):16-19.  
[6]Fernandes F N,Rodrigues S,Law C L,et al. Drying of exotic tropical fruits:a comprehensive review[J]. Food and Bioprocess Technology, 2011,4(2):163-185.  
[7]Xie X X,Li X D,Zhang C,et al. Combined mid-infrared and hot air drying reduces energy-consumption and improves quality of jerky[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2013,29(23):217-226.  
[8]聂梅梅,张钟元,刘春泉,等. 热风干燥对不同原料中类胡萝卜素保留率的影响[J]. 现代食品科技,2019,35(3):177-185,117.  
[9]乔微,楚冬海,孙洋洋,等. 栝楼皮药材中 5 种黄酮类成分的含量测定[J]. 辽宁中医杂志,2019,46(3):591-594.  
[10]李欣,唐力英,许静,等. 基于 UPLC-LTQ-Orbitrap 高分辨质谱的中药栝楼化学成分分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2019,25(1):201-210.  
[11]袁野,朱仕豪,凌志辉,等. 栝楼皮多酚纯化工艺及抗氧化活性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2019,45(4):420-424.  
[12]邹纯才,徐启祥,鄢海燕,等. 栝楼不同溶剂提取物的抗氧化活性及保护大鼠心肌缺血再灌注损伤的作用[J]. 中国药杂志,2017,52(2):124-129.  
[13]İlter İ,Akyıl S,Devseren E,et al. Microwave and hot air drying of garlic puree:drying kinetics and quality characteristics[J]. Heat and Mass Transfer,2018,54(7):2101-2112.  
[14]熊吟,肖潇,闫永红,等. 基于色度分析原理的金银花有效成分含量与颜色值相关性研究[J]. 中华中医药学刊,2013,31(3):667-670.  
[15]王智磊,伍清芳,刘素娟,等. 基于色度分析原理的广陈皮贮藏年限判别[J]. 天然产物研究与开发,2017,29(8):1355-1361.  
[16]吴建华,刘婧,吴志瑰,等. 颜色量化及其在中药中的应用研究进展[J]. 江西中医药大学学报,2016,28(5):114-115,119.  
[17]高鹤,易建勇,毕金峰,等. 中短波红外和热风干燥对番木瓜干燥特性及品质的比较[J]. 现代食品科技,2015,31(2):190-195,172.  
[18]林冰,王莹,周礼青,等. 何首乌薄层干燥模型及动力学研究[J]. 中成药,2012,34(11):2089-2094.  
[19]杜利平,赵恒强,周冰谦,等. 金银花红外鼓风干燥特性、失水动力学及干制品品质研究[J]. 食品工业科技,2016,37(16):93-97,102.  
[20]沈琪,李顺峰,王安建,等. 双孢菇废弃物菇柄热风干燥特性及动力学模型[J]. 中国食品学报,2015,15(1):129-135.  
[21]孟岳成,王雷,陈杰,等. 姜片热风干燥模型适用性及色泽变化[J]. 食品科学,2014,35(21):100-105.  
[22]李云静,张建逵,赵玥,等. 黄芩药材颜色及其有效成分的相关性[J]. 中国医药工业杂志,2017,48(7):1012-1016.  
[23]贺红霞,申江,张川,等. 不同冰温真空干燥压力对草莓品质的影响[J]. 食品研究与开发,2018,39(18):129-134.