

# 澳洲坚果壳果烘干工艺及其关键工艺参数研究

叶蕾蕾<sup>1</sup> 施郭健<sup>2</sup> 钟韬<sup>2</sup> 宁德奎<sup>1</sup> 郑靖<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>玉溪新天力农业装备制造有限公司,云南玉溪 653100;

<sup>2</sup>云南佳仕力机电设备有限公司,云南昆明 650000)

**摘要** 采用空气源热泵对澳洲坚果壳果进行烘干,研究烘干过程中的干燥工艺和关键参数。结果表明,澳洲坚果壳果烘干分为4个阶段: $T_1 \leq 30^\circ\text{C}$ 烘干48~72 h,壳果含水量降至15%~20%; $30^\circ\text{C} < T_2 \leq 38^\circ\text{C}$ 烘干24~48 h,壳果含水量降至10%~15%; $38^\circ\text{C} < T_2 \leq 45^\circ\text{C}$ 烘干24~48 h,壳果含水量降至7%~10%; $45^\circ\text{C} < T_2 \leq 50^\circ\text{C}$ 烘干72 h,壳果含水量降至2%~3%,达到干燥标准,且此时坚果褐变率为2.5%,过氧化值1.50 mep/kg,还原糖含量为0.05%,产品综合质量指标较优。

**关键词** 澳洲坚果;烘干工艺;质量;关键参数

**中图分类号** TS255.6 **文献标识码** A

**文章编号** 1007-5739(2021)02-0207-03

**DOI**: 10.3969/j.issn.1007-5739.2021.02.083

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



澳洲坚果具有丰富的营养价值,含有人体所需的蛋白质、维生素、钙等营养元素<sup>[1-3]</sup>。随着生活水平的提高,人们更注重营养元素的补充。最近几年澳洲坚果深受人们喜爱。我国西南地区大规模种植澳洲坚果,截至2019年,种植面积已达30万 $\text{hm}^2$ ,市场供不应求。

刚采摘的澳洲坚果含水率很高,为了防止果仁变质,需要尽快脱去青皮并干燥壳果,使壳果含水率从25%~28%降低至2%~3%,便于长时间储藏。刚采摘的澳洲坚果不能直接采用高温烘干,会导致果壳破裂、果仁褐变等问题,影响坚果品质。因此,正确合理的烘干工艺对坚果产品质量有非常重要的意义。本试验采用空气源热泵烘干机,分别在不同的温度段对坚果壳果进行烘干工艺对比研究,以期得出正确合理的关键工艺参数。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

澳洲坚果采摘于云南省热带作物科学研究所的澳洲坚果示范基地,为12 h内脱去青皮的成熟健康澳洲坚果壳果,平均直径25 mm。

### 1.2 试验仪器

20HP空气源热泵果蔬烘干机:上下送风,冷风热风一体,烘干室能装下2.5 t带壳澳洲坚果,由玉溪新天力农业装备制造有限公司生产。

电子天平:型号BSA22025,最大称重2 200 g,精度0.01 g,由赛多利斯科学仪器(北京)有限公司生产。

糖度计:型号HB-116ATC,测量范围0~80%,最

小刻度1%,由北京惠博瑞科折射仪厂生产。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 含水量变化分析。**带壳澳洲坚果含水量的测定采用烘干减重法。含水量计算公式:

含水量(%)=(烘干前样品重量-烘干后样品重量)/烘干前样品重量

**1.3.2 褐变变化分析。**原料→去壳→称2 g果肉加入5 mL 95%乙醇→研磨成匀浆→在4 000 r/min下离心20 min→取上清液→在420 nm波长下测定吸光度值。褐变率(R)的计算公式为:

$$R(\%) = A_m / A_0 \times 100$$

式中, $A_0$ 为空白试验所测吸光度, $A_m$ 为样品所测吸光度值。

**1.3.3 过氧化值分析。**过氧化值的测定采用《食用植物油卫生标准的分析方法》(GB/T 5009.37—2003)中的滴定法<sup>[2]</sup>。

**1.3.4 还原糖变化分析。**还原糖测定采用《食品安全国家标准 食品中还原糖的测定》(GB 5009.7—2016)中的高锰酸钾滴定法<sup>[3]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 澳洲坚果干燥过程变化规律

经过前期大量试验,烘干温度应根据壳果含水量而定。刚收获的壳果含水量为25%~28%时,烘干温度不要超过30 $^\circ\text{C}$ ;当壳果含水量为15%~20%时,烘干温度不要超过38 $^\circ\text{C}$ ;当壳果含水量为10%~15%时,烘干温度不要超过45 $^\circ\text{C}$ ;当壳果含水量为7%~10%时,烘干温度不要超过50 $^\circ\text{C}$ ;否则,烘烤期间会导致果壳破裂、果仁心部变褐,降低产品质量。

**2.1.1 第一阶段(烘干温度 $\leq 30^\circ\text{C}$ ,试验温度25、28 $^\circ\text{C}$ )。**

**作者简介** 叶蕾蕾(1992—),女,云南玉溪人,技术员。研究方向:空气源热泵烘干。

**收稿日期** 2020-08-14

第一阶段,刚采摘的澳洲带壳坚果含大量水分(初始含水量 25%~28%),并且储存时会产生呼吸热,必须尽快去除带壳坚果的水分。如图 1 所示,在烘干过程中,随着时间的延长带壳澳洲坚果含水量呈下降趋势,且烘干温度越高,下降速率越快。要达到第一阶段含水量标准 15%~20%,干燥温度 25℃和 28℃所需时间分别为 72、60 h。

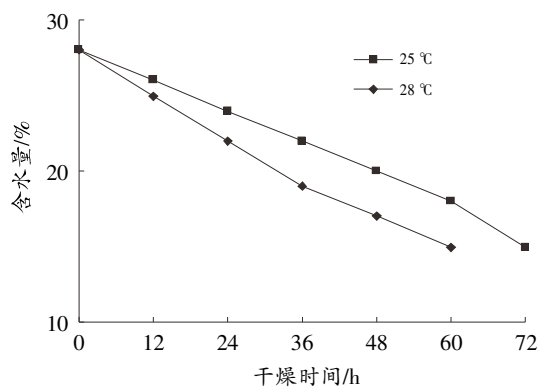


图 1 不同干燥温度对壳果含水量的影响

**2.1.2** 第二阶段 (30℃<烘干温度≤38℃, 试验温度 35、38℃)。第二阶段,含水量 15%~20%的带壳坚果,在 35℃和 38℃干燥温度下,壳果含水量随着时间的延长均呈现下降趋势,且烘干温度越高,烘干速度越快。要达到第二阶段标准含水量 10%~15%的要求,干燥温度 35℃和 38℃所需烘干时间分别为 48、36 h(图 2)。

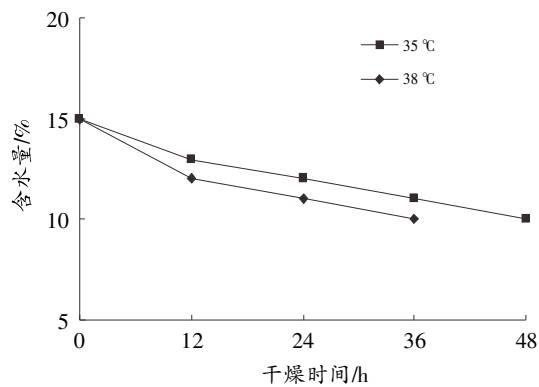


图 2 不同干燥温度对壳果含水量的影响

**2.1.3** 第三阶段 (38℃<烘干温度≤45℃, 试验温度 40、43℃)。第三阶段,含水量 10%~15%的带壳坚果,在 40℃和 43℃干燥温度下,壳果含水量随着时间的延长呈现出下降趋势,且烘干温度越高,烘干速度越快。要达到第三阶段标准含水量 7%~10%的要求,干燥温度 40℃和 43℃所需烘干时间分别为 48、36 h(图 3)。

**2.1.4** 第四阶段 (45℃<烘干温度≤50℃, 试验温度 46、50℃)。第四阶段,含水量 7%~10%的带壳坚果,在 46℃和 50℃干燥温度下(图 4),壳果含水量随着时间

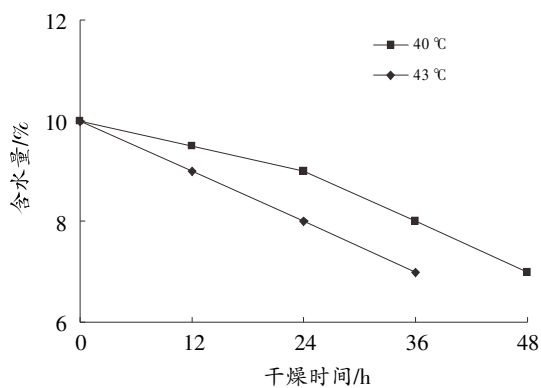


图 3 不同干燥温度对壳果含水量的影响

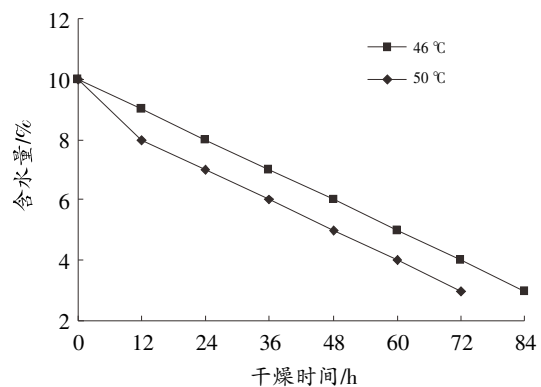


图 4 不同干燥温度对壳果含水量的影响

的延长呈现出下降趋势。随着温度逐渐升高,烘干速度也逐渐变快。要达到第四阶段标准含水量 2%~3%的要求,干燥温度 46℃和 50℃所需烘干时间分别为 84、72 h。

**2.2 不同指标变化对澳洲坚果质量的评估**

**2.2.1** 果仁褐变。如图 5 所示,含水量 10%的带壳澳洲坚果果仁在 38~50℃干燥温度下,褐变率无明显变化;但是温度从 50℃升至 55℃时,发生了明显的褐变。分析原因,可能是高温下 10%含水量的澳洲壳果果仁内部有很多水分,很多水分子可以移动,温度逐渐升高加上很多可移动的水分子促使果仁褐变,使果仁颜色发生改变。同时,随着温度的升高,果仁中的蔗糖水解成葡萄糖和果糖也促使果仁褐变。因此,为防止果仁产生褐变,烘干带壳澳洲坚果的温度最好控制在 45~50℃,不宜超过 50℃<sup>[4]</sup>。

**2.2.2** 过氧化值的变化。过氧化氢物的含量直接体现含有不饱和脂肪酸产品的酸败程度<sup>[4]</sup>。澳洲坚果经烘干后,产生的过氧化物少,能使坚果油脂品质在进一步加工和储存之前得到保障。因此,在一定的干燥条件下,过氧化值在标准范围内(<6.3 meq/kg),参照《坚果食品卫生标准》(GB 16326—2005),干燥加工是可以接受的<sup>[5-6]</sup>。

如图 6 所示,含水量 10%的带壳澳洲坚果在 38~

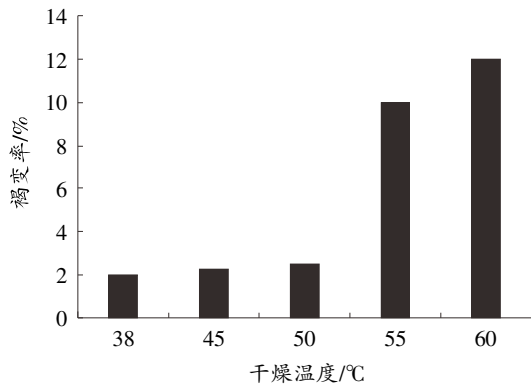


图5 含水量10%的带壳澳洲坚果在不同温度下的褐变率

50℃范围内,氧化值变化不明显。当温度由50℃升至55℃时,氧化值发生了明显变化,影响带壳坚果品质。因此,烘干带壳澳洲坚果温度最好控制在45~50℃,不宜超过50℃。

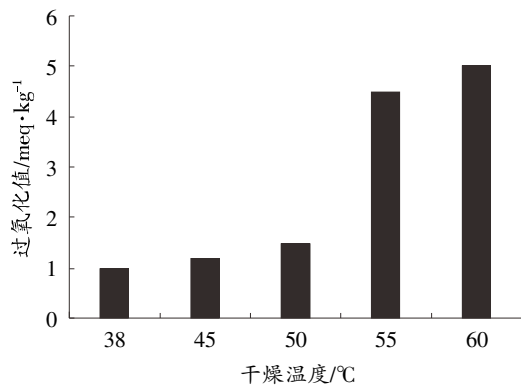


图6 含水量10%的带壳澳洲坚果在不同温度下的过氧化值

**2.2.3 还原糖的变化。**如图7所示,含水量为10%的澳洲坚果果仁还原糖在38~50℃下变化不明显,但是温度从50℃升至55℃时,还原糖含量变化显著。带壳坚果在55℃高温下,由于水分很快去除,果壳变硬,内部果仁水分出不来,导致果仁内部还原糖大量生成,同时伴随褐变的发生。因此,烘干坚果的温度最好为45~50℃,不宜超过50℃。

### 3 讨论与结论

传统澳洲坚果壳果的烘干,采用燃煤烘干、电加热烘干等传统烘干设备。燃煤烘干需要操作人员值守进行添煤,通过控制风机启停,间接调整控制烘干温度,准确度较差,导致产品质量不稳定。电加热烘干直接使用电加热装置释放热量,对物料进行烘干,热效率低,电能转换的热能小于1:1,运行费用高,还容易造成干燥不均匀现象,影响产品质量。

空气源热泵烘干设备利用逆卡诺原理,吸收空气中的热量,通过压缩机对冷媒的驱动和换热系统进行

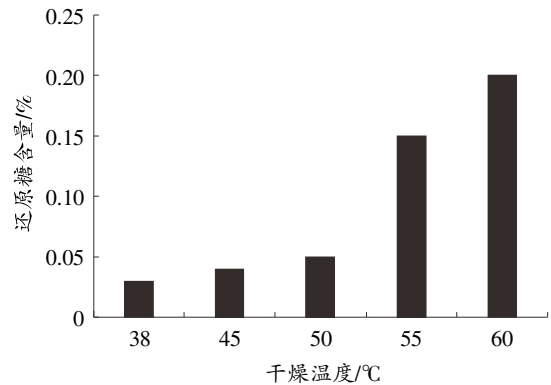


图7 含水量10%的带壳澳洲坚果在不同温度条件下的还原糖含量

热交换,电能转换的热能一般大于1:3,可自动控制无人值守,运行成本仅为燃煤锅炉热风烘干的67%、电加热烘干的31%,烘干温度控制精准,风量调节方便,壳果烘干后质量稳定、一致性好,相比以上2种方法,优势明显。

综上所述,澳洲坚果的壳果干燥应分为4个阶段。第一阶段应按照 $T_1 \leq 30^\circ\text{C}$ 低温大风量烘干48~72h,使壳果含水量由25%~28%降至15%~20%;第二阶段应按照 $30^\circ\text{C} < T_2 \leq 38^\circ\text{C}$ 烘干24~48h,使壳果含水量由15%~20%降至10%~15%;第三阶段应按照 $38^\circ\text{C} < T_2 \leq 45^\circ\text{C}$ 烘干24~48h,使壳果含水量由10%~15%降至7%~10%;第四阶段应按照 $45^\circ\text{C} < T_2 \leq 50^\circ\text{C}$ 烘干72h,使壳果含水量由7%~10%降至2%~3%,达到干燥标准,且此时坚果褐变率为2.5%,过氧化值1.50 mep/kg,还原糖含量为0.05%,产品综合质量指标较优。整个壳果干燥过程要注意烘干温度不宜超过50℃,否则会导致果仁褐变,最适宜采用空气源热泵烘干机进行烘干。

因种植地域不同、品种不同、采摘时成熟度不同等差异,实际应用中应进行试验,微调工艺参数。

### 4 参考文献

- [1] 黄克昌,徐荣,郭刚军,等.用筒仓干燥方法对带壳澳洲坚果质量的研究[J].食品工业,2011(8):4-6.
- [2] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.食物植物油卫生标准的分析方法:GB/T 5009.37—2003[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [3] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品中还原糖的测定:GB 5009.7—2016[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [4] 邹建云,郭刚军.澳洲坚果果仁加工工艺条件研究[J].热带作物学报,2013,34(11):2295-2300.
- [5] 余佳威,宋代根.澳洲坚果破壳技术研究进展与发展对策[J].农村实用技术,2020(1):83-84.
- [6] 郭刚军,徐荣,胡小静,等.澳洲坚果片加工工艺与技术研究[J].食品工业,2012(2):20-23.