

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2015.01.011

文章编号:2095-6002(2015)01-0059-06

引用格式:王文倩,王晗琦,陈文,等.不同干燥方法对核桃品质及不饱和脂肪酸稳定性的影响[J].食品科学技术学报,2015,33(1):59-64.



WANG Wenqian, WANG Hanqi, CHEN Wen, et al. Effects of different drying methods on quality of walnuts and stability of unsaturated fatty acids[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015,33(1):59-64.

不同干燥方法对核桃品质及不饱和脂肪酸稳定性的影响

王文倩, 王晗琦, 陈文, 荣瑞芬*

(北京联合大学 应用文理学院, 北京 100191)

摘要:为考察不同干燥方法对货架期核桃坚果营养品质的影响,以恒温热风干燥方法为对照,采用变温热风干燥和远红外干燥方法对采后鲜核桃进行干燥,室温(24℃)存放,分析比较核桃不饱和脂肪酸及品质稳定性。结果表明,远红外干燥至大约4%的水分含量所需时间为对照组的一半。贮藏6个月后,变温热风干燥组核桃油酸、亚油酸和亚麻酸分别降低了9.59%,10.58%和12.71%;远红外干燥组分别降低了7.49%,7.34%和6.77%;对照组分别降低了14.44%,11.79%和15.50%。3组核桃的过氧化值和羰基价依次分别是0.88,2.94,0.60,2.08,0.98,3.52 meq/kg。远红外干燥不仅能缩短干燥时间,而且能延缓核桃的氧化酸败,更好的保持核桃的品质。

关键词:核桃品质;干燥方法;不饱和脂肪酸

中图分类号: TS255.1; S664.1

文献标志码: A

核桃(*Juglans regia* L.)又名胡桃、羌桃、万岁子,与榛子、扁桃、腰果并称为世界四大干果^[1]。核桃仁营养价值很高,其蛋白质含量达15%~20%,脂肪约60%~70%,其中不饱和脂肪酸含量达90%以上。核桃中的亚油酸和亚麻酸是人体的必需脂肪酸,亚油酸具有降低胆固醇和抗动脉粥样硬化的作用,亚麻酸(ω -3脂肪酸)是维持大脑和神经系统必需的因子,具有降血脂、降血压、降胆固醇和防血栓的作用,同时能预防心血管疾病,增强机体免疫力,有“动脉清道夫”的美誉^[2-3]。此外,核桃还含有多种矿物质、维生素以及肌醇、咖啡酸、褪黑素等^[4-5]。核桃的健胃、补血、润肺、益肾和补脑等功效早已被我国中医所认可^[6],在国内享有“万岁子”、“长寿果”的美称。

农产品干燥是保持其品质良好的方法之一,干燥至含水量达到8%以下,能防止微生物繁殖和不

良化学反应的发生,从而延长存储时间^[7]。采后鲜核桃含水率为30%~45%,必须尽快进行干燥,使含水率降低到8%以下,才能保证核桃的内在品质和较长的货架期^[8]。目前,传统的核桃干燥方法为自然晒干和热风干燥。核桃自然晒干的时间长,且受天气状况限制,干燥后的产品质量无法得到保证,仅核桃量少时采用。热风干燥是通过45℃左右的干热气流与物料混合,逐渐带走物料内水分,最终使物料水分含量降低到一定含量,生产企业均采用此法。该方法与自然干燥比较,干燥时间短,但仍具有干燥效率低、物料易氧化及热损伤造成营养损失和品质下降的缺点^[9]。远红外干燥是利用远红外线辐射元件发生的远红外线被加热物体所吸收,直接转变为热能而使水分得以干燥。在干燥过程中食品物料表面及内部分子可同时吸收远红外线,具有速度快、吸收均匀、干制效率高、化学分解作用小和食

收稿日期:2014-05-05

基金项目:国家林业局林业公益性行业科研专项子课题(201004048-2);北京联合大学功能食品研究院配套课题(KT-2008-3)。

作者简介:王文倩,女,硕士研究生,研究方向为功能食品的评价方法;

*荣瑞芬,女,教授,博士,主要从事农产品贮藏加工及其营养功效品质特性方面的研究。通信作者。

品原料不易变性的优点,特别适合于热敏性物质的干燥^[10],目前已有大量关于食品、粮食等物料远红外干制特性的研究报道。丁莹^[11]用自制的小型远红外干燥箱对萝卜进行干燥,研究发现当温度在 50~70℃,距离在 120~160 mm,厚度为 3~5 mm,功率为 1 000~1 250 W 时,物料脱水速度较快且物料的干燥质量较高;黄朝晖等^[12]采用恒温热风 and 远红外变温干燥西洋参,表明变温远红外干燥速度快,且恒温热风干燥西洋参不如变温远红外条件下干燥的西洋参质量好。

现有文献大部分研究干燥后的核桃在不同处理条件下抗氧化物等物质含量变化和生理变化^[13-16],缺乏对鲜核桃干燥技术及其对核桃货架期品质影响的研究。因此,本研究以工厂干燥的核桃为对照,开展热风 and 远红外干燥对核桃品质及不饱和脂肪酸含量稳定影响的研究,为开发高品质核桃干燥技术提供理论依据及实践指导。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

- 1)材料。清香核桃,2013 年 9 月购于河北。
- 2)试剂。苯、冰乙酸、无水硫酸钠、三氯甲烷、无水乙醇、碘化钾、抗坏血酸、硫代硫酸钠、2,4-二硝基苯肼、淀粉、三氯乙酸、甲醇、乙醚、氢氧化钾、石油醚、硫酸氢钠,以上试剂均为分析纯。标准品:油酸甲酯,亚油酸甲酯,亚麻酸甲酯,以上标准品均购自 Sigma 公司。
- 3)仪器。DHG-9140 型电热恒温鼓风干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司;HW-350AS 型远红外恒温干燥箱,天津中环实验电炉有限公司;MB45 型红外快速水分测定仪,美国奥豪斯公司;UV-1800 型紫外分光光度计,日本岛津公司;RE-52 型旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂;HH6 型数显恒温水浴锅,常州国华电器有限公司;6820 型气相色谱仪,美国 Agilent 公司,火焰离子化检测器(FID)。

1.2 实验方法

1.2.1 实验处理

核桃自然成熟后采收,经堆放后熟、去皮机去除青皮后运回实验室,经测定初始含水量为 34%;用水洗净后,过夜沥干表面水分,挑选大小均匀、无机械伤和病虫害的核桃为试材,进行不同方法的干燥。

- 1)变温热风干燥。将鲜核桃平铺于电热恒温

鼓风干燥箱内隔板上,干燥过程中经常调整隔板上下位置以使核桃受热均匀,并用水分测定仪测定其水分含量,经过 40 h(36℃3 h,40℃3 h,45℃2 h,50℃10 h,42℃22 h)干燥后,核桃水分含量达到 3.98%。

- 2)远红外干燥。核桃平铺于远红外干燥箱内隔板上,干燥过程中经常调整隔板上下位置以使核桃受热均匀,并用水分测定仪测定其水分含量,经过 24 h(36℃3 h,40℃3 h,45℃2 h,50℃10 h,42℃6 h)干燥后,核桃水分含量达到 4.08%。

- 3)对照组恒温热风干燥方法。人工燃煤火炉加热产生 43℃(40~45℃)的热空气经鼓风机吹入烘房,核桃干燥铺层厚度为 1 米,48 h 后完成核桃干燥,核桃壳隔膜达到干脆为止,水分含量为 4.12%。

将 3 组干燥核桃装于普通抽真空 PE 塑料袋(厚度 0.18 mm、无色透明,购于北京市锦绣大地批发市场),掩口包装,于 2013 年 9 月至 2014 年 3 月室温模拟货架期存放,每处理 5 kg 核桃,3 次重复,每月取样 1 次,每次取样 40 个果,取样时同时以 5 个核桃进行感官评价,其余样品存放于-25℃下用于各项品质指标分析。

1.2.2 各项指标的分析测定

- 1)感官品质评价。感官评价分别从核桃的气味、种皮颜色、核桃种仁颜色、口感 4 个方面给出评分,计算出平均分以评价其感官品质变化情况,9~10 分为优,6~8 分为中等,0~5 分为劣。评价等级见表 1。

表 1 感官品质指标
Tab. 1 Sensory quality evaluation

品质等级	气味	种皮颜色	种仁颜色	口感
优(9~10 分)	无哈喇味	黄白色	乳白色	涩味淡
中(6~8 分)	轻微哈喇味	黄褐色	乳白色	涩味中等
劣(0~5 分)	哈喇味严重	深褐色	淡黄色	涩味重

- 2)酸价(acid value, AV)、过氧化值(peroxide value,POV)、羰基价(carbonyl values, CV)的测定。均参照国标 GB/T 5009.37—2003^[17]。

- 3)脂肪酸的测定。参照国标 GB/T 17376—2008^[18],GB/T 17377—2008^[19],略有修改。

油脂提取:10 个核桃取仁→粉碎→与溶剂(石油醚;沸程 30~60℃)1:10 混合→转移至锥形瓶内,封口,暗处过夜→真空抽滤→旋蒸→得油样。

脂肪酸的皂化:称取油样 0.15~0.20 g 至具塞

试管中,加入4 mL正庚烷,振摇使油样溶解,加入1 mL 2 mol/L的KOH-甲醇溶液,盖塞猛烈振摇30 s,静置10 min。加入1 g NaHSO₄,振摇30 s,静置5 min,取上层清液待测。

测试条件:载气为高纯氮气,柱流量3 mL/min,分流比50:1,氢气流量40 mL/min,空气流量400 mL/min,进样口温度250℃,检测器温度260℃。程序升温方式:起始温度140℃,保持9 min,40℃/min升温至220℃,保持11 min。

1.3 数据处理和分析

运用Origin 8.0和SPSS 12.0进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同干燥方法对核桃感官品质的影响

不同干燥方法对核桃感官品质的影响见图1。随着贮存时间的延长,核桃感官指标分值呈降低趋势。热风干燥组、远红外干燥组和对照组核桃贮藏6个月感官评分依次为8.5,9.0,7.8分,对照组最低,品质为中等,远红外组最高,品质仍为优,表明远红外干燥好于热风干燥。

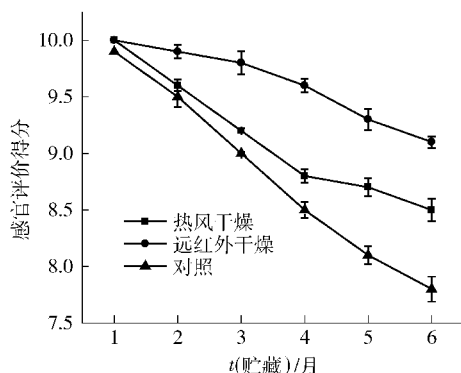


图1 干燥方式与核桃感官品质的关系

Fig.1 Effect of different drying methods on sensory quality of walnuts

2.2 不同干燥方法对核桃酸价的影响

AV反映油脂中游离脂肪酸的多少,AV越高,油脂越易氧化,食用油脂的AV应低于4^[20]。3组核桃贮藏中AV的变化如图2,室温贮藏6个月后,3组核桃的AV都远低于4,但不同处理组的核桃AV货架期存放1个月时已有微小差异,对照组最高,远红外组最低,此后3组核桃AV均逐渐增大。对照组核桃从0.29 mg/g增加到1.02 mg/g,热风干燥组从0.24 mg/g增加到0.82 mg/g,远红外干燥组从

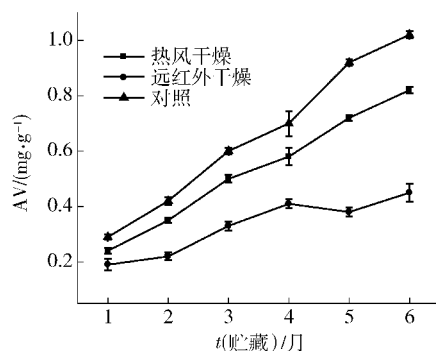


图2 干燥方式与核桃酸价的关系

Fig.2 Effect of different drying methods on AV of walnuts

0.19 mg/g增大到0.45 mg/g,远红外干燥组核桃AV显著低于对照组和热风干燥组($P < 0.05$),表明3组核桃油脂中游离脂肪酸含量多少依次为对照组>热风干燥组>远红外干燥组。

2.3 不同干燥方法对核桃过氧化值的影响

POV是判断油脂初期氧化程度的指标,在一定范围内随氧化程度加大而增大,POV值高意味着核桃货架期氧化程度大,品质不稳定。3组核桃贮藏中POV变化如图3,存放1个月时,对照组、热风组和远红外组核桃POV分别为0.35 meq/kg、0.27 meq/kg和0.19 meq/kg。之后3组核桃POV均逐渐增大,对照组从0.35 meq/kg增大到0.98 meq/kg,热风干燥组从0.27 meq/kg增大到0.88 meq/kg,远红外干燥组从0.19 meq/kg增大到0.60 meq/kg。远红外干燥组POV值整个贮藏过程都显著低于对照组POV($P < 0.05$),热风干燥组核桃POV储存前期小于对照组,后期与对照组接近。结果表明远红外干燥能显著的延缓核桃初级氧化。

2.4 不同干燥方法对核桃羰基价的影响

CV是反应油脂次级氧化的一个指标,CV高表明核桃次级氧化严重,POV值大,则CV也会大。不同干燥方法对核桃CV的影响见图4。贮藏6个月,3种干燥方式核桃CV均逐渐增大。对照组核桃从1.11 meq/kg增大到3.52 meq/kg,热风干燥组从0.82 meq/kg增大到2.94 meq/kg,远红外干燥组从0.63 meq/kg增大到2.08 meq/kg,远红外干燥组和热风干燥组CV都显著低于对照组($P < 0.05$),表明远红外干燥和变温热风干燥能显著的延缓核桃的次级氧化。

2.5 不同干燥方法对核桃中油酸的影响

不同干燥方法对贮藏期核桃油酸含量的影响见图5。存放1个月时,对照组、热风组和远红外组核

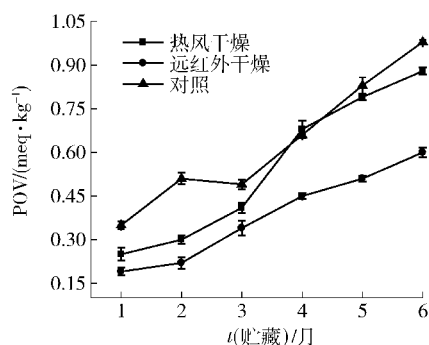


图3 干燥方法与核桃过氧化值的关系

Fig. 3 Effect of different drying methods on POV of walnuts

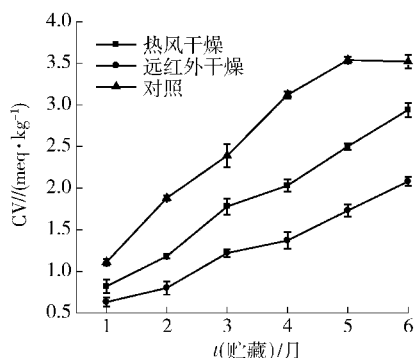


图4 干燥方法与核桃羰基价的关系

Fig. 4 Effect of different drying methods on CV of walnuts

桃油酸含量分别为 125.63, 131.99, 139.89 mg/g, 3 组间已有极显著差异 ($P < 0.01$)。热风干燥组核桃油酸共减少了 9.59%, 变化趋势较复杂, 前期为逐步下降的趋势, 在 4~5 个月出现上升状况, 而后继续下降。经过 6 个月的贮期, 热风干燥组、远红外干燥组和对照组核桃油酸分别为 119.33, 129.41, 107.49 mg/g, 分别减少了 9.59%, 7.49%, 14.44%, 两组核桃油酸均极显著低于对照组 ($P < 0.01$), 说明两组干燥方法都能很好地保护核桃中的油酸稳定。

2.6 不同干燥方法对核桃中亚油酸的影响

亚油酸在贮藏中的变化情况如图 6 所示, 存放 1 个月时, 对照组、热风组和远红外组核桃亚油酸含量分别为 589.86, 600.70, 616.08 mg/g。模拟货架期存放 6 个月, 热风干燥组亚油酸含量减少了 10.58%, 对照组减少了 11.79%, 二者无显著性差异 ($P > 0.05$)。远红外干燥组减少了 7.34%, 从第 4 个月开始显著低于对照组 ($P < 0.05$), 说明远红外干燥能在一定程度上延缓核桃亚油酸的氧化, 保持其稳定。

2.7 不同干燥方法对核桃中 α -亚麻酸的影响

不同干燥方法对贮藏期核桃 α -亚麻酸含量的影

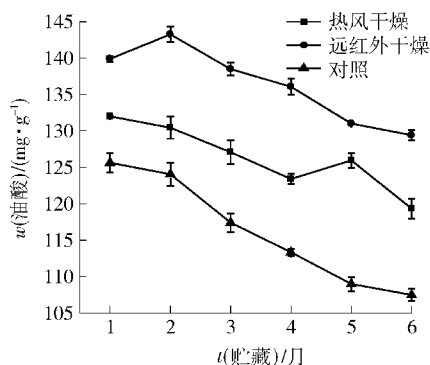


图5 干燥方法与核桃油酸的关系

Fig. 5 Effect of different drying methods on oleic acid of walnuts

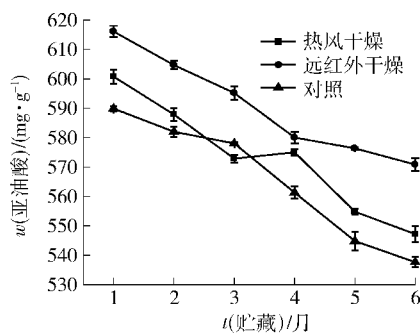
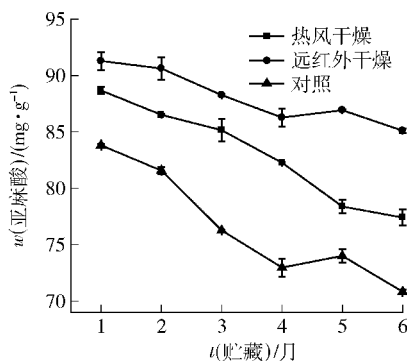


图6 干燥方法与核桃亚油酸的关系

Fig. 6 Effect of different drying methods on linoleic acid of walnuts

响如图 7 所示, 模拟货架期存放 1 个月, 对照组、热风组和远红外组核桃 α -亚麻酸含量分别为 83.82, 88.68, 91.29 mg/g, 它们之间已有显著性差异 ($P < 0.05$)。对照组核桃亚麻酸下降较快, 降幅为 15.50%, 其次为热风干燥组 (9.57%), 最后是远红外干燥组 (6.77%), 后两者均显著低于对照组 ($P < 0.05$), 表明热风干燥和远红外干燥能有效保持核桃中亚麻酸的稳定。

图7 干燥方法与核桃 α -亚麻酸的关系Fig. 7 Effect of different drying methods on α -linolenic acid of walnuts

3 讨论

在干燥前期,由于物料含水量高,此时物料内部的酶促反应及氧化反应均比较活跃,物料中的营养成分及色素类物质容易受到破坏。同是热风干制,但变温式热风干制由于温度是从低向高逐渐升温,能有效地加快核桃仁内水分向外散失,28 h干制温度在42℃以下,12 h干制温度在45℃以上,与恒温43℃48 h比,总受热时间短,受45℃以上热处理时间短,可能是其延缓核桃氧化的主要原因。另由于人工加热干制,对干制的温度和控制不稳定,可能也是对照组核桃品质稳定性相对较差的原因。

本研究中,核桃干燥后模拟货架期存放1个月,不饱和脂肪酸含量已有显著差异($P < 0.05$),且远红外干燥组最高。说明干燥过程结束后,远红外干燥组核桃氧化指标值最低,在保护功能性脂肪酸上的效果最好,这可能与远红外干燥与热风干燥的机理及过程不同有关。在远红外干燥过程中,由于红外线有一定的穿透性,在物料内部形成热量积累,物料内部比外部温度高,使物料的热扩散过程由内部向外部进行;同时,由于物料内部的水分梯度引起的水分移动,总是由水分较多的内部向水分较少的外部移动,所以物料内部水分的湿扩散与热扩散方向是一致的,加速了干燥进程,使物料受热时间短。传统的热风干燥物料的最高温度由热风的温度所控制,表面温度最高且接近热风的温度,而物料内部的温度要比表面低,温度梯度方向是由表向内。远红外在干燥过程中能将热量均匀地传递到物料的中心,且不会分解物料表面的基本分子结构^[21],因此,远红外干燥所得产品的营养成分保存率比传统的干燥方法有显著提高,并且时间大大缩短;另一方面,远红外能释放物料中一些与高分子量化合物以共价键结合或以高分子量聚合物重复单元存在的小分子天然抗氧化物质,并激活其活性^[22],比如黄酮类、类胡萝卜素、单宁酸、抗坏血酸、多酚类等天然抗氧化物质,因此远红外干燥能提高了物料的抗氧化能力。Lee^[23]的研究证实,与对照相比,远红外处理稻谷壳能提高其自由基清除能力以及总酚含量。Park等^[24]研究远红外干燥对绿茶物理化学性质的影响得出了,远红外干燥对绿茶的总酚、总黄酮、抗坏血酸以及表儿茶素的含量有较好的保护作用,干燥后的绿茶品质较好。本研究也表明,远红外干燥核桃

感官品质较好,过氧化值和羰基价值低,不饱和脂肪酸较稳定,可能是远红外激活了一些抗氧化成分,提高了核桃的抗氧化能力,减缓了不饱和脂肪酸的氧化,在贮藏过程中能更好地保持核桃营养与品质稳定。远红外干燥激活核桃中抗氧化功能成分作用有待进一步研究证实。

4 结论

1)与恒温式热风干燥相比,远红外干燥和变温式热风干燥均可显著缩短干燥时间,提高干燥效率。

2)远红外干燥显著延缓了货架期核桃的氧化劣变,保持了品质;变温式热风干燥也具有一定的作用。

3)远红外干燥显著保持了货架期核桃不饱和脂肪酸的稳定性,变温式的热风干燥与43℃的恒温热风干燥相比,具有一定的延缓核桃氧化、保持营养品质稳定的作用。

参考文献:

- [1] 黄黎慧,黄群,孙术国,等.核桃的营养保健功能与开发利用[J].粮食科技与经济,2009,4(3):48-50.
- [2] Zhao G, Etherton T D, Martin K R, et al. Dietary α -linolenic acid reduces inflammatory and lipid cardiovascular risk factors in hypercholesterolemic men and women [J]. The Journal of Nutrition, 2004, 134(11): 2991-2997.
- [3] Iwamoto M, Imaizumi K, Sato M, et al. Original communications-serum lipid profiles in Japanese women and men during consumption of walnuts [J]. European Journal of Clinical Nutrition, 2002, 56(7): 629-637.
- [4] Reiter R J, Manchester L, Tan D X. Melatonin in walnuts: influence on levels of melatonin and total antioxidant capacity of blood [J]. Nutrition, 2005, 21(9): 920-924.
- [5] 杨金枝,陈锦屏.核桃资源的综合开发利用[J].食品与药品,2007,9(4):71-73.
- [6] 李时珍,张林国.本草纲目[M].北京:中国中医药出版社,1998:213-215.
- [7] Barbosa-Cánovas G V, Vega-Mercado H. Dehydration of foods [M]. London: Chapman & Hall, 1996. 14(8): 114-117.
- [8] 梁勤安,杨军.核桃初加工工艺及关键设备[J].农机化研究,2003(1):154-157.
- [9] Praveen K D, Umesh H H, Sukumar D, et al. Infrared and hot-air drying of onions [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2005, 29(2): 132-150.
- [10] Wang J, Sheng K. Far-infrared and microwave drying of peach [J]. LWT-Food Science and Technology, 2006, 39(3): 247-255.

- [11] 丁莹. 萝卜远红外干燥的试验研究 [D]. 淄博: 山东理工大学, 2009.
- [12] 黄朝晖, 徐云友. 恒温热风 and 变温远红外干燥西洋参的对比研究 [J]. 特产研究, 2002, 24(3): 11–14.
- [13] Bakkalbaşı E, Yilmaz Ö M, Javidipour I, et al. Effects of packaging materials, storage conditions and variety on oxidative stability of shelled walnuts [J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 46(1): 203–209.
- [14] Martínez M L, Penci M C, Ixtaina V, et al. Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of walnut oil under different storage conditions [J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 23(6): 456–461.
- [15] Bakkalbaşı E, Yilmaz M, Javidipour I, et al. Effects of packaging materials, storage conditions and variety on oxidative stability of shelled walnuts [J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 46(1): 203–209.
- [16] 李鹏霞, 王炜, 梁丽松, 等. 常温下气调包装对核桃贮藏生理和品质的影响 [J]. 江苏农业学报, 2009, 25(5): 1151–1155.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.37—2003 食品植物油卫生标准分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 17376—2008 动植物油脂脂肪酸甲酯制备[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 17377—2008 动植物油脂脂肪酸甲酯的气相色谱分析[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [20] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB 2716—2005 食用植物油卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [21] Niwa Y, Kanoh T, Kasama T, et al. Activation of antioxidant activity in natural medicinal products by heating, brewing and lipophilization a new drug delivery system [J]. Drugs Under Experimental and Clinical Research, 1987, 14(5): 361–372.
- [22] Niwa Y, Miyachi Y. Antioxidant action of natural health products and Chinese herbs [J]. Inflammation, 1986, 10(1): 79–91.
- [23] Lee S C, Kim J H, Jeong S M, et al. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hulls [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(15): 4400–4403.
- [24] Park J H, Lee J M, Cho Y J, et al. Effect of far-infrared heater on the physicochemical characteristic of green tea during processing [J]. Journal of Food Biochemistry, 2009, 33(2): 149–162.

Effects of Different Drying Methods on Quality of Walnuts and Stability of Unsaturated Fatty Acids

WANG Wenqian, WANG Hanqi, CHEN Wen, RONG Ruifen*

(College of Applied Arts and Science, Beijing Union University, Beijing 100191, China)

Abstract: In order to investigate effects of different drying methods on the nutritional quality of walnuts, the fresh walnuts were dried by the changeable-temperature hot air drying and far-infrared radiation drying methods and the conventional hot air drying method was used as the control. The nutrition functional component and quality stability of walnuts stored at room temperature were compared. The results showed that the far-infrared drying method could half decrease the dry time compared with the control method when the water content of walnuts was 4%. After 6-month storage, the contents of oleic acid, linoleic acid, and linolenic acid of walnuts dried by the changeable-temperature hot air method were reduced 9.59%, 10.58%, and 12.71%, respectively. As for walnuts dried with the far-infrared radiation method, they were reduced 7.49%, 7.34%, and 6.77%, respectively and the contents of oleic acid, linoleic acid, and linolenic acid of walnuts in the control group were reduced 14.44%, 11.79%, and 15.50%, respectively. The peroxide values of walnuts treated by the changeable-temperature hot air method, far-infrared radiation method, and the conventional hot air drying method were 0.88, 2.94, and 0.60 meq/kg, respectively while the carbonyl values of walnuts treated by the three methods were 2.08, 0.98, and 3.52 meq/kg, respectively. Compared with the conventional hot air drying method, the far infrared-assisted hot air drying method not only reduced the drying time but also retarded the development of oxidative rancidity, and improved the quality of walnuts.

Key words: walnuts quality; drying methods; unsaturated fatty acids

(责任编辑: 叶红波)