

热风微波干燥龙眼肉工艺的优化

关 熔, 廖 兰, 曾庆孝, 芮汉明

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州, 510640)

摘 要 针对龙眼肉原料受热不均匀和微波干燥速率过快与局部过焦的问题, 尝试在干燥前将原料均匀涂抹经过适度加热的玉米调和油, 然后再进行热风微波干燥, 旨在通过降低微波干燥的加热速度来提高龙眼肉的生产效率和产品品质。文中建立了具体的感官评价体系, 从功率密度、加热方式、初始含水率 3 个方面分析添加油脂膜的龙眼肉在微波干燥过程中的颜色变化、干燥速率变化、感官评价变化。实验找到了经油脂涂膜处理的龙眼肉在热风微波干燥工艺的优化点: 4W/g 功率、微波 10s 间歇 40s、初水分含量 50%~60%、食用油脂含 2%~4%。与未使用任何预处理的热风微波干燥龙眼肉相比较, 该工艺可以得到更加良好的品质, 且保质期在 6 m。

关键词 龙眼肉, 玉米调和油, 热风, 微波, 干燥特性

热风微波联合干燥技术现已广泛应用于农产品加工的各个环节, 与传统的干燥技术相比, 这一技术可以改善传统方法中干燥时间长、能耗大和干燥品质不佳的问题^[1~3]。Varith 等人^[4]进行的热风微波干燥龙眼肉的试验表明, 保证最佳品质的条件下, 联合干燥相对于 65℃ 热风干燥可以减少 64.3% 的时间和 48.2% 的能耗。马先英^[5]等人用热风微波组合干燥胡萝卜发现, 组合干燥的速率较常规的热风干燥速率提高 1.4 倍以上, 干制品质也明显提高。罗树灿等人^[6]对荔枝进行热风微波干燥, 得到的产品有最佳的品质且贮藏期在 9 个月以上。还有其他人对花椒^[7]、黄花菜^[8]、甘蓝^[9]等的研究同样表明热风微波联合干燥技术对果蔬干燥的品质有明显的提高, 而且降低了能耗, 在干燥产业中有很好的应用前景。目前, 国内外的研究对热风微波干燥工艺进行了优化和深入的理论研究, 而对于借助添加其他原料, 更有效的控制微波中龙眼肉的干燥速率的研究并未见报道。本文在应用热风微波干燥技术的基础上创造性的加入了添加油脂膜这一环节, 利用油脂膜调控龙眼肉在干燥过程中的水分蒸发速率, 从而达到提高产品最终质量的目的。目前已有国内外学者研究了微波加热对食用油的影响, 并且得出了相似的结论^[10~12]: 微波加热对食用油品质的影响随其种类和加热条件的不同有很大差别, 油脂的 POV 和 AV 值都有所增加, 但均不会超过国家标准, 而且红外光谱也表明经微波加热后油脂组成不会发生明显变化。玉米调和油在食用油中具有较高的发烟温度, 热稳定性很强, 且因含

有较多的 V_E 而具有很高的抗氧化能力。笔者选用经适度加热的玉米调和油作为涂膜材料, 一方面是为了去除原油的味道来防止其对龙眼风味的破坏; 除此之外, 根据白卫东等人^[13]的研究, 玉米油经过加热后 POV 值和 AV 值反而小于未加热时的指标, 所以选择经过加热的玉米调和油可以在更大程度上避免加热和氧化对油脂的影响。

1 材料和方法

1.1 实验材料

市售“好又多”超市进口泰国龙眼, 选择颗粒饱满、外形均匀、重量相近, 水分含量 78%~82%, 含糖率 15~22%。市售鲁花牌玉米调和油。

1.2 实验仪器

NN-GS585M 变频喷汽式微波炉, 上海松下微波炉有限公司; CENTER 304 温度仪 ($\pm 0.1^\circ\text{C}$), 台湾群特科技股份有限公司; 102-2 型电热鼓风干燥箱 ($\pm 1^\circ\text{C}$), 上海锦屏仪器仪表有限公司; JJ300 电子天平 ($\pm 0.01\text{g}$), 美国双杰兄弟(集团)有限公司常熟双杰测试仪器厂; 粗绢布 (40 目); S22PC 分光光度计, 上海棱光技术有限公司; DZKW-0-2 电热恒温水浴锅, 金坛市富华仪器有限公司; TDL80-2B 型离心机, 上海安亭科学仪器有限公司。

1.3 龙眼干果感官指标

外观: 外壳完整, 大小基本一致, 无破损; 色泽: 具有龙眼干果应有的色泽, 果肉呈金黄至深棕色, 无虫蛀, 霉变; 组织形态: 组织紧密; 滋味及气味: 具有该产品固有的甜香, 无焦苦味, 无异味。感官评定标准见表 1。

第一作者: 硕士研究生。

收稿日期: 2008-04-28, 改回日期: 2008-06-16

表 1 感官质量评定标准

| 指 标 | 标 准 | 等级 | 评分 |
|------|---|----|----|
| 质地结构 | 质地紧实、有咬劲 | 优 | 25 |
| | 质地较为紧实、有一定咬劲 | 良 | 20 |
| | 质地松软、粘牙 | 中 | 15 |
| | 质地松软糜烂、粘牙 | 差 | 10 |
| 口感风味 | 清甜口感、龙眼风味浓厚 | 优 | 25 |
| | 清甜口感、龙眼风味稍差 | 良 | 20 |
| | 清甜口感、带较重微焦味 | 中 | 15 |
| | 清甜口感、焦味浓重 | 差 | 10 |
| 颜色光泽 | 鲜艳、黄里透红、均匀有光泽、一般金黄色或浅红色 | 优 | 25 |
| | 较为鲜艳、黄里透红、一般黄色或浅黄色 | 良 | 20 |
| | 深色无光泽、一般焦黄色或灰白色 | 中 | 15 |
| | 深色中带黑、一般焦褐色或黑色 | 差 | 10 |
| 外观形态 | 果干饱满、不粘结无漏糖 | 优 | 25 |
| | 果干饱满、有粘结和少量漏糖、有较小果肉干燥裂口 | 良 | 20 |
| | 果干有少量破裂完整、有较小的果肉干燥裂口、有少量漏糖烧焦现象 | 中 | 15 |
| | 果干干瘪、部分果肉破裂完整、有较大的果肉干燥裂口、粘结成团、有较多漏糖烧焦现象 | 差 | 10 |

表 2 指标权重

| 质地机构 | 口感风味 | 颜色光泽 | 外观形态 |
|------|------|------|------|
| 0.20 | 0.30 | 0.30 | 0.20 |

感官评价按感官分析的国家标准进行操作进行^[17~20]。

1.4 试验方法

1.4.1 工艺流程

均匀选材→去壳去核→油脂涂膜→热风干燥→微波辐照→冷却包装

1.4.2 检测方法

水分测定^[15]:GB/T 5009.3—1985。

热风干燥含水量的测定:烘干法每半小时计含水量,直到 20% 以下的含水量,风温(70+5)℃。

涂抹食用油:参考相关文献和涂膜的感官效果,实验选用油脂与原料质量比(1:25)。

微波辐照物料不同时刻含水量的测定:平均称取每组物料约 50g,考虑到微波加热特性和龙眼物料高水分的特点,采用辐照-停歇干燥模式。在停歇时间设备停机,迅速称重测温(称量时间不超过停歇时间),再继续辐照,直至湿基 20%~25% 范围内时停止加热。

干燥速率= $\frac{\text{干燥前的含水率}-\text{干燥后的含水率}}{\text{干燥时间}}$

复水率测定:复水率性是反映新鲜食品干制后能重新吸收水分和程度,已成为干制过程中制品品质的重要指标^[15]。准确称取样品 5g±0.1g,放入复水容器,用水量 20 倍,使样品浸渍其中,在室温条件下,每隔 30 min 捞起试样置于粗绢布网上,自然沥水 5 min,称沥干重。每个处理共做 3 次重复。

色率、色值测定:色率(EBC 单位)来表示色泽的

深浅;红色指数(OD)反映色调是表示颜色中含主要颜色强弱的指标^[16]。本实验准确称取样品 10g,于 100 mL 蒸馏水中,在 30℃ 恒温水浴锅中浸泡 24h,吸取 10 mL 浸泡溶液,定容至 100 mL,经 2 400r/min 离心,取上清液,在分光光度计上,用 610 nm 处测定吸光度 A₁,色率(EBC) = 20 000 × A/0.076;红色指数测定:重新调 0,在 510 nm 处测得吸光度值 A₂,红色指数(OD) = A₂/A₁。

感官评价:POV、AV 测定:根据 GB/T5009.37—2003 食用油脂标准分析方法测定油样的过氧化值和酸价。

2 结果与分析

2.1 微波辐射功率对微波干燥速率的影响

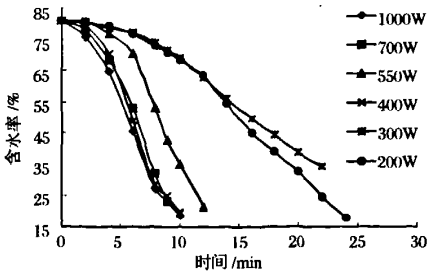


图 1 不同微波辐照功率干燥龙眼含水率的变化

图 1~图 3 显示出微波辐照功率对干燥速率的影响很大,基本呈现如下规律:(1)功率越大,干燥速率越大,干燥时间越短,产品品质越低;在 400W 以上辐照功率下,干燥曲线不呈现明显恒速干燥阶段,在极快升速干燥后,即刻进入降速阶段,干燥速率达到最高值的时间随着功率的减小而增加;(2)但是干燥速率 V₁(400W) > V₂(550W), V₃(200W) >

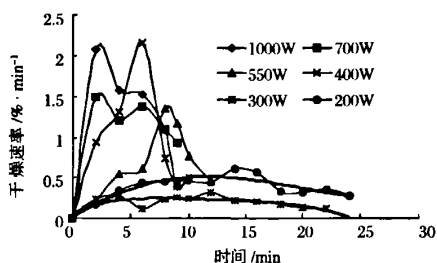


图2 不同微波辐射功率干燥龙眼干燥速率的变化

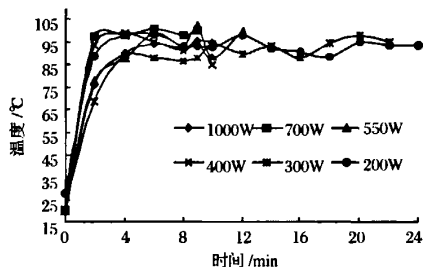


图3 不同微波辐射功率干燥龙眼温度变化

V_4 (300W), 这是因为水分子具有非常高的极化作用, 它快速吸收微波能量。功率越小, 相同时间内辐照时间越短, 较小的能量足以使龙眼升温并达到干燥介质湿球温度, 而不使物料至焦, 用于水分蒸发部分的能量增多, 干燥速率增大; (3) 在辐照功率 300、200W 下, 干燥速率的变化具备较明显的升速、恒速、降速阶段, 干燥速率变化幅度较小, 范围都在 $0.5\%/\text{min}$ 内, 温度变化范围在 $85\sim 95^\circ\text{C}$ 。笔者也对不同功率条件下的感官进行评价 (见图 4), 发现在 200W (功率密度 4W/g) 辐照功率条件下的感官评价价值最好。因此下面实验都选取 200W 辐照功率条件。

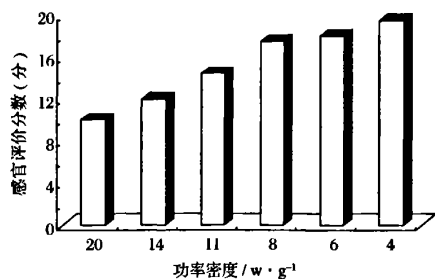


图4 不同微波辐射功率密度的感官评价

2.2 微波辐射间歇时间对微波干燥速率和质量的影响

从 2.1 的分析可以看出, 直接辐照干燥龙眼肉水分来不及蒸发, 过高的热量已经使物料烧焦变性。越低的辐照功率龙眼肉干燥质量越好。选取辐照 10s, 停歇 20、30、40、50s 的辐照间歇干燥模式。

如图 5~图 7 显示出微波辐照间歇干燥方式对

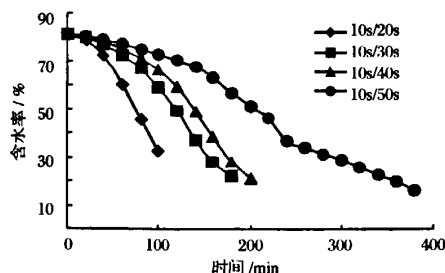


图5 不同微波辐照间歇干燥方式对含水率的影响

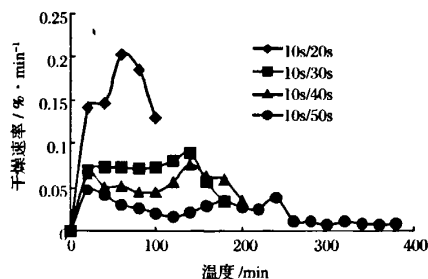


图6 不同微波辐照间歇干燥方式的干燥速率的变化

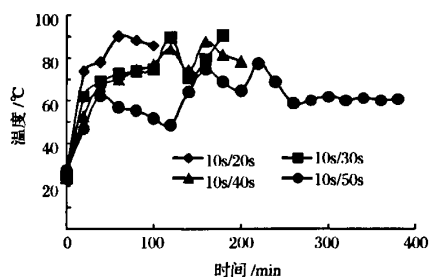
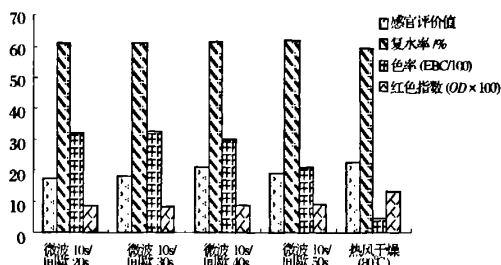


图7 不同微波辐照间歇干燥方式的温度变化

干燥速率和温度的影响较大, 基本呈现如下规律: (1) 间歇时间越长, 干燥速率越小, 干燥耗时越长, 其中辐照间歇干燥模式 10s/50 耗时是 10s/40s 耗时的近 2 倍; (2) 间歇时间越长, 干燥温度越低; 3. 间歇时间越长, 干燥速率越低, 10s/30s、10s/40s、10s/50s 的辐照间歇模式具有较明显的恒速阶段。结合表 2 可知, 10s/40s 具有最好的干燥效果, 但是 10s/50s 干燥效果却不好, 这是因为间歇时间如果过长, 龙眼肉在间歇时间内物料处于蒸煮状态, 致使龙眼肉偏白, 感官质量下降。

本实验数据所示颜色深, 而红色指数低, 说明快速的加热速度在时间上不足以引起美拉德反应的完成, 从而降低龙眼香味化合物的产生, 制约其表面的香味及色素的形成。因此降低微波干燥的加热速度是本实验成败的关键。因此, 微波间歇干燥方式上微波 10s/间歇 40s、微波 10s/间歇 50s 2 种方式都能得到比较好的实验效果。从干燥效率来看, 微波 10s/间歇 40s 所需干燥时间是微波 10s/间歇 50s 的



(为了便于作图比较,图8中色率为正常值的0.01,红色指数为正常值的10倍,图10、图11同)

图8 不同微波间歇时间对龙眼干燥质量的影响

50%。从工业成本来看,微波10s/间歇40s具备更好的实际效益。

2.3 初含水率对微波干燥龙眼速率和质量的影响

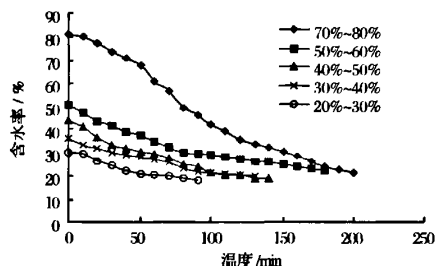


图9 不同初始含水率对龙眼含水率的影响

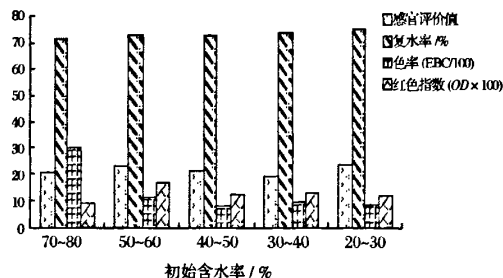


图10 不同初始含水率对龙眼干燥质量的影响

龙眼初含水率对龙眼干燥效率影响甚大。从图9可以看出,初含水率高于初始水分含量50%~60%的龙眼的干燥曲线明显的分为3个阶段:预热阶段、等速干燥阶段和减速干燥阶段,而初含水率在其之下的干燥曲线,仅有预热阶段和减速干燥阶段,说明50%~60%的水分含量是龙眼果肉的饱和点。当初含水率高于饱和点,预热阶段,龙眼肉表面几乎不蒸发水分,含水率变化不大,干燥速度几乎等于零;等速干燥阶段龙眼肉含水率高于饱和点,龙眼内部水分移动的速度足以满足表面蒸发,干燥速度变化很小其原因是由于在微波干燥时,龙眼中的自由水和水蒸气在总压力梯度的作用下以渗透流的形式在其内迁移。

减速干燥阶段,含水率低于纤维饱和点,干燥速率明显比饱和点以上时低,且干燥速度有逐渐降低的趋势。因此,可以把热风 and 微波很好结合起来。在热风干燥到龙眼肉到水分含量50%~60%时,再放入微波炉中干燥(功率密度4W/g,间歇方式:微波10s/间歇40s)。

2.4 添加玉米油对热风微波干燥过程的影响

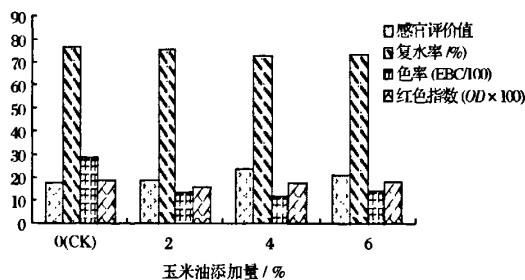


图11 不同添加量的玉米油对龙眼干燥质量的影响

选择4%的比例(玉米油质量占总质量的比例,下同)可以使玉米油均匀适量的覆盖在原料表面,选择2%的比例发现部分原料表面仍较干燥,干燥后原料表面有大面积的焦化现象;而6%的比例已明显看得出过多的油脂积聚在器皿底部,干燥实验后色泽偏重,香味明显偏离了龙眼本来的风味。所以最佳的原料和玉米油比例为4%。

采用不经过油脂涂膜的样品进行对照实验(控制一样的时间条件)。热风干燥到50%~60%的水分时龙眼肉外表面比经涂膜油脂的样品颜色浅且多皱褶,继续同样的微波条件干燥,最后的产品品质与添加油脂的产品相差较大,主要表现在龙眼肉表面有轻微破裂和焦化,焦化现象轻于2%的样品但颜色泛白无光泽,所以感官评价更低。笔者认为在热风干燥阶段,由于油脂膜可以阻挡龙眼肉表面部分水分的蒸发,而使原料受热均匀,从而在较高的热风温度下仍可以得到金黄色的外观;在微波干燥阶段,油脂在一定程度上分散了能量,使物料能够尽可能的均匀吸收微波能量,控制并降低了水分的迁移蒸发速度,从而使微波干燥龙眼肉保持了较高的品质。通过感官评价,本实验最终得到的添加4%的适度加热的玉米调和油涂膜的龙眼肉品质比不添加的提高38.5%,贮藏前其POV及AV值分别为2.13mmol/kg和0.37mgKOH/g,贮藏180d后,POV和AV分别为5.48mmol/kg和1.17mgKOH/g,均未超过国家成品玉米油标准。

3 结 论

(1)优化的油脂添加比例是2%~4%,得到的干制产品感官评价比不添加的提高了38.5%,这是因为油脂可以使龙眼肉在热风 and 微波干燥过程中受热均匀,表面和内部水分迁移速率平稳,从而平衡了干燥的加热速度,一定程度上避免了加热过快产生的龙眼表面香味及色素形成不足、不均匀的问题。

(2)优化的热风微波干燥龙眼肉的工艺条件:热风干燥阶段:风温(70+5)℃,干燥龙眼肉到水分含量50%~60%;微波干燥阶段:功率密度4W/g,和微波10s/间歇40s间歇方式。在此条件下得到的最终产品水分含量为23%~29.5%,贮藏时间6m。

参 考 文 献

- 1 Sharma G P, Suresh Prasad. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination [J]. Journal of Food Engineering, 2001, 50: 99~105
- 2 Medeni Maskan. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying [J]. Journal of Food Engineering, 2001, 48: 177~182
- 3 Contreras C, Martín-Esparza M E. Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry [J]. Journal of Food Engineering, In Press, 2008
- 4 Varith J. Combined microwave-hot air drying of peeled longan [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 81: 459~468
- 5 马先英,林艾光,牟展晓. 用热风与微波组合干燥胡萝卜的工艺 [J]. 大连水产学院学报, 2002, 22(2): 129~132
- 6 罗树灿,李远致. 热风 and 微波结合干燥荔枝加工工艺研究 [J]. 现代食品科技, 2006, 22(3): 10~13
- 7 郑 严. 花椒微波干燥与热风干燥的对比试验研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2006
- 8 杨大伟,夏延斌. 微波 and 热风联合干燥薄层黄花菜的方法研究 [J]. 食品科技, 2003, 9: 28~32
- 9 徐艳阳. 热风 and 微波真空联合干燥甘蓝试验 [J]. 无锡轻工大学学报, 2006, 22(6): 64~66; 95
- 10 Maria D Guillen, Ainhoa Ruiz. Study by means of H nuclear magnetic resonance of the oxidation process undergone by edible oils of different natures submitted to microwave action [J]. Food Chemistry, 2006, 96: 665~674
- 11 马毅红,李雅婷. 微波对食用油脂的性质和组成的影响研究 [J]. 惠州学院学报, 2006, 26(6): 31~35
- 12 臧靖巍,赵国华. 微波对植物油品质因素影响研究 [J]. 粮食与油脂, 2003, 5: 9~11
- 13 白卫东,王 琴. 微波对植物油品质的影响 [J]. 食品科学, 2002, 23(2): 37~40
- 14 宁正祥. 食品成分分析手册 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998
- 15 Moreira R, Chenlo F. Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 86, (4): 584~594
- 16 Edeni Maskan. Kinetics of color change of kiwifruits during hot air and microwave drying [J]. Journal of Food Engineering, 2001, 48: 169~75
- 17 GB/T 13868—1992. 感官分析, 建立感官分析研究室的一般导则 [S]
- 18 GB/T 16291—1996. 感官分析, 专家的选拔、培训和管理导则 [S]
- 19 GB/T 10221—1998. 感官分析, 术语 [S]
- 20 GB/T 19547—2004. 感官分析, 方法学、量值估计法 [S]

Optimization of Drying Process of Longan Meat by Hot-air and Microwave Technology

Guan Rong, Liao Lan, Zeng Qingxiao, Rui Hanming

(South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT Uneven heating during the drying process of longan meat by hot-air and microwave is a big problem. We tried to use the coating on raw materials with moderate warm corn blend oil before drying to improve productivity and quality of longan meat. A specific sensory evaluation systemized and analyzed the drying characteristics of longan meat was established. Based on the power density, heating method, the initial moisture content, the changes of color, drying rate and sensory evaluation were determined. We found the optimization was: 4 w/g power, 10s/40s microwave intermittent, an initial moisture content of 50%~60%, corn blend oil 2%~4%. Comparing to the control ones, this process can get a better quality product with a durability of six months. Therefore, this method has a certain value for the processing of longan.

Key words longan flesh, corn blend oil, hot-air, microwave, drying characteristics