

刘洋洋, 江国标, 龚 霄, 等. 木薯片的真空微波膨化工艺[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(9): 316–318.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.09.091

木薯片的真空微波膨化工艺

刘洋洋¹, 江国标², 龚 霄¹, 蔡漫莉², 李积华¹, 张振文³, 王 飞¹

(1. 中国热带农业科学院农产品加工研究所, 广东湛江 524001; 2. 岭南师范学院, 广东湛江 524048;
3. 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所, 海南儋州 571737)

摘要:在单因素(漂烫时间、切片厚度、水分含量、膨化功率和膨化时间等)对木薯薯片真空微波膨化品质影响的试验基础之上, 通过正交试验优化得出木薯薯片的最佳工艺条件。结果表明, 木薯片在厚度 2.0 mm、沸水漂烫 60 s、水分含量 15% 预处理条件下, 经过 1.35 kW 的真空微波处理 85 s 得到膨化率为 157% 的最佳木薯产品。

关键词:真空微波膨化; 木薯片; 膨化率; 脆度

中图分类号: TS215 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)09-0316-03

木薯 (*Manihot esculenta*) 别称树薯, 大戟科 (Euphorbiaceae) 植物, 原产于美洲热带地区的亚马逊河流域, 是世界七大作物之一, 与马铃薯、红薯并列为世界三大薯类作物, 原料丰富, 价格低廉, 具有良好的药用价值和食用价值。我国于 19 世纪 20 年代在广东高州一带引种栽培, 随后引入海南岛, 现已广泛分布于华南地区, 以广西、广东和海南栽培最多, 福建、云南、江西等省局部地区也有栽培^[1]。近几年, 我国的木薯产业化发展较快, 某些地方已初具规模, 成为华南农业经济的一个重要组成部分, 但产业化水平相对滞后, 木薯食品的深加工甚至才刚刚起步^[2-3]。微波技术作为一种新兴食品加工技术, 以其众多独特的优点在食品加工中愈显重要。微波加热是通过微波能与食品直接相互作用, 进行表面与内部一致的整体加热, 加热速度快、时间短、含油率低, 且加热过程具有自动热平衡性能, 反应灵敏、易于控制、热效率高、设备占地面积小等^[4-6]。真空微波膨化就是利用微波透入物料内部进行剧烈加热, 致使物料内部蒸气形成速率超过其迁移速率, 在物料中形成蒸气压梯度, 当此压力达到或超过纤维组织结构的承受强度时, 通过这种内压力使物料膨化^[7], 而真空度越大, 水的沸点温度越低, 越有利于物料膨化。目前, 微波膨化技术在食品中多应用于果蔬类、淀粉类与蛋白质类食品的加工^[8], 其中尤以膨化淀粉类食品研究较多且应用性强。本试验通过真空微波膨化技术对木薯片进行加工处理, 探究切片厚度、水分含量等因素对木薯膨化效果的影响, 并获得最优工艺条件, 为木薯膨化食品的工业生产奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器

面包、木薯购于广东省湛江市。试验设备包括 XK-MCM-4GS 真空微波干燥机 (广东省广州市翔科仪器科技有

限公司)、烘箱 (上海精宏实验设备有限公司)、MRS 120-3 水分测定仪 (德国 Kern 公司)、CT-3 质构仪 (美国 Brookfield 公司)。

1.2 加工过程

木薯根→清洗去皮→切片→漂烫→干燥→微波膨化→二次膨化→冷却→包装→成品 (测体积)。挑选粗壮、无损伤、无霉变的新鲜木薯, 洗净去皮; 将木薯切成 1~3 mm 等不同厚度的均匀薄片; 将切好的木薯片于煮沸的热水中漂烫 0~120 s (根据试验需求), 沥干水分, 冷却; 将冷却的木薯放入烘箱中, 50 ℃ 进行干燥; 将木薯片放入真空微波膨化机中, 设置功率和时间, 进行膨化; 将膨化好的木薯片拿出, 除去焦糊部分, 70 ℃ 热风干燥至含水量为 7% 以下 (即二次膨化); 冷却与包装, 即挑选色泽均匀、形状完整的木薯片充氮包装。

1.3 感官评判膨化效果指标

木薯片感官评判膨化效果指标见表 1。

1.4 膨化率

采用排小米法^[9]进行膨化, 计算膨化率: 膨化率 = $(V_{\text{膨化后}} - V_{\text{膨化前}}) / V_{\text{膨化前}} \times 100\%$ 。

1.5 脆度

采用质构仪进行压缩测试, 在灵敏度为 8% 负载量时, 测试木薯片断裂数^[10]。

1.6 关键工艺对膨化的影响

1.6.1 漂烫时间对膨化的影响 木薯去皮洗净, 轴向切成 2 mm 厚度的木薯片, 在沸水中分别漂烫 120、90、60、30、0 s 后, 沥干水分, 于 50 ℃ 烘箱中烘干至薯片水分含量为 10% 左右, 在 1.35 kW 功率下真空微波膨化, 测定其膨化率、脆度, 进行感官评定。

1.6.2 切片厚度对膨化的影响 木薯去皮洗净, 分别切成 1、2、3、4 mm 等 4 个梯度的薄片, 沸水中漂烫 60 s, 沥干水分, 50 ℃ 烘干至水分含量 10% 左右, 1.35 kW 功率下真空微波膨化并测定各项指标。

1.6.3 水分含量对膨化的影响 木薯去皮洗净, 轴向切片 2.0 mm, 沸水中漂烫 60 s, 控制干燥时间使木薯片水分含量分别为 40%、30%、20%、10%、5%, 在 1.35 kW 功率下真空微波膨化 60 s, 并测定各项指标。

收稿日期: 2015-08-09

基金项目: 中国热带农业科学院院级基本科研业务费专项 (编号: 1630032015004)。

作者简介: 刘洋洋 (1985—), 男, 辽宁海城人, 助理研究员, 主要从事农产品加工研究。E-mail: hws082319@163.com。

表 1 对木薯片膨化的感官评判评分情况^[9]

感官评价等级 (分值)	色泽	香味口感	纹理结构
不合格(<60 分)	焦黄部分严重,色泽差	无木薯味或含其他杂味	不成形,裂片碎片较多
良(60~80 分)	有部分焦黄,色泽暗淡	有一定木薯味,几乎没有杂味	形状较完整,内部较致密
优(>80 分)	无焦黄色,色泽光亮,洁白	有木薯天然香气洋溢,感觉怡人舒服	形状完整,无裂片碎片,结构致密

1.6.4 辐照功率对膨化的影响 木薯去皮洗净轴向切片 2.0 mm,沸水漂烫 60 s,水分含量控制在 10% 左右,分别在 1.35、2.70、4.05 kW 的功率下真空微波膨化 60 s,测定薯片各项指标。

1.6.5 辐照时间对膨化的影响 木薯去皮洗净轴向切片 2.0 mm,沸水漂烫 60 s,水分含量控制在 10% 左右,分别在 1.35 kW 功率下真空微波膨化辐照 50、60、70、80、90、100 s,并测定薯片各项指标。

1.7 正交试验

木薯片真空微波膨化工艺优化正交试验设计结果见表 2。

表 2 木薯片真空微波膨化工艺优化正交试验设计情况

水平	水分含量 (%)	切片厚度 (mm)	辐照时间 (s)
1	10	1.5	75
2	15	2.0	80
3	20	2.5	85

2 结果与分析

2.1 沸水漂烫时间试验结果

由图 1 得知,随着漂烫时间的延长,膨化度和脆度均有所增加,并在 60 s 附近获得最大值,部分木薯片色泽略显焦黄,这与水分含量和切片厚度有关。漂烫时间超过 90 s 后,木薯片容易变形、撕裂,并且膨化度和脆度也相应降低。

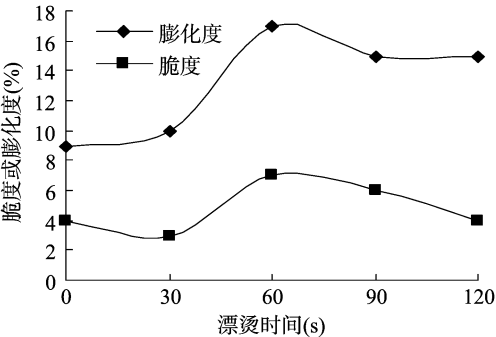


图1 漂烫时间对膨化的影响

2.2 切片厚度试验结果

由图 2 可知,木薯片膨化效果与片块厚度有很大关系,切片厚度>2 mm 时,薯片的膨化度有较明显的下降,而脆度在大于 2.5 mm 后也有一定程度的下降。木薯片的厚度对木薯片中水分的蒸发有一定的影响,厚度过大,不利于水分的蒸发,达不到理想的膨化度和脆度;厚度过小,产品容易焦糊,并且增加工艺的难度。

2.3 水分含量试验结果

由图 3 可知,水分也是影响膨化度和和脆度的关键因素,水分含量在很大程度上影响木薯片的膨化率。水分含量不足 10% 时,水分蒸发所形成的梯度压力不足以破坏结构纤维的

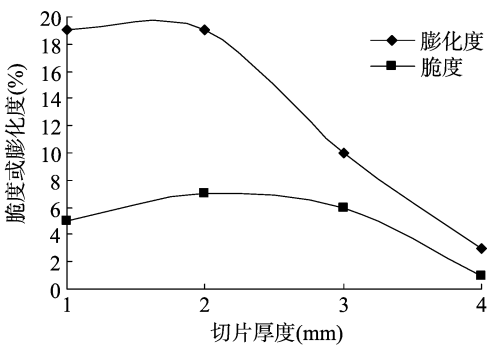


图2 切片厚度对膨化的影响

结构,达不到膨化的目的,所形成的产品膨化度低,硬度大;水分含量超过 20% 时,水分不能完全汽化,剩余那部分未汽化的液态水有较大的表面张力,在细胞之间起黏联作用,一定程度上阻碍膨化的进行^[11]。

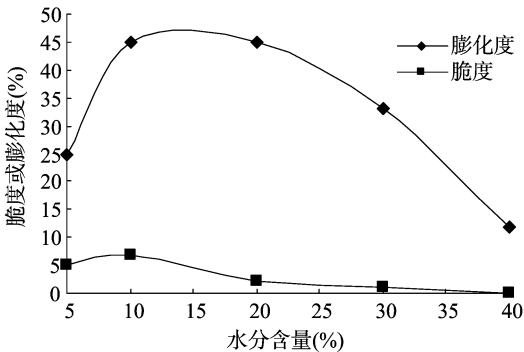


图3 水分含量对膨化的影响

2.4 微波辐照功率试验结果

由图 4 可知,微波功率对木薯片膨化效果影响不大,尤其在薯片脆度方面,几乎没有变化;在膨化度方面,最大值出现在 1.35~2.70 kW 之间,并且对膨化度的影响比较有限,从节约资源、保护环境的角度出发,本试验宜采用低功率 1.35 kW 进行真空微波膨化。

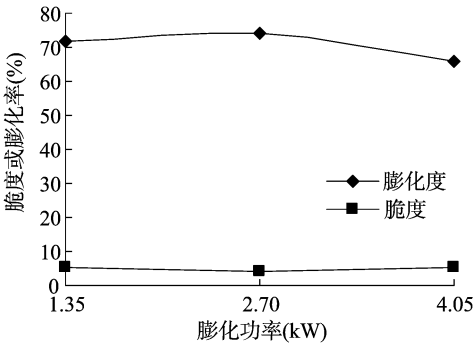


图4 微波辐照功率对膨化的影响

2.5 膨化时间试验结果

由图 5 可知,微波辐照 80 s 时,木薯片具有最高的断裂数,

即脆度最大。膨化时间对膨化度的影响较小,但时间的延长对木薯片表面色泽影响较大。综上可知,膨化 80 s 较为适宜。

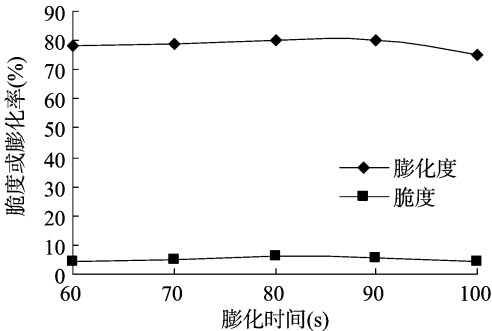


图5 膨化时间对膨化的影响

表 3 木薯片真空微波膨化工艺条件的正交试验结果

试验号	A:水分含量	B:切片厚度	C:膨化时间	D:空白	感官评分 K	膨化率 P(%)
1	1	1	1	1	76	80
2	1	2	2	2	73	105
3	1	3	3	3	65	93
4	2	1	2	3	90	122
5	2	2	3	1	89	157
6	2	3	1	2	92	110
7	3	1	3	2	74	85
8	3	2	1	3	83	83
9	3	3	2	1	73	62
$k_1(K)$	71.333	80.000	83.667	79.333		
$k_2(K)$	90.333	81.667	78.667	79.667		
$k_3(K)$	76.667	76.667	76.000	79.333		
$R(K)$	19.000	5.000	7.667	0.334		
$k_1(P)$	92.667	95.667	91.000	99.667		
$k_2(P)$	129.667	115.000	96.333	100.000		
$k_3(P)$	76.667	88.333	111.667	99.333		
$R(P)$	53.000	26.667	20.667	0.667		

3 结论

根据单因素和正交试验结论可知,微波膨化木薯片的最佳工艺为:木薯根轴向切片 2.0 mm,沸水漂烫 60 s,水分含量 15%,微波辐照功率 1.35 kW,处理 85 s,在此条件下得到最佳木薯产品。水分含量是影响真空微波膨化的最主要因素,这与 Sullivan 等对苹果胡萝卜等压差膨化的结果^[12-15]一致,因此须要严格控制水分含量,以得到优质的木薯膨化食品。

参考文献:

[1]方佳,濮文辉,张慧坚. 国内外木薯产业发展近况[J]. 中国农学通报,2010,26(16):353-361.

[2]黄洁,李开绵,叶剑秋,等. 中国木薯产业化发展研究与对策[J]. 中国农学通报,2006,22(5):421-426.

[3]黄洁,李开绵,叶剑秋,等. 中国木薯产业化发展对策[M]. 北京:中国农业出版社,2006:596-608.

[4]丘苑新,吴雪君,张辉玲. 香芋脆片的微波加工工艺研究[J]. 广东农业科学,2010,37(2):116-118.

[5]李国胜,王苑珍. 微波膨化菠萝蜜混合脆片的加工工艺研究[J]. 北方园艺,2014(1):136-139.

2.6 正交试验设计

由表 3 可知,木薯片感官评分从大到小为水分含量>膨化时间>切片厚度,最佳组合为 A₂B₂C₁,即水分含量为 15%、切片厚度为 2.0 mm、膨化时间为 75 s;而对木薯片膨化度影响的从大到小依次为水分含量>切片厚度>膨化时间,最佳组合为 A₂B₂C₃,即水分含量为 15%、切片厚度为 2.0 mm、膨化时间为 85 s。补充试验结果显示,在 A₂B₂C₁ 组合条件下,木薯片的感官评分和膨化度分别为 92 分、132%,与 A₂B₂C₃ (89 分、157%)组合条件下的结果相比,感官评分高 3 分,但膨化率有了较大幅度的下降。由于感官评定结果存在一定的主观性并且相邻分数相差不明显的特点,真空微波膨化木薯片的最佳工艺条件为:水分含量 15%、切片厚度 2.0 mm、膨化时间 85 s。

[6]艾对元,梁琪,毕阳,等. 蚕豆微波膨化的工艺优化[J]. 甘肃农业大学学报,2012,47(2):126-130.

[7]张立彦,芮汉明,李作为. 淀粉的种类及性质对微波膨化的影响[J]. 食品与发酵工业,2001,27(3):21-25.

[8]张丽晶,林向阳,张宏,等. 微波膨化技术在食品中的应用研究[J]. 农产品加工·学刊,2008(8):26-28,70.

[9]张容鸽,窦志浩,万祝宁,等. 油炸木薯片工艺研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(27):15084-15086,15091.

[10]刘璐,廖李,程薇,等. 微波膨化山药脆片的加工工艺研究[J]. 湖北农业科学,2014,53(17):4126-4129,4135.

[11]毕金峰,魏益民,王秋,等. 哈密瓜变温压差膨化干燥工艺优化研究[J]. 农业工程学报,2008,24(3):232-237.

[12]Sullivan J F, Konstance R P, Dellamonica E S, et al. Carrot dehydration - optimization process studies on the explosion puffing process[J]. Food Science, 1981, 46(5):1537-1542.

[13]Sullivan J F, Craig J C. The development of explosion puffing[J]. Food Technology, 1984, 38(2):52-55.

[14]毕金峰. 响应面分析法优化马铃薯变温压差膨化干燥工艺研究[J]. 食品科学,2007,28(11):236-240.

[15]何新益,程莉莉,刘金福,等. 膨化温度对冬枣变温压差膨化干燥特性的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(12):389-392.