

柿饼干制过程中理化性质的变化规律研究

施宝珠¹, 段旭昌¹, 吴烨婷¹, 梁连友², 焦中高³, 冯锁劳⁴

(1. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100) (2. 西北农林科技大学富平现代农业综合试验示范站, 陕西富平 711799) (3. 中国农业科学院郑州果树研究所, 河南郑州 450009) (4. 富平县柿子研究所, 陕西富平 711799)

摘要: 为探索柿饼干制过程中柿饼的生理生化变化规律, 以求为柿饼的干制方法和工厂化生产提供理论依据, 采用对比试验, 研究柿饼人工控制干制和自然干制过程中柿子中的水分、单宁、原果胶、水溶性果胶、乙醇、乙醛、乙醇脱氢酶活性和果胶酶活性的变化规律, 测定自然干制过程二氧化硫含量的变化, 比较人工干制与自然干制柿饼的卫生状况。柿饼的人工干制与自然干制过程中的水分、单宁、原果胶、水溶性果胶、乙醇、乙醛、乙醇脱氢酶活性和果胶酶活性的变化趋势一致, 而人工干制的时间是自然干制时间的 1/7, 人工干制柿饼不受天气影响, 无二氧化硫残留, 细菌总数只有 23 CFU/g, 而自然干制需要进行 6 次二氧化硫熏蒸防霉, 最终产品二氧化硫残留量高达 150 mg/kg, 细菌总数达 3500 CFU/g, 是人工干制细菌总数的 152 倍。证明柿饼的人工干制完全可以替代自然干制过程。

关键词: 柿饼; 单宁; 果胶; 乙醇; 乙醛; 果胶酶; 乙醇脱氢酶

文章编号: 1673-9078(2017)9-224-230

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.9.033

Patterns of the Physiological and Biochemical Changes during the Persimmon Drying Process

SHI Bao-zhu¹, DUAN Xu-chang¹, WU Ye-ting¹, LIANG Lian-you², JIAO Zhong-gao³, FENG Suo-lao⁴

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

(2. Fuping Modern Agriculture Comprehensive Demonstration station, Northwest A&F University, Fuping 711799, China)

(3. The Chinese Academy of Agricultural Sciences Fruit Tree Research Institute of Zhengzhou, Zhengzhou 450009, China)

(4. Fuping Persimmon Institute, Fuping 711799, China)

Abstract: The aim of this study was to explore the pattern of the physiological and biochemical changes in persimmons during the drying process and provide a theoretical basis for the best method to dry and produce persimmons in a factory. The patterns of changes in moisture, tannins, original pectin, soluble pectin, ethanol, and aldehyde content, and the alcohol dehydrogenase and the pectinase activities of persimmon during artificial and natural drying processes were investigated and compared. The changes in the sulfur dioxide content during the natural drying process was determined, and the total number of bacteria in dried persimmon samples prepared by artificial and natural drying processes were compared. The results showed that the moisture, tannins, original pectin, soluble pectin, ethanol, and aldehyde content, and the alcohol dehydrogenase and the pectinase activities of the dried persimmon samples prepared by artificial and natural drying processes were consistent, but the artificial drying process required about one-seventh of the time required for natural drying. Dried persimmons prepared from artificial drying were not affected by the climate and did not contain sulfur dioxide residue, and the total number of bacteria was only 23 CFU/g. Nevertheless, for natural drying process, the persimmon needed to be fumigated six times with SO₂ to prevent mildew, the dried persimmon prepared from natural drying contained 150 mg/kg sulfur dioxide residue, and the total number of bacteria was 3500 CFU/g, which was 152 times of that in the dried persimmon prepared by artificial drying. The above findings showed that the artificial drying process could completely replace natural drying for producing dried persimmons.

Key words: dried persimmon; tannins; pectin; ethanol; aldehyde; pectinase; ethanol dehydrogenase

收稿日期: 2017-02-24

基金项目: 渭南市科技局校企合作项目 (A289021605); 西北农大基地项目 (TGZX2016-20); 河南省果树瓜类生物学重点实验室开放课题 (HNS201603-1)

作者简介: 施宝珠 (1994-), 女, 硕士生, 主要从事食品加工新技术研究

通讯作者: 段旭昌 (1965-), 男, 博士, 副教授, 主要从事食品加工新技术与天然产物及功能性研究

柿饼是柿果经去皮干制自然起霜而形成的一种人们喜食的天然保健干果果脯,在中国已有千年历史,是中国柿子产业的主要经济收入来源^[1]。柿饼口感柔软、绵甜、风味独特,富含蔗糖、葡萄糖、果糖、蛋白质和类胡萝卜素等多种营养成分^[2,3]。目前制作柿饼的方法多采用自然晾晒、自然起霜,制作时间长达60多天,受天气和自然环境影响较大,生产过程易受大气粉尘、昆虫污染,卫生质量差。同时在干制过程中为防止柿饼发霉,群众普遍采用硫磺熏蒸,导致残留二氧化硫严重超标,给柿饼产品的质量安全造成了很大隐患。人们在积极探索新型的柿饼生产方法来替代传统的生产方式,以提高柿饼品质和卫生安全质量,各种人工干燥房与干制过程中工艺控制不断更新,其中韦禄民等^[4]设计了一种智能化柿饼烘干系统,陈华^[5]设计了5HD-35型柿饼烘干机,虽然更加适宜于柿饼的加工,但却缺少对人工干制柿饼成品的理化分析,无法判断其与自然干制柿饼之间的差异。

陕西富平是中国柿子与柿饼的重要产区,富平柿饼历史悠久,尤其是富平的合儿饼是历代朝廷贡品,富平柿饼已成为国家地理标志产品。但富平柿饼也是以传统柿饼制作方法生产为主,存在着巨大的安全隐患。为提高富平柿饼的安全质量,保持富平柿饼的传统品质,保护富平柿饼的国家地理标志产品荣誉,探索富平柿饼的人工干制技术,我们采用自主设计的自控热泵臭氧杀菌柿饼干燥房^[6]生产柿饼,将传统工艺与人工干制工艺生产柿饼过程的生理生化变化规律进行对比,为人工干制方法替代传统生产方法提供理论指导,以期实现传统柿饼的工厂化生产。

1 材料与方法

1.1 原料

柿果:采自陕西富平县杜村柿子园,品种为当地著名的升底尖柿,柿子采收期是2015年11月1日至2015年11月5日,柿子大小均控制在200g左右。

1.2 仪器与设备

PHS-3C型精密pH计,上海精密科学仪器有限公司;H-1850高速冷冻离心机,北京迪马科技有限公司;HX-PB915多功能料理机,奥克斯;DK-98-II恒温水浴锅,天津市泰斯特仪器有限公司;DH360电热恒温培养箱,北京科伟永兴仪器有限公司;UV-1240紫外分光光度计,日本岛津公司;智能控制臭氧紫外线复合杀菌空气能干燥房,湖北黄石东贝机电集团有限公司承建。

1.3 试验方法

1.3.1 柿饼制作

柿饼人工干燥采用智能控制臭氧紫外线复合杀菌空气能干燥房干制,干制过程采用五段式干燥,干燥条件依次为:40℃湿度65%干燥48h;25℃湿度65%干燥12h;45℃湿度40%干燥36h;25℃湿度40%干燥12h;40℃湿度30%干燥至柿饼含水量30%^[6]。在柿饼干燥过程中每天早晚进行30min的臭氧紫外线复合自动杀菌处理,以防柿饼表面发霉。人工干燥共历时132h(5天半),从干燥开始每隔12h取一次样,每次随机从干燥房中抽取5个柿饼胚作为一个样品,进行样品的生理生化成分测定。自然干燥采用当地传统方法生产。从柿饼上架开始取样,每天取一次样,每次随机取5个柿饼胚为一个样品,连取41d。最后将干燥好的柿饼胚收于干净塑料布上平铺放入0~5℃冷库,利用冷库内风机进行吹风间歇式冷风起霜,大约10~15d后,柿饼表面就会结满白霜,随机选取5个柿饼成品进行生理生化成分测定。

1.3.2 水分含量测定

采用常压105℃干燥,重量法测定。

1.3.3 可溶性单宁含量测定

采用F-D(Folin-Denis)单宁测定法测定^[7]。

1.3.4 果胶、原果胶与水溶性果胶含量测定

参照NYT 2016-2011(水果及其制品中果胶含量的测定分光光度法)^[8]与王亚楠^[9]的方法并稍作改动。称取5g样品,研磨,置于50mL离心管中,加入30mL 80℃ 95%乙醇及少量滤纸屑,沸水浴30min,取出,迅速冷却,4000r/min离心15min,倒去上清液,重复上述步骤,直至上清液不再产生糖的molish反应为止,取沉淀物用于果胶含量测定。已用酒精洗脱的沉淀中加水40mL,50℃水浴30min,之后4000r/min离心15min,上清液移入50mL容量瓶中加蒸馏水定容,此为水溶性果胶溶液;在上述离心管的沉淀中加入0.5mol/L H₂SO₄ 100mL,沸水浴1h,以水解原果胶,冷却后离心,移至100mL容量瓶中加水定容,此为原果胶溶液。

将上述提取的水溶性果胶和原果胶两种提取溶液均稀释20倍后,各吸取1mL溶液分别加入到含有5mL浓硫酸的两个25mL玻璃试管中,不断摇晃后,再分别加入0.25mL、1g/L 吡啶乙醇溶液,混匀后立刻将试管放入85℃的水浴锅中反应20min,取出后迅速冷却,在1.5h内于525nm下测定其吸光度,并用半乳糖醛酸制作标准曲线,分别计算样品的果胶、原果胶和水溶性果胶含量。

1.3.5 乙醛含量测定

按乙醛检测试剂盒 (Megazyme) 操作说明进行乙醛含量测定。

1.3.6 乙醇含量测定

按乙醇检测试剂盒 (Megazyme) 操作说明进行乙醇含量测定。

1.3.7 乙醇脱氢酶活性测定

柿子中乙醇脱氢酶粗酶液的提取参照 BoškovićR 的方法^[10]。提取液为 0.1 mol/L、Tris-HCl(50 mL、0.1 mol/L Tris-HCl, 50 mg、DTT, 500 mg、PEG6000, 500 mg、PVPP, 50 mL、 β -巯基乙醇, 3 g 蔗糖, pH 8.0), 取 1 g 样品加入冰浴中预冷 30 min 的提取液 5 mL 研磨成匀浆于 4 °C、12000 r/min 冷冻离心 20 min, 取上清液按乙醇脱氢酶检测试剂盒 (Megazyme) 操作说明进行乙醇脱氢酶活性测定。

1.3.8 果胶酶活性测定

柿子中果胶酶粗酶液的提取参照李如丹等的方法进行^[11], 并取粗酶液按果胶酶检测试剂盒 (Megazyme) 操作说明进行果胶酶活性测定。

1.3.9 细菌总数与霉菌数测定

细菌总数按 GB 4789.2-2010 (食品微生物学检验 菌落总数测定) 中的方法进行测定^[12]; 霉菌数按 GB 4789.15-2010 (食品微生物学检验 霉菌和酵母计数) 中的方法进行测定^[13]。

1.3.10 二氧化硫含量测定

按 GB/T 5009.34-2003 (食品中亚硫酸盐的测定) 中的蒸馏法进行测定^[14]。

1.3.11 感官评价

依据 GB/T 20453-2006 (柿子产品质量等级)^[15] 制定柿饼的感官评价标准见表 1, 满分为 10 分, 10 名具备相关培训经历的人员对两种柿饼成品做出感官评价, 感官评分结果为其平均值。

表 1 柿饼感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standards of dried persimmons

项目	评分标准	评分
外观	剖面色泽一致, 无干皮, 无破损	3~4
	剖面色泽一致, 有轻薄干皮, 无破损	2~3
	剖面色泽一致, 有轻度干皮, 破裂处长 0.5 cm 以内	1~2
	剖面色泽一致, 有轻度干皮, 破裂处长 1 cm 以内	0~1
滋味	口感绵软有弹性, 无涩味, 甜度适中	5~6
	口感绵软微弹, 无涩味, 甜度适中	4~5
	口感绵软微弹, 微涩, 甜度适中	3~4
	口感绵软微弹, 微涩, 甜度偏重或偏淡	1~2

1.4 数据统计与分析

所有的实验指标至少进行 3 次重复测定, 测定结果用平均值 \pm 标准偏差表示, 利用 SPSS Statistics 20 软件对数据进行 ANOVA 差异显著性分析, $p < 0.05$ 为显著性差异, 采用 Origin 8.0 进行图表处理。

2 结果分析

2.1 柿饼干燥过程水分含量与干燥速率变化分析

柿饼干燥过程中的水分含量变化与干燥速度变化试验结果见图 1、2 和 3。由图可知人工干燥过程中柿饼胚的水分含量随着干燥时间的延长不断降低, 且下降速度持续减缓, 最后趋于平衡, 132 h 后其水分含量

下降到 30.09%, 其变化具有一定的规律性。自然干燥柿饼胚的水分含量降低缓慢, 且呈不均匀下降, 受环境影响较大, 天气温度与干燥速率间呈显著相关 ($p < 0.1$), 如 20~24 d, 柿子水分含量变化很小, 5 d 内柿子水分含量仅从 53.77% 降到了 51.16%, 结合当地天气, 此时是 11 月 25 号至 29 号, 处于当地的雨季, 为阴雨天, 空气湿度大, 环境温度低, 所以柿子干燥速率很小, 同样的现象发生在柿饼自然干燥的第 5、7、10、12~13、16~17、21、23~24、26~27 d, 而这些时间段不是阴天就是雨天, 该数据证明柿饼的自然干燥速率极易受气候环境的影响。陈合等^[16,17]认为柿饼的含水量控制在 28% 时, 柿饼易于储存且口感较好。当水分含量高于 30%, 柿饼不易储存, 易发霉。考虑到起霜时会有约 2% 水分丢失, 所以柿饼胚最适水分含量为 30% 左右。在达到相同水分含量下, 人工干燥时间比自然干燥时间要缩短 7~8 倍。

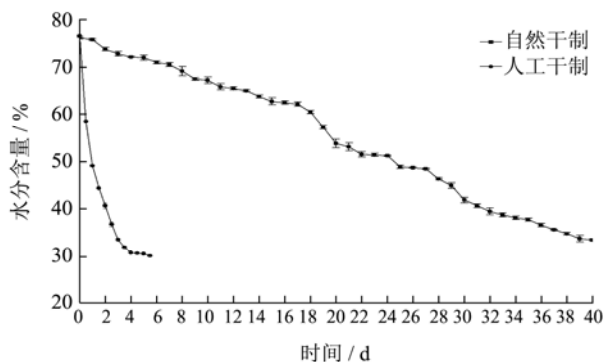


图1 干燥过程中柿子水分含量的变化

Fig.1 Change in moisture content of persimmon during the drying process

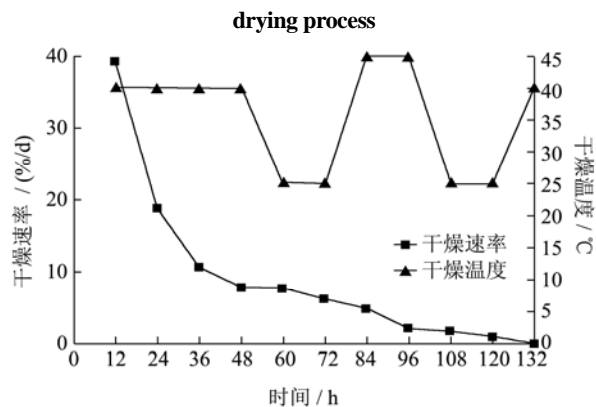


图2 人工干燥过程中柿子干燥速率的变化

Fig.2 Change in drying rate during artificial drying

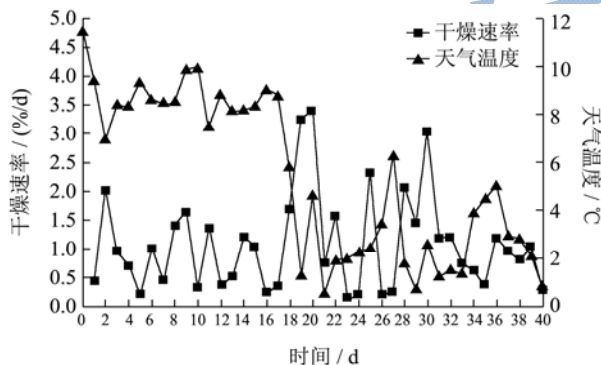


图3 自然干燥过程中柿子干燥速率的变化

Fig.3 Change in persimmon drying rate during natural drying

2.2 柿饼干燥过程中可溶性单宁变化分析

可溶性单宁是柿子涩味来源的主要化学物质,柿饼生产过程中只有将可溶性单宁转化成聚合单宁,使可溶性单宁降低到一定程度,柿子的涩味才能消失。因此研究柿饼干燥过程中的可溶性单宁变化对柿饼的感官品质具有重要作用。

由图4可知自然干燥和人工干燥的柿饼胚可溶性单宁含量变化趋势均为反S型。其中,滞后期的形成可能与柿子去涩物质乙醛的积累有关,当乙醛含量积

累达到一定程度时,可溶性单宁在乙醛的作用下聚合形成聚合单宁,使柿子脱去涩味,这与徐君驰等^[18]的报导相符,且人工干制在3~3.5 d时,单宁下降速率最快,此时柿饼房的温度为25℃~45℃的过渡阶段,而乙醇脱氢酶的最适作用温度为37℃,故推测此时单宁下降速率增快的原因是前期乙醛的积累、乙醇脱氢酶活性的增加以及温度的升高,自然干制在28~30 d时单宁下降速率最快也是同样原因。

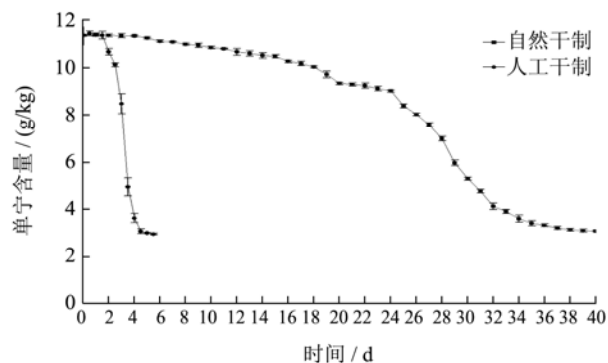


图4 干燥过程中柿子可溶性单宁含量的变化

Fig.4 Change in persimmon soluble tannin content during the drying process

2.3 柿饼干燥过程中乙醇、乙醛含量与乙醇脱氢酶活性变化分析

柿子涩味的脱除机理普遍认为是柿子中的糖经无氧代谢醇解产生乙醇,乙醇在乙醇脱氢酶作用下转化为乙醛,乙醛与柿子中的可溶性单宁反应,使可溶性单宁转化为聚合单宁,由于聚合单宁失去与人唾液中蛋白质反应基团,从而失去产生涩味的能力^[18,19]。

由图5和图6分析可知,自然干制过程与人工干制过程柿饼胚中乙醇、乙醛含量变化呈极显著相关($p < 0.05$),且柿饼胚在自然干制29 d时的乙醇、乙醛含量达到最大值,此与柿饼胚的可溶性单宁含量快速下降的时间一致,相同的情况发生在人工干燥中。

由图7可知,乙醇脱氢酶活性在柿饼自然干燥过程中由于受气温变化和乙醇乙醛的含量影响不断变化,在28 d达到最大活性8.71 U/g,与上述推测相符,相同的情况发生在人工干燥中,但人工干制的乙醇脱氢酶活性最大值为9.22 U/g,高于自然干制。

可推断在柿饼干制的过程中,由于无氧呼吸作用,乙醇不断积累,同时在乙醇脱氢酶的作用下,乙醇不断被氧化成乙醛,而乙醛与可溶性单宁发生反应形成聚合单宁,降低了柿果中的可溶性单宁,从而使柿果脱涩。

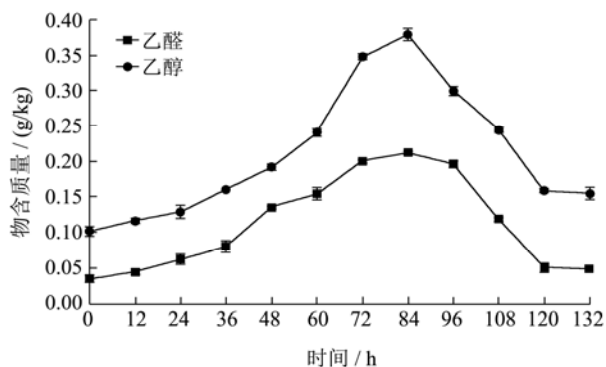


图5 人工干燥过程中柿子乙醇乙醛含量的变化

Fig.5 Change in persimmon ethanol and acetaldehyde content during artificial drying

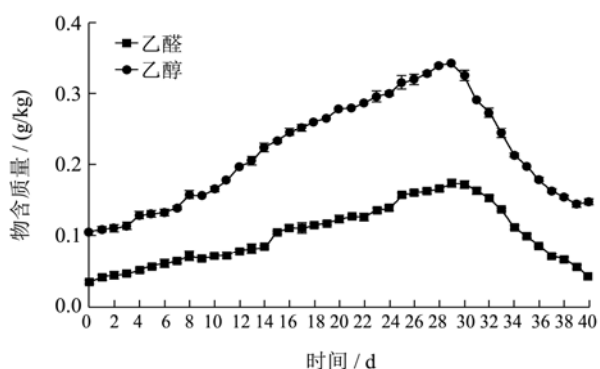


图6 自然干燥过程中柿子乙醇乙醛含量的变化

Fig.6 Change in persimmon ethanol and acetaldehyde content during natural drying

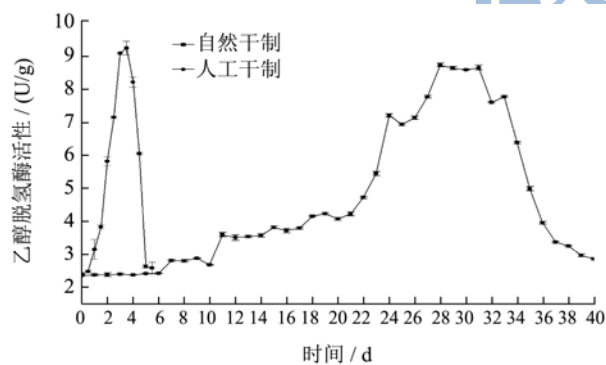


图7 干燥过程中柿子乙醇脱氢酶活性的变化

Fig.7 Change in persimmon alcohol dehydrogenase activity during the drying process

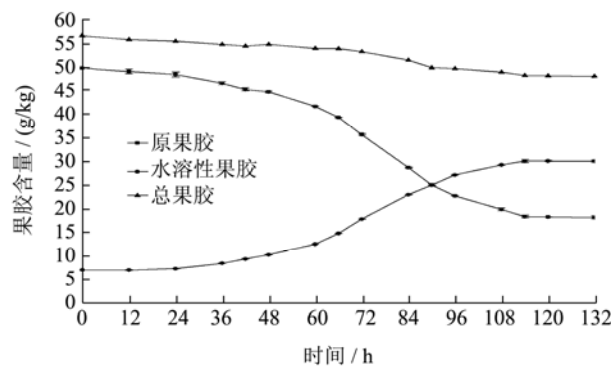


图8 人工干燥过程中柿子果胶含量的变化

Fig.8 Change in persimmon pectin content during artificial drying

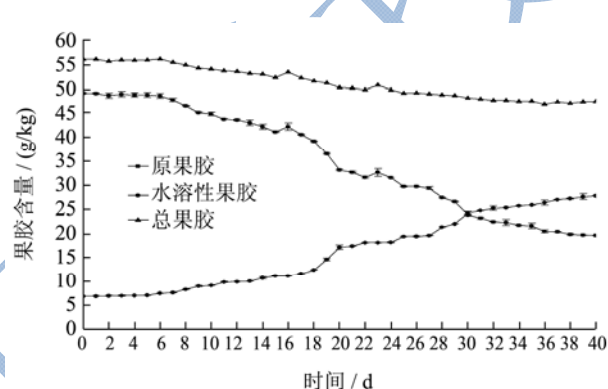


图9 自然干燥过程中柿子果胶含量的变化

Fig.9 Change in persimmon pectin content during natural drying

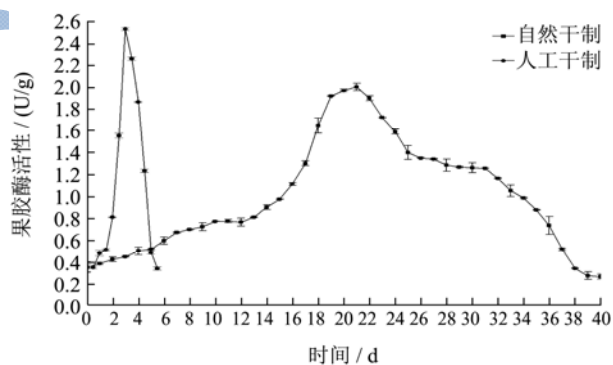


图10 干燥过程中柿子果胶酶活性的变化

Fig.10 Change in persimmon pectinase activity during the drying process

2.4 柿饼干燥过程中果胶、原果胶、水溶性果胶及果胶酶活性变化分析

柿子的软化与果胶含量密切相关，原果胶可以维持柿子的硬度，水溶性果胶可为柿子提供弹性和粘性^[20]。柿饼在干燥过程中，要将其原果胶转化为水溶性果胶，为柿饼提供柔软的组织结构。

由图8和9分析可知，自然干制过程与人工干制过程柿饼胚中果胶、原果胶、水溶性果胶含量变化趋势相一致。柿饼的加工过程中总果胶的含量呈缓慢的下降趋势，人工干制柿饼的总果胶含量最终由初始值56.54 g/kg 下降到了47.92 g/kg，自然干制则是由56.02下降到了47.39 g/kg，几乎一致。原果胶的含量呈反S型下降趋势，人工干制柿饼胚原果胶含量最终稳定在

18.02 g/kg, 自然干制则是 19.66 g/kg, 与之相对的, 水溶性果胶则呈 S 型上升趋势, 人工干制柿饼胚水溶性果胶含量最终稳定在 29.90 g/kg, 自然干制则是 27.73 g/kg。在干制过程中柿饼胚不断软化, 这与图中显示的果胶含量变化相符。

由图 10 分析可知, 果胶酶活性在柿饼自然干燥过程中呈不规则倒 V 型变化, 在 21 d 时达到最大活性 2.0024 U/g。同样的情况发生在人工干制过程中, 但人工干制过程中的果胶活性升高和降低较均匀, 在干燥 72 h 达到最大值 2.53 U/g, 明显高于自然干制过程中的最高值 2.0024 U/g。结合史莉^[21]的文章, 可推断在柿饼干制的过程中, 果胶酶不断催化原果胶转化为水溶性果胶, 使柿饼进一步软化。

2.5 干燥过程中柿饼胚中二氧化硫变化分析

柿饼中的二氧化硫来源于自然干燥过程防止发霉而进行的人工硫磺燃烧熏蒸所致。本试验的人工干燥法由于没有采用硫磺熏蒸, 而是利用紫外线和臭氧进行杀菌, 故所抽取的样品中未检测到二氧化硫。自然干燥的柿饼干燥过程中二氧化硫变化规律试验结果见图 11。

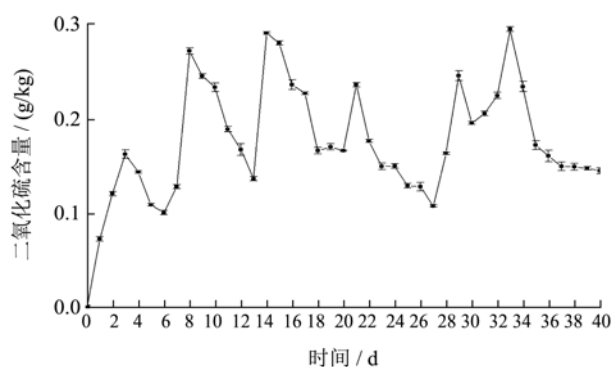


图 11 自然干燥过程中柿子二氧化硫含量的变化

Fig.11 Change in persimmon sulfur dioxide content during natural drying

由图 11 可知, 新鲜采集的柿果并不含二氧化硫, 柿饼胚的二氧化硫含量增加到 0.07 g/kg, 此后几乎呈线性上升至 3 d 的 0.16 g/kg, 结合当地天气, 即 1~4 d 为连绵阴雨天, 为了抑制环境和微生物的影响, 推测在晾晒过程中对柿果进行了硫磺熏蒸。相应的在 12 和 21 d 左右这些阴雨环境下柿饼胚都有二氧化硫含量增加的情况发生, 由此推测自然干燥在空气潮湿, 天气不佳的环境下选择了对悬挂的柿饼胚进行不同程度的硫磺熏蒸来尽量避免环境与微生物的影响。图中显示柿饼在生产的过程中共进行了 6 次硫磺熏蒸, 而除去天气不佳时所进行的 3 次, 结合与当地农民沟通询问的结果, 推测剩余 3 次的硫磺熏蒸是由于发现柿果

表面霉菌含量高所采取的防霉措施。另外可明显观察到成品柿饼中, 人工干制柿饼呈黄褐色, 而自然干制柿饼则因二氧化硫熏蒸呈橙黄色, 最终柿饼胚的二氧化硫残留量在 150 mg/kg, 绿色食品^[22]中柿饼的二氧化硫残留量为小于等于 50 mg/kg。由此可证明采用人工干燥可避免天气的影响, 完全可避免熏硫, 提高柿饼的安全质量。

2.6 人工干燥与自然干燥柿饼细菌总数比较

经检测, 人工干燥柿饼的细菌总数为 23 CFU/g, 霉菌总数为 14 CFU/g。自然干燥柿饼的细菌总数为 3500 CFU/g, 霉菌总数为 1700 CFU/g, 绿色食品中柿饼的霉菌标准为小于等于 50 CFU/g。这说明采用人工控制干燥, 不仅可避免熏硫, 而且还能明显提高柿饼的卫生质量。

2.7 感官评价

通过感官评价, 人工干燥柿饼得分为 8.7, 自然干燥柿饼得分为 8.5。人工干燥柿饼的色泽呈红褐色, 自然干燥柿饼的颜色呈亮黄色, 人工干燥柿饼的外观得分为 3.1 分, 自然干燥柿饼外观得分为 3.6 分, 人工干燥柿饼的外观得分低于自然干燥柿饼的外观得分, 而人工干燥柿饼滋味得分为 5.6 分, 自然干燥柿饼为 4.9 分, 人工干燥柿饼的口感优于自然干燥的柿饼。

3 讨论

柿饼干燥过程是一个非常复杂的生理生化变化过程, 不仅要干燥水分, 且还要使柿果软化、脱涩, 保护其色泽良好。因此柿饼干燥过程需要充分调控柿果自身生理代谢, 如利用柿果的无氧呼吸代谢和乙醇脱氢酶活性在干燥过程中脱除柿果涩味的同时也要利用果胶酶代谢水解柿果原果胶使其软化汤化, 形成柿饼的绵软香甜口感。因此传统柿饼生产过程利用在自然环境下柿果的这种缓慢生理代谢过程完成了柿果干燥, 但干燥时间较长, 受天气影响较大。而人工干燥柿饼则可最大限度调控柿果生理代谢以缩短干燥时间, 降低干燥成本, 同时保持传统柿饼品质。如本试验采用的五段式干燥过程的不同干燥阶段皆有不同的工作目的, 其第一阶段主要目的是在 40 °C 提高柿果无氧代谢速率和果胶酶、乙醇脱氢酶活性, 使柿果尽快脱涩、软化并得到一定的脱水; 第二阶段降温使柿果内外水分建立平衡以加速干燥且便于捏饼; 第三阶段提高温度主要是使柿果尽快脱水, 抑制多酚氧化酶活性, 加快干燥速度。第四阶段降温并进行二次捏饼以加速柿果内外水分平衡; 第五阶段提高温度进行干燥

达到干燥目标, 其用时短, 效果佳。因此研究柿饼的自然干燥和人工干燥过程的生理生化变化规律对开发柿饼的人工干燥技术具有一定现实指导意义。

4 结论

4.1 柿饼的人工干制与自然干制过程的水分、可溶性单宁、乙醇、乙醛、乙醇脱氢酶活性、果胶、原果胶、水溶性果胶及果胶酶活性的变化趋势一致, 只是趋势所处的时间不一致。人工干燥能大大缩短柿果完成软化脱涩的生理变化时间, 保证传统柿饼的质量品质。

4.2 人工干制柿饼能明显提高柿饼的安全卫生质量。但人工干燥柿饼在不熏硫情况下色泽感官不如自然干燥的好。因此在柿饼人工干燥生产过程中可适当考虑运用少量硫熏蒸进行护色以改善人工干燥柿饼外观。

参考文献

- [1] 马长路,刘小飞,罗红霞,等.发酵柿果酒的研究进展[J].酿酒科技,2016,5:96-98
MA Chang-lu, LIU Xiao-fei, LUO Hong-xia, et al. Research progress in persimmon wine [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2016, 5: 96-98
- [2] Zhou C, Zhao D, Sheng Y, et al. Carotenoids in fruits of different persimmon cultivars [J]. Molecules, 2011, 16(12): 624-636
- [3] Zhao D, Zhou C, Tao J. Carotenoid accumulation and carotenogenic genes expression during two types of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.) development [J]. Plant Molecular Biology Reporter, 2011, 29(3): 646-654
- [4] 韦禄民,明鑫,黄树长,等.智能化柿饼烘干系统的研究与设计[J].制造业自动化,2009,31(5):128-130
WEI Lu-min, MING Xin, HUANG Shu-chang, et al. Research and design of the dried persimmon intelligent drying system [J]. Manufacturing Automation, 2009, 31(5): 128-130
- [5] 陈华.5HD-35型柿饼烘干机及其工艺研究[J].福建农机,2016,4:23-26
CHEN Hua. 5HD-35 dried persimmon dryer and its production technology [J]. Fujian Agricultural Machinery, 2016, 4: 23-26
- [6] 施宝珠,段旭昌,吴焯婷,等.自控热泵臭氧杀菌柿饼干燥房建设与柿饼生产技术[J].食品工业,2017,38(2):141-145
SHI Bao-zhu, DUAN Xu-chang, WU Ye-ting. Construct of auto-controlling drying room for dried persimmon with heat pump and ozone sterilizer and production technology for dried persimmon [J]. Food Industry, 2017, 38(2): 141-145
- [7] 侯曼玲.食品分析[M].北京:化学工业出版社,2004
HOU Man-ling. Food analysis [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004
- [8] NY/T 2016-2011,水果及其制品中果胶含量的测定分光光度法[S]
NY/T 2016-2011, The spectrophotometry determination of pectin in the fruit and its products [S]
- [9] 王亚楠,胡花丽,张璇,等.气调贮藏对‘红阳’猕猴桃果胶含量及相关酶活的影响[J].食品与发酵工业,2013,39(8):207-211
WANG Ya-nan, HU Hua-li, ZHANG Xuan, et al. Controlled atmosphere storage of "red sun" kiwi pectin content and the influence of related enzyme activity [J]. Food and Fermentation Industries, 2013, 39(8): 207-211
- [10] Bošković R, Tobutt K R, Nicoll F J. Inheritance of isoenzymes and their linkate relationships in two interspecific cherry progenies [J]. Euphytica, 1997, 93(2): 129-143
- [11] 李如丹,方志存,刘少春,等.甘蔗成熟期叶片中果胶酶活性与自然脱叶率的相关性[J].植物生理学报,2015,6:887-892
LI Ru-dan, FANG Zhi-cun, LIU Shao-chun, et al. Correlation analysis of leaf pectinase activity and natural defoliation traits during the maturati on stage in sugarcane (*Saccharum officinarum*) [J]. Plant Physiology Journal, 2015, 6: 887-892
- [12] GB 4789.2-2010,食品微生物学检验 菌落总数测定[S]
GB 4789.2-2010, Food microbiology detection Aerobic plate count [S]
- [13] GB 4789.15-2010,食品微生物学检验 霉菌和酵母计数[S]
GB 4789.15-2010, Food microbiology detection Mold and yeast count [S]
- [14] GB/T 5009.34-2003,食品中亚硫酸盐的测定[S]
GB/T 5009.34-2003, Determination of sulphite in food [S]
- [15] GB/T 20453-2006,柿果产品质量等级[S]
GB/T 20453-2006, Persimmon products quality level [S]
- [16] 陈合,王磊,王勇.柿饼保质期控制技术研究(I)[J].食品科技,2009,34(11):66-68
CHEN He, WANG Lei, WANG Yong. Study on control technology of shelf-life of dried persimmon (I) [J]. Food Science and Technology, 2009, 34(11): 66-68
- [17] 陈合,王磊,王勇.柿饼保质期控制技术研究(II)[J].食品科技,2009,34(12):95-97
CHEN He, WANG Lei, WANG Yong. Study on control technology of shelf-life of dried persimmon (II) [J]. Food Science and Technology, 2009, 34(12): 95-97
- [18] 徐君驰,张青林,徐莉清,等.柿果脱涩机理研究新进展[J].园艺学报,2016,43(9):1653-1664

- XU Jun-chi, ZHANG Qing-lin, XU Li-qing, et al. Recent developments in destringency mechanism of persimmon fruit [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2016, 43(9): 1653-1664
- [19] 李宝,尚丽,薛晓莉,等.柿果实脱涩机理及脱涩技术研究进展[J].*中国农业科学*,2010,43(14):2973-2981
- LI Bao, SHANG Li, XUE Xiao-li, et al. Progress in research of mechanisms of astringency removal and postharvest de-astringency handles of persimmon fruits [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(14): 2973-2981
- [20] 田宝明,彭林,吴金松,等.柚皮果胶理化性质的研究[J].*食品工业科技*,2014,35(8):313-317
- TIAN Bao-ming, PENG Lin, WU Jin-song, et al. Study on physicochemical properties of pomelo peel pectin [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(8): 13-17
- [21] 史莉.同果实软化有关的酶类研究进展[J].*河北林业科技*,2005,5:37-38
- SHI Li. The research progress related to fruit softening of enzymes [J]. *The Journal of Hebei Forestry Science and Technology*, 2005, 5: 37-38
- [22] NY/T 1041-2010,绿色食品 干果[S]
- NY/T 1041-2010, Green food dry fruit [S]