

郭卫芸, 陈振毫, 高雪丽, 等. 茶多酚红薯粉条的研制及其抗氧化活性评价 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(13): 156-161. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021090361

GUO Weiyun, CHEN Zhenhao, GAO Xueli, et al. Preparation and Antioxidant Activity Evaluation of Tea Polyphenol Sweet Potato Starch Noodles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(13): 156-161. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021090361

· 工艺技术 ·

茶多酚红薯粉条的研制及其抗氧化活性评价

郭卫芸¹, 陈振毫¹, 高雪丽¹, 李光辉¹, 王永辉¹, 孙思胜¹, 黄继红^{1,2,*}

(1. 许昌学院食品与药学院, 河南许昌 461000;

2. 河南大学农学院, 河南开封 475001)

摘要: 本文考察了茶多酚的添加量和添加时机对红薯粉条断条率、碘蓝值、感官品质、质构特性的影响, 并以面条为对照, 探讨了粉条对茶多酚分别在干燥常温贮藏和鲜湿冷冻贮藏条件下的保留率和自由基清除率的影响效果。结果发现, 糊化前添加茶多酚所制红薯粉条品质普遍优于糊化后添加, 茶多酚在粉条中的最适添加量为每 100 g 红薯淀粉中添加 0.15 g。经 60 d 贮藏后, 干燥常温贮藏条件下粉条中茶多酚的保留率为 60.73%, 自由基清除率降幅为 16.29%; 鲜湿冷冻贮藏条件下粉条中茶多酚的保留率为 71.54%, 自由基清除率降幅为 10.38%。而且, 粉条对两种贮藏条件下的茶多酚含量及活性保护作用均明显优于面条。

关键词: 红薯粉条, 茶多酚, 品质, 自由基清除率, 贮藏, 干燥, 鲜冻

中图分类号: TS205

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2022)13-0156-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021090361



本文网刊:

Preparation and Antioxidant Activity Evaluation of Tea Polyphenol Sweet Potato Starch Noodles

GUO Weiyun¹, CHEN Zhenhao¹, GAO Xueli¹, LI Guanghui¹, WANG Yonghui¹, SUN Sisheng¹, HUANG Jihong^{1,2,*}

(1. Food and Pharmacy College, Xuchang University, Xuchang 461000, China;

2. College of Agriculture, Henan University, Kaifeng 475001, China)

Abstract: The effects of the amount and opportunity of tea polyphenols addition on breaking rate, iodine blue value, sensory quality and texture characteristics of sweet potato starch noodles were investigated and the effects of the retention rate and free radical scavenging rate of tea polyphenols under dry storage at room temperature and fresh a frozen were studied with noodles as the control. It was found that the quality of sweet potato starch noodles made by adding tea polyphenols before gelatinization was generally better than that made by adding tea polyphenols after gelatinization, and the optimal adding amount of tea polyphenols was 0.15 g/100 g. The results showed that the retention rate of tea polyphenols was 60.73% and the free radical scavenging rate decreased by 16.29% after 60 days of dry and normal temperature storage. Under the condition of wet and frozen storage, the retention rate of tea polyphenols in sweet potato noodle was 71.54%, and the free radical scavenging rate decreased by 10.38%. Moreover, the protective effect of sweet potato starch noodles on the content and activity of tea polyphenols under the two storage conditions was significantly better than that of flour noodles.

Key words: sweet potato starch noodles; tea polyphenols; quality; free radical clearance rate; storage; dry; fresh and frozen

红薯含有淀粉、膳食纤维、蛋白质、胡萝卜素、维生素 A、维生素 C 以及钾、铁、铜、硒、钙等 10 余种微量元素, 有很高的营养价值^[1-2]。红薯粉条是由

红薯淀粉经加工而成的凝胶类食品, 具有刺激肠道蠕动、通便排毒等功效, 可预防老年性便秘, 在我国已经有 1400 多年的历史^[3]。

收稿日期: 2021-10-11

基金项目: 河南省重大科技专项 (201300110300); 河南省高等学校重点科研项目 (22B550017); 河南省高等学校骨干教师项目 (2019GGJS216)。

作者简介: 郭卫芸 (1981-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品加工及食品检测, E-mail: gwy2002@126.com。

* 通信作者: 黄继红 (1965-), 女, 博士, 教授级高工, 研究方向: 发酵工程, E-mail: huangjih1216@126.com。

茶多酚是茶叶中多酚类物质的总称,主要包括儿茶素类、黄酮醇类、花青素类、酚酸类等,具有抗氧化、抑菌、抗过敏等药理作用。Shumi 等^[4]研究发现茶多酚可通过抑制变形链球菌胞外多糖的合成,从而有效抑制牙齿斑块的产生;Lan 等^[5]研究发现茶多酚呈持续释放性,有利于伤口愈合初期快速抑菌作用的实现和长期抗氧化活性发挥。茶多酚对于高危人群,尤其是易患肠道疾病、帕金森以及心脏病等老年人群有明显的益处。Mehta 等^[6]研究发现茶多酚对改善肠道上皮通透性和抑制粘膜炎症具有明显效果,Guglielmetti 等^[7]研究发现食用富含多酚的食品可以有效改善肠道微生物的生态系统;Mandel 等^[8]研究发现茶多酚可作为治疗帕金森疾病的潜在候选药物;同时茶多酚还能够有效减轻心血管应激反应和保护心肌^[9-10]。近年来,茶多酚的应用研究方面也已取得一定进展。Djuardi 等^[11]通过将茶多酚与大豆分离蛋白进行复合,发现大豆分离蛋白的乳化性、稳定性和抗氧化活性均得到显著提升。Fan 等^[12]研究发现在猪肉香肠中添加茶多酚对其综合品质及货架期的提升有积极影响。Feng 等^[13]采用明胶和茶多酚制备的可食性抗菌膜能够有效保持鱼片的肌纤维结构和风味品质。

本研究主要以我国传统食品红薯粉条为载体,通过考察茶多酚在红薯粉条加工过程中的添加时机和添加量对产品断条率、糊汤率、感官品质及质构特性的影响以及分别在干燥常温和鲜湿冷冻两种贮藏条件下研究粉条中茶多酚的保留和自由基清除能力的变化情况,探讨茶多酚和红薯粉条的相互影响规律,从而为开发具有一定生理功能的粉条产品奠定基础。

1 材料及方法

1.1 材料与仪器

红薯淀粉(二级) 山东省圣琪生物有限公司;小麦粉(高筋) 一加一天然面粉有限公司;茶多酚 食品级,优宝嘉食品有限公司;福林酚试剂(1N) 合肥博美生物科技有限公司;无水碳酸钠 分析纯,天津市凯通化学试剂有限公司;正己烷(99.5%)、无水乙醇(分析纯) 天津市津南区咸水沽工业园区;甲苯(99.5%)、乙酸(1 mol/L) 天津科密欧化学试剂有限公司;DPPH 源叶公司。

C21-RK2102 电磁炉 广东美的生活电器制造有限公司;DK-8D 电热恒温水浴锅 常州普天仪器制造有限公司;LT3002E 电子天平 常熟市天量仪器有限公司;FA2104B 电子分析天平 上海越平科学仪器有限公司;UV-7504 分光光度计 上海欣茂仪器有限公司;JW-2019HR 台式冷冻离心机 安徽嘉文仪器装备有限公司;101 型电热鼓风干燥箱 北京科伟永兴仪器有限公司;KQC-2B 超声波提取机 济宁天华超声电子仪器有限公司;TMS-Pro 物料分析仪 北京盈盛恒泰科技有限责任公司;BCD-301DHN 电冰箱 上海双鹿上菱企业集团有限公司;

司;饴糖机 市售。

1.2 实验方法

1.2.1 茶多酚红薯粉条的制备 糊化前添加茶多酚工艺:准确称取 75.0 g 无霉变、无杂质的红薯淀粉,放在 1000 mL 烧杯中;在 200 mL 的烧杯中加入 80 mL 纯净水,将称量好的茶多酚加入到烧杯中,边加边搅拌,使茶多酚充分溶解后加入到上述淀粉中,持续搅拌,使淀粉呈现稀浆状态,然后在 90 °C 水浴锅中进行淀粉糊化,糊化过程中要不停地搅拌,时间为 3.5 min;糊化完全后,在糊化后的淀粉中加入 25.0 g 干淀粉,搅拌均匀,在面团 40 °C 左右进行和面,和面时间为 6 min,面团和至表面呈光滑状态,放在饴糖机中进行挤压漏粉,挤压过程保持匀速,防止出现压痕;挤压之后迅速用刀具将粉条切割入水进行烹煮,水温始终保持在 90 °C 以上,煮至粉条呈现透明状态,立即用漏勺捞出过凉水冷却,最后挂在粉条架上进行干燥晾晒,24 h 后包装。湿粉条样品不经过晾晒,捞出后直接包装并置于冰箱冷冻间冻结。

糊化后添加茶多酚工艺:准确称取 75.0 g 无霉变、无杂质的红薯淀粉,放在 1000 mL 烧杯中,加入 80 mL 纯净水,边加边搅拌淀粉呈现稀浆状态后在 90 °C 水浴锅中进行淀粉糊化,糊化过程中要不停搅拌,时间为 3.5 min,至糊化完全。将一定量的茶多酚加入到 25.0 g 干淀粉中混合均匀,并加入至糊化完全的淀粉中,后续过程与糊化前工艺相同。

1.2.2 茶多酚面条的制备 为了比较验证在不同贮藏条件下红薯粉条对茶多酚及其抗氧化性的保护效果,制备茶多酚面条作为实验对照。准确称取 100 g 面粉,加入 0.15 g 茶多酚以及 40 mL 纯净水后搅拌捏合成表面光滑且具有一定弹性的面团,置于饴糖机中进行挤压,挤压过程保持匀速,防止出现压痕,所挤压出的面条挂在面条架上进行干燥晾晒,24 h 后包装。湿面条样品直接包装并置于冰箱冷冻间冻结。

1.2.3 茶多酚对红薯粉条品质的影响 考察茶多酚添加量(0.05 g/100 g、0.10 g/100 g、0.15 g/100 g、0.20 g/100 g、0.25 g/100 g)和添加方式(淀粉糊化前和糊化后)对粉条断条率、糊汤率(碘蓝值)、感官评定和质构特性的影响,以优化茶多酚添加量与添加方式。

1.2.4 茶多酚在粉条中的稳定性及抗氧化活性 探究粉条对茶多酚分别在干燥后室温和冷冻贮藏条件下含量保留率和自由基清除率的影响,同时选取面条作为对照,以考察粉条与面条两种食品对茶多酚活性的保护效果差异。

干燥后室温贮藏:粉条水分含量为 13.42%,面条水分含量约为 13%,贮藏时间为 60 d,室温下避光贮藏,观察 60 d 内不同体系中茶多酚含量与自由基清除率的变化趋势,研究粉条体系对茶多酚的保护效果。

冷冻贮藏:鲜粉条贮藏温度为-18 °C,贮藏时间为 60 d,观察 60 d 内不同体系中茶多酚含量与自由

基清除率的变化趋势,研究粉条对茶多酚的保护效果。

1.2.5 蒸煮指标的测定 断条率:分别截取20根10 cm 长的红薯粉条,在冷水中浸泡5 min,在烧杯里加入1000 mL左右的蒸馏水,水沸后放入粉条,煮30 min后捞出,用吸水纸滤去水分,数其总断条数,并按其所占粉条总数的百分比计为断条率^[14]。

碘蓝值:将红薯粉条煮30 min后的汤汁,冷却至20 ℃左右,红薯粉条的碘蓝值用在波长620 nm 处用1 cm 比色皿测定溶液的吸光值来表示。取冷却的煮汤汤汁5.0 mL 加入到10 mL 容量瓶中,加入1.0 mL 浓度为1 mol/L 的乙酸溶液,摇匀,再加入1.0 mL 浓度为0.1 mol/L 的碘试剂,加去离子水至刻度,摇匀,静置5 min。以蒸馏水为空白,在620 nm 处测定样品溶液的吸光度^[15]。

1.2.6 感官评定 选择5名经过培训的食品专业学生作为评定员,分别对不同粉条产品进行感官评分。感官评定标准见表1,并以5名评定员的平均分作为结果分析依据。

表1 感官评分标准
Table 1 Standard for sensory evaluation

项目	评分标准	分值(分)
煮熟前 (50分)	粗细均匀,弹性良好,无并条	21~25
	粗细较均匀,弹性较好,个别并条	11~20
	粗细不均,弹性差,有并条	0~10
色泽(25分)	色泽纯净,鲜亮	21~25
	色泽良好,色泽较纯净,颜色较暗	11~20
煮熟后 (50分)	色泽差,表面粗糙,颜色暗淡	0~10
	具有粉条滋味,气味正常,无不良味觉	21~25
	具有粉条滋味,有不良味觉,有一定粗涩感	11~20
杂质(25分)	粉条滋味不明显,有明显粗涩感和异味	0~10
	无明显肉眼可见杂质或斑点	21~25
	有少量颗粒状物或斑点	11~20
	有大量杂质	0~10

1.2.7 TPA 质构特性测定 实验步骤:取组织状态良好、无压痕、粗细均匀、长度适中的红薯粉条15根,在电磁炉中加入1000 mL 的蒸馏水蒸煮10 min,取出过冷水后用保鲜膜进行包裹。测定前先用滤纸吸去其中的水分,每次测三根。将待测的粉条放在物料分析仪载物台上面,采用50 mm 平形探头来测定粉条的TPA 质构特性。选定测定指标:硬度、弹性、内聚性、咀嚼性^[16]。

测定条件:测前速度30.0 mm/min,测定速度30.0 mm/min;起始力为0.1 N;探头距离样品表面高度为20.0 mm;压缩率60%。

1.2.8 茶多酚含量保留率的测定 主要依据福林酚法测总酚含量,称取1.0 g 粉碎的样品(粉条或面条)于25 mL 具塞三角瓶中,加入10 mL 体积分数60%的乙醇溶液,搅拌均匀,超声提取30 min,提取液以3000 r/min 离心8 min,用移液管吸取上清液1 mL 加入10 mL 试管中,分别加入福林酚试剂1 mL,摇

匀后再分别加入质量分数12% Na₂CO₃ 溶液2 mL,用水定容至10 mL,摇匀。室温下避光反应0.5 h 后,在765 nm 波长下测定初始吸光度,并以贮藏后粉条样品吸光度占贮藏前吸光度的百分比计算得出茶多酚含量保留率^[17]。

1.2.9 DPPH 自由基清除率 DPPH 溶液配制:称取0.0394 g DPPH 用无水乙醇溶解,定容于500 mL 容量瓶,摇匀,配成0.2 mmol/L 的样品液,作为储备液保存于-30 ℃ 冰箱中,备用。

操作步骤:取样品各0.5 mL 分别放于试管中,均加入0.2 mmol/L DPPH 溶液0.5 mL,充分混匀,室温下反应30 min,于波长517 nm 处测定吸光值,空白对照组以0.5 mL 蒸馏水代替样品,用公式(1)计算自由基清除率^[18]。

$$\text{DPPH自由基清除率(\%)} = \left(1 - \frac{A_1 - A_2}{A_0}\right) \times 100$$

式(1)

式中,A₁ 为样品与DPPH 混合液吸光度;A₂ 为样品与无水乙醇混合液吸光度;A₀ 为DPPH 与蒸馏水混合液吸光度。

1.3 数据处理

采用SPSS16.8 对TPA 质构数据进行显著性处理(P<0.05),用Excel 对实验数据进行汇总及标准差计算,采用origin2019b 软件进行制图。除特别说明以外,所有实验均重复进行三次。

2 结果与分析

2.1 茶多酚对红薯粉条品质的影响

2.1.1 断条率 断条率反映了粉条的机械特性,断条率越低说明其抗剪切力大,耐煮性越好^[14]。由图1 可以看出,在淀粉糊化前后加入茶多酚,粉条的断条率均随着茶多酚添加量的增加呈现出增长趋势,这是由于茶多酚影响了淀粉老化过程中淀粉链重排时的致密性所致。糊化前后加入茶多酚,粉条的断条率并不相同。在淀粉糊化后加入茶多酚,粉条的断条率增大趋势较糊化前加入更高,这种趋势在茶多酚添加水平在0.1 g/100 g 以上时更为明显,这可能是由于高

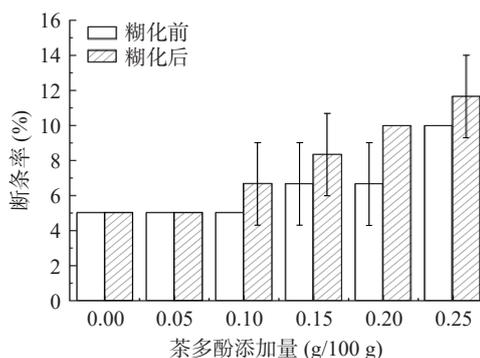


图1 茶多酚添加量对粉条断条率的影响

Fig.1 Effect of amount of tea polyphenols on broken rate of starch noodle

温糊化过程中,茶多酚与糊化淀粉之间的分子结合力较高,相较糊化后添加,在老化时更加有利于形成致密的结构,从而降低粉条的断条率。

2.1.2 碘蓝值 碘蓝值的高低主要表示糊汤率的大小,碘蓝值越高,糊汤率越大^[15]。由图 2 可知,糊化前后加入茶多酚所制得粉条的碘蓝值均随添加量的增加而增大,姚月华等^[19]在研究茶多酚在面条中的应用时得到了类似的结论。原因主要是茶多酚的加入干扰了淀粉之间的结合程度,茶多酚加入量越大,干扰程度越高。而且,由于茶多酚的亲水性较强,使粉条加热溶胀时更容易溶出,从而明显提升淀粉在高温煮制过程中的溶出率,最终表现为碘蓝值的增加。在本实验所考察的所有添加水平下,糊化前添加茶多酚对粉条糊汤程度的影响均明显低于糊化后添加。这是因为经过高温糊化工艺,茶多酚与糊化淀粉的结合效果更好,在后续老化工艺中形成的粉条胶体质地更为紧密,从而有效降低粉条的糊汤率。

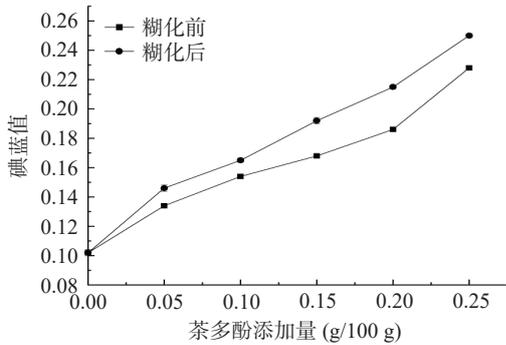


图 2 茶多酚添加量对粉条碘蓝值的影响

Fig.2 Effect of amount of tea polyphenols on iodine blue value of starch noodle

2.1.3 感官评定分析 由图 3 可知,糊化前加入茶多酚,粉条感官评分随着茶多酚添加量的增大而呈现出先增大后减小的趋势,在添加量为 0.15 g/100 g 时出现最大值,因为茶多酚的加入,粉条的质地变得更加均匀,弹性更好,此时粉条的口感最好,但随添加量继续加大,粉条硬度变大,口感变差,感官评分开始降低,因此,添加量在 0.15 g/100 g 时粉条效果较佳。糊化后加入茶多酚,粉条的感官评分趋势与糊化前加

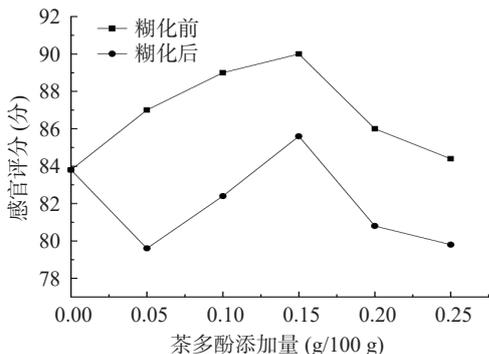


图 3 茶多酚添加量对粉条感官品质的影响

Fig.3 Effect of amount of tea polyphenols on sensory quality of starch noodle

入明显不同,这个差别在较低添加量时最为明显,当添加量在 0.05 g/100 g 时粉条感官品质最差,而且整体评分均明显低于糊化前添加的评分,说明糊化后添加茶多酚并不利于粉条感官品质的提高。当茶多酚添加量为 0.15 g/100 g 时样品感官评分达到最大值。因此,茶多酚在粉条中的较优添加量为 0.15 g/100 g,且在糊化前加入所制粉条的整体感官效果更好。

2.1.4 TPA 质构分析 由表 2 可知,糊化前加入茶多酚,随着添加量的增加,粉条的硬度、弹性、内聚性和咀嚼性均呈现上升趋势,这和胡建辉等^[20]在面团中的研究有相似之处。但是添加量在 0.05~0.20 g/100 g 范围时,粉条的硬度无显著性差异($P>0.05$),最高添加量粉条硬度与其他均有显著性差异($P<0.05$)。不同添加量之间的弹性有显著性差异($P<0.05$),可能是因为弹性受淀粉分子所形成网状结构的交联点数量和交联点密度的影响,有效交联点数目越多,凝胶弹性越大,而茶多酚可以改变淀粉弹性,增加保水性^[21];粉条内聚性之间没有显著性差异($P>0.05$),但是咀嚼性有显著性差异($P<0.05$),这是因为咀嚼性和硬度之间有一定的正相关关系,在一定范围内,咀嚼性会随硬度的增大而增大。糊化后加入茶多酚,随着添加量的增加,粉条的各项质构参数变化趋势与糊化前加入具有一定的相似性。但硬度和咀嚼性均显著高于糊化前加入的数值($P<0.05$),而弹性则相反,表明糊化前加入对粉条质构的负面影响较小。

表 2 茶多酚添加量对粉条质构特性的影响

Table 2 Effect of amount of tea polyphenols on texture characteristics of starch noodle

工艺	添加量 (g/100 g)	硬度 (N)	弹性 (mm)	内聚性	咀嚼性
糊化前	0	33.7±1.35 ^c	1.20±0.010 ^e	0.63±0.015 ^d	25.6±1.58 ^c
	0.05	37.4±0.25 ^d	1.23±0.010 ^d	0.65±0.005 ^{cd}	29.7±0.48 ^d
	0.10	38.4±0.25 ^{cd}	1.27±0.006 ^c	0.65±0.025 ^{bc}	32.2±1.52 ^c
	0.15	39.2±0.10 ^{bc}	1.30±0.006 ^b	0.67±0.020 ^{ab}	34.3±1.09 ^b
	0.20	39.7±0.15 ^b	1.33±0.010 ^a	0.67±0.020 ^{ab}	35.3±1.20 ^b
	0.25	41.9±0.66 ^a	1.33±0.011 ^a	0.69±0.015 ^a	38.9±0.61 ^a
糊化后	0	33.7±1.35 ^f	1.20±0.010 ^d	0.63±0.015 ^b	25.6±1.58 ^f
	0.05	40.3±0.21 ^e	1.21±0.010 ^{cd}	0.62±0.015 ^b	30.3±1.09 ^e
	0.10	42.7±0.35 ^d	1.24±0.015 ^{bcd}	0.65±0.025 ^b	35.5±0.41 ^d
	0.15	46.3±0.26 ^c	1.26±0.046 ^b	0.64±0.021 ^{ab}	38.1±1.76 ^c
	0.20	49.9±0.70 ^b	1.26±0.035 ^{abc}	0.68±0.025 ^a	42.4±0.84 ^b
	0.25	53.7±0.72 ^a	1.30±0.057 ^a	0.66±0.010 ^{ab}	46.3±1.09 ^a

注: 同一参数不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 茶多酚在粉条中的贮藏稳定性及抗氧化活性

2.2.1 含量保留率 由图 4 可知,经过 60 d 的储藏,干燥条件贮藏下粉条体系中茶多酚含量保留率为 60.73%,明显高于对照组(面条)中茶多酚含量保留率(42.38%);冷冻条件贮藏下粉条体系中茶多酚含量保留率为 71.54%,同样明显优于对照组中茶多酚含量保留率(61.40%)。在贮藏时间 30 d 之前,茶多酚在粉条体系和面条体系含量保留率均呈现快速下

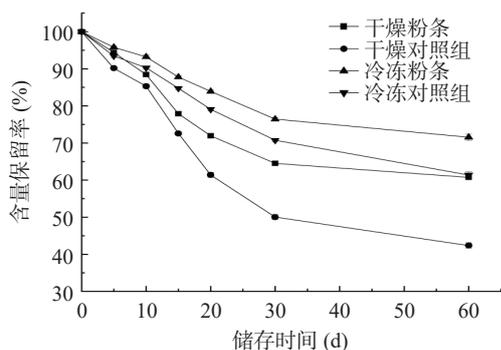


图4 不同贮藏条件下茶多酚含量保留率变化

Fig.4 Changes of retention rate of tea polyphenol content in different storage conditions

降的趋势,贮藏时间 30~60 d 内,茶多酚含量保留率下降速率明显减慢,且最终都趋近于平衡状态。干燥贮藏和冷冻贮藏下不同体系相比来看,茶多酚在粉条体系中的含量保留率偏高于面条体系中茶多酚含量保留率,说明粉条对茶多酚的保护作用强于面条;干燥贮藏和冷冻贮藏条件下相比,冷冻贮藏下的粉条与面条中茶多酚含量保留率明显高于干燥条件下的粉条与面条中茶多酚含量保留率,说明冷冻贮藏的效果优于干燥贮藏的效果,姜兴旭等^[22]对茶叶中茶多酚含量的研究存在类似效果。综上所述,在干燥和冷冻两种贮藏条件下,粉条体系中茶多酚的最终含量保留率均高于面条体系,冷冻贮藏条件下不同体系中茶多酚最终含量保留率均高于干燥贮藏条件,说明粉条体系对茶多酚的保护作用更明显,且冷冻贮藏对茶多酚的保藏效果更好。

2.2.2 DPPH 自由基清除率 由于粉条与对照组面条的加工工艺不同,因加工过程所引起的茶多酚抗氧化效果有不同程度地变化,因此,为了直观说明茶多酚在贮藏过程中的变化情况,分析时均采用“降幅”来表示。由图 5 可知,经过 60 d 的储藏,干燥条件贮藏下粉条体系中茶多酚自由基清除率降幅为 16.29%,明显低于对照组中(面条体系)茶多酚自由基清除率降幅(22.87%);冷冻条件贮藏下粉条体系中茶多酚自由基清除率降幅为 10.38%,同样明显低于对照组中茶多酚自由基清除率降幅(15.19%)。干

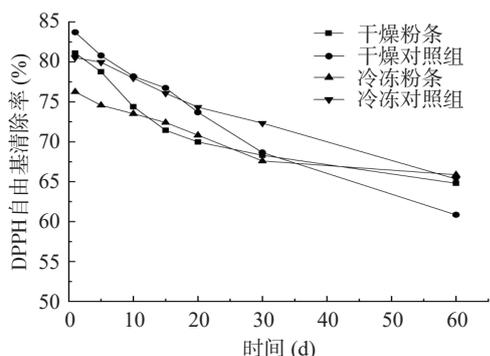


图5 不同贮藏条件下茶多酚 DPPH 自由基清除率变化

Fig.5 Changes of DPPH radical scavenging rate of tea polyphenols in different storage conditions

燥和冷冻两种贮藏方式下,粉条中茶多酚的自由基清除率变化趋势更缓慢,整体降幅更低,而面条体系中自由基清除率降幅均偏高,说明面条中的茶多酚的抗氧化能力在贮藏过程中下降更为明显,这是因为面条的空间较为松散,内部三维网状结构不够致密,对氧气的隔绝效果不佳。冷冻贮藏条件下的粉条与面条中茶多酚自由基清除率变化趋势较干燥贮藏下更小。

3 结论

通过研究发现,茶多酚在粉条中的最适添加量为 0.15 g/100 g,且糊化前添加茶多酚所得红薯粉条品质普遍优于糊化后添加。以面条为对照,经 60 d 贮藏后发现:干燥常温贮藏条件下粉条中茶多酚的保留率为 60.73%,而面条的保留率为 42.38%,粉条中茶多酚自由基清除率降幅为 16.29%,而面条降幅为 22.87%;鲜湿冷冻贮藏条件下粉条中茶多酚的保留率为 71.54%,而面条的保留率为 61.40%,粉条中茶多酚自由基清除率降幅为 10.38%,而面条为 15.19%。结果表明在本实验因素水平考察范围内,粉条对茶多酚的贮藏保护效果明显优于面条,且这种保护作用在冷冻贮藏条件下效果更加明显。

参考文献

- [1] 吴广辉,毕韬韬. 红薯营养价值及综合开发利用研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2015, 36(20): 189-192. [WU Guanghui, BI Taotao. Nutritional value and comprehensive development and utilization of sweet potato[J]. *Food Research and Development*, 2015, 36(20): 189-192.]
- [2] 郑健. 红薯的营养价值与保健功能[J]. *科技视界*, 2018(5): 170, 158. [ZHENG Jian. Nutritional value and health care function of sweet potato[J]. *Science & Technology Vision*, 2018(5): 170, 158.]
- [3] TAN H Z, LI Z G, TAN B. Starch noodles: History, classification, materials, processing, structure, nutrition, quality evaluating and improving[J]. *Food Research International*, 2009, 42: 551-576.
- [4] SHUMI W, HOSSAIN M A, PARK D J, et al. Inhibitory effects of green tea polyphenol epigallocatechin gallate (EGCG) on exopolysaccharide production by *Streptococcus mutans* under microfluidic conditions[J]. *Bio Chip Journal*, 2014, 8: 179-186.
- [5] LAN X, LIU Y, WANG Y, et al. Coaxial electrospun PVA/PCL nanofibers with dual release of tea polyphenols and ϵ -poly (L-lysine) as antioxidant and antibacterial wound dressing materials[J]. *International Journal of Pharmaceutics*, 2021, 6(1): 120-125.
- [6] MEHTA M, AHMED S, DRYDEN G. Refractory pouchitis improves after administration of the green tea polyphenol EGCG: A retrospective review[J]. *International Journal Colorectal Disease*, 2018, 33: 83-86.
- [7] GUGLIEMETTI S., BERNARDI S, DEL B, et al. Effect of a polyphenol-rich dietary pattern on intestinal permeability and gut and blood microbiomics in older subjects: study protocol of the MaPLE randomised controlled trial[J]. *BMC Geriatr*, 2020(20): 77.
- [8] MANDEL S, LEVITES Y, WEINREB O, et al. Neuroprotective actions of green tea polyphenol, (-)-epigallocatechin-3-gallate in models of Parkinson's disease: Gene targets[J]. *Catecholamine Re-*

search, 2002, 53: 463-466.

- [9] NICKEL T, LACKERMAIR K, SCHERR J, et al. Influence of high polyphenol beverage on stress-induced platelet activation[J]. *Journal of Nutrition Health & Aging*, 2016, 20: 586-593.
- [10] 毕樱馨, 刘咸筠, 孟祥龙, 等. 茶多酚 EGCG 通过调控 miR-16-5p/含铜胺氧化酶 1 轴发挥对过氧化氢诱导的人心肌细胞凋亡的保护作用 [J/OL]. *食品工业科技*. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021080256>. [BI Yingxin, LIU Xianjun, MENG Xianglong, et al. EGCG protects human cardiomyocyte from hydrogen peroxide-induced apoptosis via regulating miR-16-5p/AOC1 axis[J/OL]. *Science and Technology of Food Industry*. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021080256>]
- [11] DJUARDI A U P, YULIANA N D, OGAWA M, et al. Emulsifying properties and antioxidant activity of soy protein isolate conjugated with tea polyphenol extracts[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2020, 57: 3591-3600.
- [12] FAN W, CHEN Y, SUN J, et al. Effects of tea polyphenol on quality and shelf life of pork sausages[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2014(51): 191-195.
- [13] FENG X, NG V K, MIKS-KRAJNIK M, et al. Effects of fish gelatin and tea polyphenol coating on the spoilage and degradation of myofibril in fish fillet during cold storage[J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2017(10): 89-102.
- [14] 曾洁, 姜继凯, 高海燕, 等. 无添加马铃薯粉条老化工艺及贮藏品质[J]. *食品科学*, 2019, 40(12): 283-289. [ZENG Jie, JIANG Jikai, GAO Haiyan, et al. Optimization of the aging process for potato vermicelli without additives and quality changes during storage[J]. *Food Science*, 2019, 40(12): 283-289.]
- [15] 李刚凤, 谭沙, 马贵成. 印江纯天然红薯粉条加工及品质评价[J]. *粮食与油脂*, 2014, 27(8): 25-27. [LI Gangfeng, TAN Sha, MA Guicheng. Processing and quality evaluation of Yinjiang natural sweet potato starch noodles[J]. *Grain and Oil*, 2014, 27(8): 25-27.]
- [16] 邹金浩, 李燕, 李文佳, 等. 淮山淀粉性质及其与粉条品质的相关性[J]. *中国粮油学报*, 2020, 35(8): 69-75. [ZOU Jinhao, LI Yan, LI Wenjia, et al. Properties of yam starches and its correlation with the qualities of starch noodles[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2020, 35(8): 69-75.]
- [17] 林倩, 吴昊, 刘芊辰, 等. 响应面法优化福林酚法测定冬枣中总酚含量[J]. *食品工业*, 2020, 41(4): 86-90. [LIN Qian, WU Hao, LIU Qianchen, et al. Optimization of Folin-Ciocalteu method for total phenol content in winter jujube by response surface methodology[J]. *Food Industry*, 2020, 41(4): 86-90.]
- [18] 涂云飞, 毛志方, 周卫龙, 等. 2, 2-二苯基-1-苦基肼 (DPPH) 法测定茶抗氧化性能条件的研究[J]. *中国茶叶加工*, 2008(3): 39-41. [TU Yunfei, MAO Zhifang, ZHOU Weilong, et al. Study on the determination of antioxidant activity of tea by 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazine (DPPH)[J]. *Tea Processing in China*, 2008(3): 39-41.]
- [19] 姚月华, 王亚琴, 贾鑫, 等. 茶多酚对生鲜面品质及抗氧化特性的影响[J]. *核农学报*, 2020, 34(10): 2261-2270. [YAO Yuehua, WANG Yaqin, JIA Xin, et al. Effects of tea polyphenols addition on the quality and antioxidant properties of noodles[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2020, 34(10): 2261-2270.]
- [20] 胡建辉, 沈建霞, 张蕾, 等. 茶多酚对两种类型面团流变特性的影响[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(3): 285-288. [HU Jianhui, SHEN Jianxia, ZHANG Lei, et al. Effect of tea polyphenols on the rheological properties of two kinds of dough[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(3): 285-288.]
- [21] 范会平, 李瑞, 王娜, 等. 冷冻工艺对无铝红薯粉条品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2016, 42(8): 142-146. [FAN Huiping, LI Rui, WANG Na, et al. Effect of freezing process on the quality of sweet potato vermicelli without aluminum[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2016, 42(8): 142-146.]
- [22] 姜兴旭, 陈龙, 张阳阳, 等. 温度补偿处理对信阳毛尖茶贮藏期间品质的影响[J]. *茶叶通讯*, 2020, 47(4): 654-658. [JIANG Xingxu, CHEN Long, ZHANG Yangyang, et al. Effect of temperature compensation treatment on the quality of Xinyang Maojian tea during storage[J]. *Journal of Tea Communication*, 2020, 47(4): 654-658.]