

刘晓丽, 陈柳青, 李宇腾. 余甘子多酚对油炸方便面品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(3): 65-71. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021050003

LIU Xiaoli, CHEN Liuqing, LI Yuteng. Effect of *Embllica* Polyphenols on the Processing Quality of Fried Instant Noodles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(3): 65-71. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021050003

· 研究与探讨 ·

# 余甘子多酚对油炸方便面品质的影响

刘晓丽, 陈柳青\*, 李宇腾

(广东工业大学轻工化工学院, 广东广州 510006)

**摘要:** 利用 LSA-10 大孔吸附树脂纯化余甘子多酚提取物, 将纯化后的多酚加入面粉中制作油炸方便面, 采用 HPLC 测定方便面中主要多酚物质的含量, 考察余甘子多酚 (EP) 对油炸方便面蒸煮特性、质构特性及油脂氧化的影响。结果表明, 余甘子多酚中主要的多酚物质为没食子酸 (EA)、柯里拉京和鞣花酸, 含量分别为 (45.2±0.1)、(16.6±0.5) 和 (22.1±0.7) mg/g。三种多酚物质在油炸方便面中的保留率均大于 30%。实验表明余甘子多酚可以减少油炸方便面的复水时间, 当添加量增加至 1% 时, 方便面的复水时间显著降低 ( $P<0.05$ ), 由 (125±3.5) s 减少到 (108±2.2) s, 同时蒸煮损失和吸水率分别为 (7.8%±1.7%) 和 (145.5%±3.7%), 相较于空白样品显著增加 ( $P<0.05$ )。余甘子多酚对方便面的质构特性具有显著影响, 添加量由 0.5% 增加至 1% 时, 面条的硬度、弹性、胶着性和咀嚼性等均显著增加 ( $P<0.05$ ); 但当添加量超过 1.5% 时, 面条的硬度、胶着性和咀嚼性显著降低 ( $P<0.05$ )。添加超过 1% 的余甘子多酚可以显著降低油炸方便面的过氧化值 (POV) 和酸价 (AV) ( $P<0.05$ ), 在 10 d 的实验周期内, POV 和 AV 分别低于国家标准规定的 0.25 g/100 g 和 1.8 mg/g。余甘子多酚的抗油脂氧化活性与三种多酚的含量密切相关, 且抗氧化能力与多酚的酚羟基数目呈正相关。因此, 油炸方便面中添加余甘子多酚能够改善加工品质, 并抑制方便面的油脂氧化。

**关键词:** 余甘子多酚, 油炸方便面, 蒸煮特性, 质构特性, 油脂氧化

中图分类号: TS217

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)03-0065-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021050003

本文网刊:



## Effect of *Embllica* Polyphenols on the Processing Quality of Fried Instant Noodles

LIU Xiaoli, CHEN Liuqing\*, LI Yuteng

(Faculty of Chemical Engineering and Light Industry, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** Macroporous adsorption resin LSA-10 was used to purify *embllica* polyphenol (EP), while the purified polyphenols were added into flour to make fried instant noodles and the major phenolic compounds were measured by high performance liquid chromatography. The effects of EP on cooking characteristics, texture properties and oil oxidation of fried instant noodles were investigated. The results showed that ellagic acid (EA), corilagin and gallic acid were major phenolic compounds in the EP extracts. The contents of three phenolic compounds (EA, corilagin and gallic acid) were (45.2±0.1), (16.6±0.5) and (22.1±0.7) mg/g extract, respectively. The retention rates of the three polyphenols in fried instant noodles were all above 30%. The addition of EP could reduce the rehydration time of fried instant noodles. When the addition amount increased to 1%, the rehydration time of instant noodles decreased significantly ( $P<0.05$ ), from (125±3.5) s to (108±2.2) s. However, with the increase of EP, the cooking loss and water absorption increased significantly compared to the control sample ( $P<0.05$ ). The results of texture analysis showed that EP had a significant effect on the texture characteristics of instant noodles. The hardness, elasticity, adhesiveness and chewiness of noodles increased significantly with the addition of 0.5% to 1% ( $P<0.05$ ). However, the hardness, stickiness and chewiness of noodles decreased significantly when the addition amount was more than 1.5% ( $P<0.05$ ). The peroxide value (POV) and acid value (AV) of fried instant noodles were significantly decreased by adding more than 1% EP ( $P<0.05$ ). During the 10 day experiment

收稿日期: 2021-05-06

基金项目: 国家自然科学基金 (81703811)。

作者简介: 刘晓丽 (1977-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 农产品保鲜与加工, E-mail: jumper45@sina.com。

\* 通信作者: 陈柳青 (1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品功能性成分研究, E-mail: 1176652876@qq.com。

period, POV and AV were lower than 0.25 g/100 g and 1.8 mg/g of national standard, respectively. The antioxidant activity of EP was closely related to the content of three polyphenols, and the antioxidant capacity was positively related to the phenolic hydroxyl number of polyphenols. Therefore, the addition of EP can improve the processing of fried instant noodles, and inhibit the oil oxidation.

**Key words:** *emblica* polyphenol; fried instant noodles; cooking characteristics; texture properties; oil oxidation

油炸方便面因其风味独特,价格低廉,目前在方便面市场中仍处于主导地位<sup>[1]</sup>。然而油炸方便面的油脂氧化酸败易造成方便面品质劣变和食品安全问题。添加化学抗氧化剂可以有效抑制油炸方便面的油脂氧化,而多酚类天然抗氧化剂可以减少油炸方便面中氧化产物的形成,且更容易被消费者接受<sup>[2]</sup>。大戟科乔木的果实余甘子(*Phyllanthus emblica* L.)是我国药食同源植物品种之一<sup>[3]</sup>,在广东、福建、广西、云南、四川等省份的亚热带地区都有余甘林分布<sup>[4]</sup>。余甘子多酚(EP)是余甘子的主要活性成分,且含量丰富<sup>[5]</sup>。产于广东惠州、四川凉山、云南楚雄等地的野生余甘子干果中多酚含量均在 200 mg/g 以上<sup>[6-7]</sup>。余甘子多酚具有显著的抗氧化活性,可以作为天然抗氧化剂用于食品加工<sup>[8]</sup>。REDDY 等<sup>[9]</sup>将余甘子多酚用于饼干生产,对加工和贮存过程中产品酸价和过氧化值(POV)的控制均优于人工合成的抗氧化剂丁基羟基茴香醚(BHA)。ADEGOKE 等<sup>[10]</sup>将余甘子多酚添加到油脂中,可以降低油脂的氧化速度,延长货架期。王小李等<sup>[11]</sup>和刘晓丽等<sup>[12]</sup>的研究表明余甘子多酚对大豆色拉油的抗氧化效果优于维生素 E 和 BHA,对花生油和猪油的抗氧化效果优于茶多酚,是一种极有开发前途的天然油脂抗氧化剂。

目前,余甘子用于油炸方便面或类似食品的研究未见报道。本研究在油炸方便面制作时添加面粉重量 0.5%~2% 的余甘子多酚,采用 HPLC 法测定方便面中主要多酚物质的含量,并探讨其对油炸方便面蒸煮特性、质构特性及油脂氧化程度的影响,以期拓展余甘子多酚在食品加工中的应用。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

余甘子鲜果 2020 年 10 月广东省汕头市农贸市场;小麦粉 中粮面业(漯河)有限公司;大豆油 益海(广州)粮油工业有限公司;LSA-10 大孔树脂 西安蓝晓交换吸附材料有限责任公司;食用盐 广东省盐业集团有限公司;碳酸氢钠、无水乙醇、乙醚、乙酸乙酯 均为分析纯,天津市致远化学试剂有限公司;没食子酸(CAS: 149-91-7,纯度 98.78%)、柯里拉京(CAS: 23094-69-1,纯度 98.35%)、鞣花酸(CAS: 476-66-4,纯度 98.96%) 上海源叶生物科技有限公司;福林酚 分析纯,上海麦克林生化科技有限公司;乙腈 色谱纯,瑞典 Opson 公司。

LFRA 4500 质构分析仪 美国 Brookfield 公司;LC-20A 高效液相色谱仪、Inertsil ODS C<sub>18</sub> 色谱

柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm) 日本岛津公司;U-1950 紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司;UV-754 分光光度计 上海精密科学仪器有限公司;RE-52AA 旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂;SHB-IV 循环水真空泵 郑州长城科工贸有限公司;HH.S21-Ni8 恒温水浴摇床 北京长安科学仪器厂;101-3 电热鼓风恒温干燥箱 上海浦东兴荣科学仪器有限公司;800Y 摇摆式高速粉碎机 广州市打样电子机械设备有限公司;JYN-YM1 压面机 杭州九阳生活电器有限公司;SN-DL-1 电炉 上海尚仪仪器设备有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 余甘子多酚的制备 余甘子鲜果 40 °C 烘干后用粉碎机破碎成粉状,过 60 目筛得到余甘子粉,按固液比为 1:15(W/V)加入 45%(V/V)乙醇溶液,60 °C 浸提 3 h,过滤,滤渣二次浸提后合并滤液,45 °C 旋转蒸发挥去溶剂后浓缩液冷冻干燥。干燥条件:温度-40 °C,真空度 0.022 kPa,干燥时间 48 h<sup>[13]</sup>。干燥后的余甘子多酚提取物依次用乙醚、乙酸乙酯萃取,乙酸乙酯相 LSA-10 大孔吸附树脂纯化得到余甘子多酚提取物<sup>[14]</sup>。

1.2.2 多酚含量的测定 采用 Folin-Ciocalteu 法测定总多酚含量<sup>[15]</sup>,以没食子酸为标准品绘制曲线,其线性关系方程为:  $Y=0.0031x+0.0221$  ( $r=0.9993$ ), X 为没食子酸浓度(mg/mL), Y 为吸光值,按照标准曲线来计算总多酚含量,总多酚含量用 mg 没食子酸/g 提取物表示。

通过高效液相色谱(High performance liquid chromatography, HPLC)测定余甘子多酚提取物和方便面中没食子酸、柯里拉京和鞣花酸的含量<sup>[16]</sup>。检测采用的色谱柱为 Inertsil ODS C<sub>18</sub>(4.6 mm×250 mm, 5 μm),流动相 A 为甲醇、B 为磷酸溶液(5:95),检测波长为 254 nm,柱温为 25 °C,流速为 1.0 mL/min。进样 1 μL 后,按照以下程序梯度洗脱:0~10 min(B: 96%~85%),10~25 min(B: 85%~80%),25~40 min(B: 80%~65%),40~60 min(B: 65%)。按上述色谱条件分别测定样品和标准品的出峰时间和峰面积,根据样品中各物质的出峰时间与标准品的出峰时间是否一致对三种多酚物质定性,以峰面积百分比计算其含量<sup>[17]</sup>。

1.2.3 油炸方便面的制作 参照方便面的生产工艺制作油炸方便面<sup>[18]</sup>,按照质量分数将食盐(1.5%)、碳酸氢钠(0.2%)、水(35%)、余甘子多酚(0.5%、1%、

1.5%、2%)等添加到面粉中,搅拌成絮状后再反复揉压成面团。

面团用保鲜膜包裹于室温条件下饧发 30 min 后放入面条机压成均匀的片状,再切成 2 mm 宽、0.7 mm 厚的面条。湿面条于 100 °C 蒸 5 min 后取出,放入 150 °C 大豆油中炸 2 min 后捞出,室温下自然冷却,备用。

**1.2.4 油炸方便面复水时间的测定** 称取 50 g 方便面加入煮沸的蒸馏水中(1000 mL),在微沸状态下煮制,每隔 5 s 取样,用玻璃平板挤压观察面条内部白芯变化,至白芯消失时即为方便面的复水时间<sup>[19]</sup>。

**1.2.5 油炸方便面蒸煮损失及吸水率的测定** 参考文献的方法测定方便面蒸煮损失<sup>[20]</sup>和吸水率<sup>[21]</sup>。准确称取 50 g 方便面,放入 1000 mL 煮沸的蒸馏水中,煮至最佳复水时间后捞出,将面条置于滤纸上,5 min 后准确称重。按下面的公式计算吸水率:

$$\text{吸水率}(\%) = \frac{M_2 - M}{M} \times 100$$

式中:  $M$  为煮前方便面的质量(g);  $M_2$  为煮后方便面的质量(g)。

将面条捞出后的面汤转移至预先称重的烧杯中,用电炉加热蒸发至 100 mL 时放入烘箱 105 °C 烘干至恒重,下面的公式计算蒸煮损失率:

$$\text{蒸煮损失率}(\%) = \frac{M_1 - M_0}{M} \times 100$$

式中:  $M_0$  为烧杯初始质量(g);  $M_1$  为面汤干燥后烧杯质量(g);  $M$  为煮前方便面的质量(g)。

**1.2.6 油炸方便面的质构测定** 油炸方便面沸水煮 4 min 后捞出用 25 °C 冷水冷却 15 s。采用配置 TA-KF、TA-PFS、TA-JPA 探头的质构仪测定样品的硬度、咀嚼性、胶着性和弹性等参数。每次测定时将 3 根面条平行放置在载物平台上,保持 5 mm 的间隔。试验参数设定如下:测试速度为 1 mm/s,两次压缩的间隔时间为 3 s,压缩程度为 70%,触发值为 5 g<sup>[22]</sup>。

**1.2.7 油炸方便面中油脂 POV 和 AV 的测定** 方便面在 65 °C 的恒温干燥箱中保存,每 2 d 测量一次方便面中油脂的过氧化值和酸价。方便面打粉过 60 目筛,石油醚萃取后,40 °C 旋转蒸发挥去溶剂,得到待测油脂。油脂 POV 值的测定参照 GB 5009.227-2016 食品中过氧化值的测定方法进行<sup>[23]</sup>,油脂 AV 的测定参照 GB 5009.229-2016 食品中酸价的测定方法进行<sup>[24]</sup>。余甘子多酚降低 POV 能力和降低 AV 能力分别为添加多酚后方便面 POV 和 AV 降低的比例,按照  $(\text{POV}_{\text{空白}} - \text{POV}_{\text{样品}}) / \text{POV}_{\text{空白}}$  和  $(\text{AV}_{\text{空白}} - \text{AV}_{\text{样品}}) / \text{AV}_{\text{空白}}$  进行计算。

### 1.3 数据处理

实验重复 3 次,数据结果以平均值±标准差表示,应用 SPSS 13.0 进行数据分析,采用 ANOVA 法进行显著性检验,  $P < 0.05$  时在统计学上差异显著;采用 Pearson 法进行相关性分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 余甘子多酚提取物主要成分含量的测定

余甘子多酚粗提取物中总多酚含量为 563.5 mg/g。进一步通过溶剂分级,大孔树脂纯化去除杂质后,总多酚含量达到 880 mg/g。据文献报道,余甘子多酚提取物中主要有效多酚成分为没食子酸、柯里拉京和鞣花酸等<sup>[25-26]</sup>。采用 HPLC 法分析余甘子多酚提取物中这三种多酚物质的含量,结果见图 1。通过与标准品的 HPLC 图比较可知,余甘子多酚中主要多酚物质为没食子酸、柯里拉京和鞣花酸,其含量分别为  $(45.2 \pm 0.1)$ 、 $(16.6 \pm 0.5)$  和  $(22.1 \pm 0.7)$  mg/g。

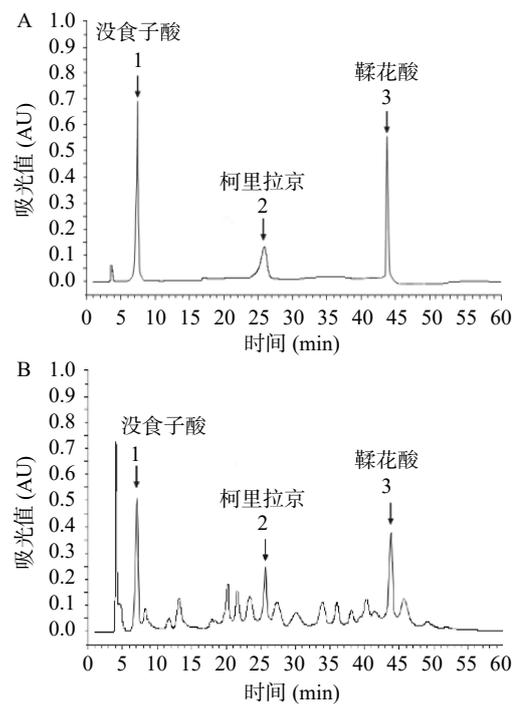


图 1 标准品(A)和余甘子多酚(B)的 HPLC 色谱图  
Fig.1 High performance liquid chromatogram of standard references (A) and phenolics from *emblica* extracts (B)

### 2.2 油炸方便面多酚含量的测定

将余甘子多酚按照面粉重量的 0.5%、1%、1.5%、2% 添加到面粉中,制作面条干物质中的多酚物质含量为理论值,油炸后方便面中各多酚物质含量见表 1。根据测定值和理论含量的差值与理论值的比值计算得出各多酚物质损失率。

从表 1 可知,随着面粉中余甘子多酚添加量增加,三种主要多酚物质的含量也增加。由于加工过程中的蒸煮和高温油炸导致的氧化损失,油炸方便面中多酚物质的损失率均在 50% 以上,最高达到 67.9%。在添加量为 0.5% 时,三种多酚的损失率相对较高,均超过 60%。当添加量增加时损失率有所降低,其原因有待进一步研究。以上结果表明,余甘子多酚在油炸方便面中可以保留 30% 以上。

### 2.3 余甘子多酚对油炸方便面蒸煮品质的影响

余甘子多酚对油炸方便面的蒸煮特性影响的测定结果见表 2。

表1 油炸方便面三种多酚物质的含量

Table 1 Contents of three phenolic compounds in fried instant noodles

余甘子多酚添加量(%)	没食子酸(mg/100 g)	损失率(%)	柯里拉京(mg/100 g)	损失率(%)	鞣花酸(mg/100 g)	损失率(%)
0.5	8.9±0.4	60.6±2.5 <sup>a</sup>	3.3±0.2	60.5±1.1 <sup>a</sup>	3.6±0.1	67.9±2.7 <sup>a</sup>
1	20.9±0.7	53.8±1.7 <sup>c</sup>	7.9±0.2	52.4±0.9 <sup>c</sup>	8.2±0.4	62.9±3.1 <sup>b</sup>
1.5	30.2±0.4	55.4±1.4 <sup>b</sup>	10.3±0.5	58.6±0.7 <sup>b</sup>	14.0±0.6	57.8±1.8 <sup>c</sup>
2	43.1±0.8	52.3±2.1 <sup>c</sup>	14.1±0.7	57.5±1.5 <sup>b</sup>	17.9±0.9	59.5±1.7 <sup>c</sup>

注: 同列不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ); 表2、3同。

表2 油炸方便面的蒸煮特性

Table 2 The cooking characteristics of fried instant noodles

余甘子多酚添加量(%)	复水时间(s)	蒸煮损失(%)	吸水率(%)
0	125±3.5 <sup>a</sup>	5.9±1.3 <sup>c</sup>	137.3±3.4 <sup>c</sup>
0.5	116±1.8 <sup>b</sup>	6.3±0.8 <sup>c</sup>	144.6±2.1 <sup>b</sup>
1	108±2.2 <sup>c</sup>	7.8±1.7 <sup>b</sup>	145.5±3.7 <sup>b</sup>
1.5	107±2.4 <sup>c</sup>	8.1±0.5 <sup>b</sup>	150.9±2.5 <sup>a</sup>
2	105±1.7 <sup>c</sup>	9.6±1.8 <sup>a</sup>	152.1±4.8 <sup>a</sup>

复水时间是评价油炸方便面蒸煮品质的重要指标之一,方便面在 80 °C 以上冲泡或煮制时,复水时间一般应少于 360 s<sup>[27]</sup>。如表 2 所示,所有方便面样品复水时间均少于 360 s,且添加余甘子多酚可以减少方便面复水时间。当余甘子多酚含量增加至 1% 时,方便面复水时间显著降低( $P<0.05$ ),由(125±3.5)s 减少到(108±2.2)s。当余甘子多酚含量超过 1% 时,方便面复水时间的减少趋势减弱。研究表明,多酚能够和面团中的蛋白质作用,形成连续的面筋蛋白网络结构,有利于减少面条的复水时间<sup>[28]</sup>。

面条的蒸煮损失是由可溶性固形物溶出造成的<sup>[29]</sup>,吸水率的增加是由于方便面复水时水分在面筋网络结构中的渗透和扩散<sup>[30]</sup>,二者都是评价方便面蒸煮品质的重要指标。从表 2 可知,添加了余甘子多酚的方便面蒸煮损失和吸水率都高于空白组,随着余甘子多酚含量的增加,方便面蒸煮损失和吸水率逐渐增大。当余甘子多酚添加量达到 1% 时,方便面的蒸煮损失和吸水率相较于空白样品增加显著( $P<0.05$ )。余甘子多酚添加量为 2% 时,方便面的蒸煮损失和吸水率达到最大值,分别为(9.6%±1.8%)和(152.1%±4.8%)。面条的蒸煮损失和吸水率均与面筋网络的结构性能密切相关,多酚类物质的加入会使面条的面筋结构变得疏松<sup>[31]</sup>,随着余甘子多酚添加量的增加,面条面筋结构内部孔隙逐渐增加,降低了对淀粉等固形物的拦截能力,有利于水分的渗透和扩散,从而提高了方便面的蒸煮损失和吸水率。此外,部分多酚的亲水性也是导致蒸煮损失和吸水率增加的因素之一。以上结果表明,添加余甘子多酚可以减少油炸方便面的复水时间,但同时会提高方便面的蒸煮损失和吸水率,因此需要控制添加量。

### 2.4 余甘子多酚对油炸方便面质构特性的影响

用质构分析仪测定复水方便面的质构特性,得到面条硬度、咀嚼性、胶着性和弹性等参数,可以客观地评价方便面的品质。不同余甘子多酚添加量对方便面复水后的质构特性影响见表 3。

表3 油炸方便面的质构特性

Table 3 The texture properties of fried instant noodles

余甘子多酚添加量(%)	硬度(g)	弹性	胶着性(g)	咀嚼性(g)
0	235.42±7.25 <sup>c</sup>	0.289±0.13 <sup>b</sup>	119±1.25 <sup>c</sup>	34.41±1.15 <sup>c</sup>
0.5	287.13±10.33 <sup>c</sup>	0.293±0.11 <sup>b</sup>	122±2.65 <sup>c</sup>	35.55±3.22 <sup>c</sup>
1	379.85±11.38 <sup>a</sup>	0.312±0.07 <sup>a</sup>	166±3.45 <sup>a</sup>	51.78±1.65 <sup>a</sup>
1.5	317.36±7.87 <sup>b</sup>	0.308±0.15 <sup>a</sup>	143±7.25 <sup>b</sup>	44.04±2.27 <sup>b</sup>
2	265.67±9.42 <sup>d</sup>	0.282±0.08 <sup>b</sup>	120±5.38 <sup>c</sup>	32.84±1.06 <sup>c</sup>

由表 3 可知,相较于空白样品,添加 1% 和 1.5% 余甘子多酚对方便面的硬度、弹性、胶着性和咀嚼性均具有显著影响( $P<0.05$ )。余甘子多酚添加量由 0.5% 增加至 1% 时,面条的硬度、弹性、胶着性和咀嚼性均逐渐增大。面条的硬度与面筋网络的结构密切相关,由于多酚与面筋蛋白质结合,形成稳定的蛋白质-多酚交联网状结构,增加了面筋的强度。同时,多酚和淀粉通过氢键作用结合,可以增强淀粉的水合作用,使得淀粉的胶着性和咀嚼性增加<sup>[32]</sup>。但余甘子多酚添加量增加到 1.5% 以上时,硬度、胶着性和咀嚼性显著降低,弹性也有所下降。这是由于余甘子多酚的亲水基会竞争性夺取面筋蛋白的水分子,使面筋蛋白持水能力下降,硬度、咀嚼性和胶着性降低<sup>[33]</sup>。同时,多酚的加入量增大会在一定程度上降低面筋蛋白含量,导致硬度和咀嚼性降低。

### 2.5 余甘子多酚对油炸方便面 POV 值的影响

通过加速氧化检测方便面的油脂氧化酸败情况,结果见图 2。根据方便面的食品安全国家标准(GB 17400-2015 食品安全国家标准方便面)规定,油

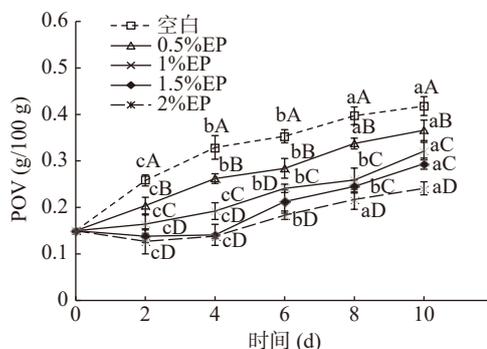


图2 余甘子多酚对油炸方便面 POV 值的影响

Fig.2 Effects of *emblica* polyphenols on the peroxide value of fried instant noodles

注: 不同小写字母表示组内差异显著, 不同大写字母表示组间差异显著( $P<0.05$ ); 图 3 同。

炸方便面的 POV 值不能高于 0.25 g/100 g。

由图 2 可以看出, 余甘子多酚可以抑制油炸方便面中油脂的氧化酸败, 其过氧化值随多酚浓度的增加而降低。方便面在 65 °C 保存 2 d 后, 空白组和添加 0.5% 余甘子多酚样品组的 POV 值显著增加 ( $P<0.05$ ), POV 值分别在第 2 d 和第 4 d 高于国家标准 0.25 g/100 g。而多酚添加量超过 1% 的方便面在贮藏 6 d 后 POV 值上升显著 ( $P<0.05$ )。1% 和 1.5% 的余甘子多酚处理组过氧化值分别在第 8 d 和第 10 d 才高于 0.25 g/100 g, 2% 余甘子多酚添加量的油炸方便面在贮藏的 10 d 内, 其过氧化值均低于国家标准。结果与刘晓丽等<sup>[12]</sup>对常用食用油的抗氧化研究结果一致, 余甘子多酚可以延长油脂氧化的诱导期。

## 2.6 余甘子多酚对油炸方便面 AV 值的影响

AV 值能够反映出方便面中游离脂肪酸的含量, 余甘子多酚对方便面酸价的影响如图 3 所示。根据食品安全国家标准方便面 GB 17400-2015, 油炸方便面的 AV 值不能高于 1.8 mg/g。

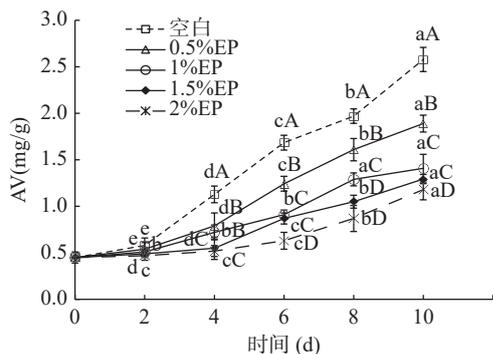


图 3 余甘子多酚对油炸方便面 AV 值的影响

Fig.3 Effects of *emblica* polyphenols on the acid value of fried instant noodles

由图 3 知, 加速氧化 2 d 时, 余甘子多酚对油炸方便面的酸价没有显著影响 ( $P>0.05$ ), 方便面的 AV 值均在 0.5 mg/g 左右。但 65 °C 贮藏 4 d 后, 方便面的酸价随着余甘子多酚添加量的增加而显著降低 ( $P<0.05$ )。空白组和 0.5% 余甘子多酚处理组的方便面, 其酸价分别在第 8 d 和第 10 d 高于国家标准 (GB 17400-2015) 1.8 mg/g, 而添加 1% 以上余甘子多酚的方便面在实验周期内, 酸价均低于 1.8 mg/g。因此, 当余甘子多酚添加量达到 1% 以上时, 可以有效降低油炸方便面的酸价。

## 2.7 相关性分析

采用 SPSS 统计软件将油炸方便面中没食子酸、柯里拉京和鞣花酸的含量与降低过氧化值的能力和降低酸价的能力进行双变量相关分析, 得出三种多酚的含量与抗油脂氧化活性之间的相关系数如表 4 所示。三种多酚的含量与抗油脂氧化活性具有相关性。其中, 酚羟基数目最多的柯里拉京含量和降 POV 能力相关性极显著 ( $r=0.9658, P<0.01$ ), 没食子

酸和鞣花酸的含量和降 POV 能力显著相关 ( $P<0.05$ ); 另外, 柯里拉京的含量和降 AV 能力相关性显著 ( $r=0.9081, P<0.05$ )。因此, 余甘子多酚抑制油炸方便面中油脂氧化与这三种多酚物质密切相关, 且抗氧化能力与多酚的酚羟基数目呈正相关。

表 4 油炸方便面中多酚含量与抗油脂氧化活性之间的相关系数 ( $r$ )

Table 4 Correlation coefficients ( $r$ ) between the contents of *emblica* polyphenols and antioxidant activity in fried instant noodles

指标	没食子酸	柯里拉京	鞣花酸
降低过氧化值的能力	0.9107*	0.9658**	0.9346*
降低酸价的能力	0.8187	0.9081*	0.8564

注: \*表示差异显著,  $P<0.05$ ; \*\*表示差异极显著,  $P<0.01$ 。

## 3 结论

本研究表明, 面粉中添加的余甘子多酚主要成分在油炸方便面中能够保留 30% 以上。余甘子多酚的加入对方便面的质构特性具有显著影响, 余甘子多酚添加量由 0.5% 增加至 1% 时, 面条的硬度、弹性、胶着性和咀嚼性显著增加 ( $P<0.05$ )。但当添加量超过 1.5% 以上时, 不利于硬度、胶着性和咀嚼性的提升。余甘子多酚有利于面条面筋蛋白网络结构的形成, 减少油炸方便面的复水时间。当添加量增加至 1% 时, 方便面的复水时间显著降低 ( $P<0.05$ ), 但同时方便面的蒸煮损失和吸水率相较于空白样品增加显著 ( $P<0.05$ ), 因此需要控制添加量。余甘子多酚对方便面中的油脂具有显著的抗氧化作用, 添加 1% 以上余甘子多酚可显著降低油炸方便面的 POV 和 AV 值 ( $P<0.05$ ), 在贮藏的 10 d 内, 其过氧化值和酸价分别低于国家标准 (GB 17400-2015 和 GB 17400-2015) 规定的 0.25 g/100 g 和 1.8 mg/g。余甘子多酚的抗油脂氧化活性与三种多酚的含量密切相关, 且抗氧化能力与多酚的酚羟基数目呈正相关。因此, 余甘子多酚能够改善油炸方便面的品质, 抑制油炸方便面中的油脂氧化, 具有应用于油炸方便面生产的潜力。

## 参考文献

- [1] DEGHANNYA J, NGADI M. Recent advances in micro-structure characterization of fried foods: Different frying techniques and process modeling[J]. Trends in Food Science & Technology, 2021, 116(3): 786–801.
- [2] 张田. 大豆蛋白与绿茶多酚相互作用对方便面品质及抗氧化性的影响[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(2): 67–70. [ZHANG T. Effect of interaction between soybean protein and green tea polyphenol on the quality and antioxidation of instant noodles[J]. Grain & Oils, 2021, 34(2): 67–70.]
- [3] LIU X, ZHAO M, WU K, et al. Immunomodulatory and anticancer activities of phenolics from *emblica* fruit (*Phyllanthus emblica* L.)[J]. Food Chemistry, 2012, 131(2): 685–690.
- [4] 王建超, 何银莺, 黄旭萍, 等. 余甘子种质资源的遗传多样性分析[J]. 森林与环境学报, 2021, 41(4): 396–401. [WANG J C,

- HE Y Y, HUANG X P, et al. Genetic diversity analysis of *Phyllanthus emblica* germplasm resources[J]. Journal of Forest and Environment, 2021, 41(4): 396–401. ]
- [ 5 ] YANG B, LIU P. Composition and biological activities of hydrolyzable tannins of fruits of *Phyllanthus emblica*[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(3): 529–541.
- [ 6 ] LIU X, ZHAO M, WANG J, et al. Antioxidant activity of methanolic extract of *emblica* fruit (*Phyllanthus emblica* L.) from six regions in China[J]. Journal of Food Composition & Analysis, 2008, 21(3): 219–228.
- [ 7 ] 刘晓丽. 余甘子多酚的分离、鉴定与生理活性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2007. [ LIU X L. Isolation and identification of polyphenols from *emblica* (*Phyllanthus emblica* L.) fruit and their biological activities[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2007. ]
- [ 8 ] LUO W, ZHAO M, YANG B, et al. Antioxidant and antiproliferative capacities of phenolics purified from *Phyllanthus emblica* L. fruit[J]. Food Chemistry, 2011, 126(1): 277–282.
- [ 9 ] REDDY V, UROOJ A, KUMAR A. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application in biscuits[J]. Food Chemistry, 2004, 90(1–2): 317–321.
- [ 10 ] ADEGOKE G O, KUMAR M V, KRISHNA A G G, et al. Antioxidants and lipid oxidation in foods—critical appraisal[J]. Journal of Food Science and Technology, 1998, 35(4): 283–298.
- [ 11 ] 王小李, 詹琳. 余甘子甲醇萃取物对色拉油抗氧化效果的研究[J]. 武汉工业学院学报, 2000, 2: 13–15. [ WANG X L, ZHAN L. Using carbinol abstracts of the emblic to test the antioxidant of soybean salad oil[J]. Journal of Wuhan Polytechnic University, 2000, 2: 13–15. ]
- [ 12 ] 刘晓丽, 吴克刚, 柴向华, 等. 余甘子多酚作为食用油脂抗氧化剂的研究[J]. 中国食品添加剂, 2010, 3: 194–198. [ LIU X L, WU K G, CHAI X H, et al. Antioxidant activity of *emblica* polyphenol in oil[J]. China Food Additives, 2010, 3: 194–198. ]
- [ 13 ] 邢颖, 张月, 徐怀德, 等. 不同干燥方法对生姜叶活性成分和抗氧化活性的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(18): 75–80, 86. [ XING Y, ZHANG Y, XU H D, et al. Effects of different drying methods on active components and antioxidant activities of ginger leaves[J]. Science and Technology Food Industry, 2020, 41(18): 75–80, 86. ]
- [ 14 ] ZHANG Y, PECHAN T, CHANG S K C. Antioxidant and angiotensin-I converting enzyme inhibitory activities of phenolic extracts and fractions derived from three phenolic-rich legume varieties[J]. Journal of Functional Foods, 2018, 42(2): 289–297.
- [ 15 ] MARSOUL A, IJJAALI M, ELHAJJAJI F, et al. Phytochemical screening, total phenolic and flavonoid methanolic extract of pomegranate bark (*Punicagranatum* L): Evaluation of the inhibitory effect in acidic medium 1 M HCl[J]. Materials Today:Proceedings, 2020, 27(4): 3193–3198.
- [ 16 ] ZHANG L, LI Y, LIANG Y, et al. Determination of phenolic acid profiles by HPLC-MS in vegetables commonly consumed in China[J]. Food Chemistry, 2019, 276(10): 538–546.
- [ 17 ] 刘晓丽, 杨冰鑫, 陈柳青, 等. HPLC测定余甘子茶中3种多酚成分及抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(13): 315–320, 327. [ LIU X L, YANG B X, CHEN L Q, et al. Determination of three polyphenol components in *Phyllanthus emblica* L. tea by high performance liquid chromatography and their antioxidant activity[J]. Science and Technology Food Industry, 2020, 41(13): 315–320, 327. ]
- [ 18 ] 宋孟迪, 曾浩, 贾甜, 等. 油炸胡萝卜方便面生产工艺及其抗氧化性[J]. 食品工业科技, 2019, 40(10): 233–237, 243. [ SONG M D, ZENG J, JIA T, et al. Processing technology and antioxidant activities of deep-fried instant carrot noodles[J]. Science and Technology Food Industry, 2019, 40(10): 233–237, 243. ]
- [ 19 ] 王蕊. 硬脂酰乳酸钠对油炸方便面品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(2): 80–83. [ WANG R. Effect of sodium stearoyl-lactylate on the quality of fried instant noodles[J]. Grain & Oils, 2021, 34(2): 80–83. ]
- [ 20 ] 陈媛媛, 李华. 小麦糊粉对面团特性及面条品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(5): 43–46. [ CHEN Y Y, LI H. Effect of wheat aleurone on dough characteristics and noodle quality[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(5): 43–46. ]
- [ 21 ] 曹新蕾. 全麦粉对油炸方便面品质的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2017. [ CAO X L. Effect of whole wheat flour on the quality of instant fried noodles[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017. ]
- [ 22 ] CHEN M, WANG L, QIAN H F, et al. The effects of phosphate salts on the pasting, mixing and noodle-making performance of wheat flour[J]. Food Chemistry, 2019, 283: 353–358.
- [ 23 ] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.227-2016 食品中过氧化值的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [ National Health Commission of the People's Republic of China. GB 5009.227-2016 Determination of peroxide value in food[S]. Beijing: China Standard Press, 2016. ]
- [ 24 ] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.229-2016 食品中酸价的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [ National Health Commission of the People's Republic of China. GB 5009.229-2016 Determination of acid value in food[S]. Beijing: China Standard Press, 2016. ]
- [ 25 ] KUMAR S, SINGH A, KUMAR B. Identification and characterization of phenolics and terpenoids from ethanolic extracts of *Phyllanthus* species by HPLC-ESI-QTOF-MS/MS[J]. Journal of Pharmaceutical Analysis, 2017, 7(4): 214–222.
- [ 26 ] 朱华伟, 李伟, 陈运娇, 等. 余甘子化学成分及其抗炎作用的研究进展[J]. 中成药, 2018, 40(3): 670–674. [ ZHU H W, LI W, CHEN Y J, et al. Research progress on chemical constituents and anti-inflammatory effect of *Phyllanthus emblica*[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2018, 40(3): 670–674. ]
- [ 27 ] DING S, YANG J. The influence of emulsifiers on the rheological properties of wheat flour dough and quality of fried instant noodles[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 53(1): 61–69.
- [ 28 ] MA M, HAN C W, LI M, et al. Inhibiting effect of low-molecular weight polyols on the physico-chemical and structural deteriorations of gluten protein during storage of fresh noodles[J]. Food Chemistry, 2019, 287: 11–19.
- [ 29 ] WANG R B, LI M, CHEN S Q, et al. Effects of flour dynamic viscosity on the quality properties of buckwheat noodles[J]. Car-

- bohydrate Polymers, 2019, 207: 815–823.
- [ 30 ] PARK C S, BAIK B K. Significance of amylose content of wheat starch on processing and textural properties of instant noodles[J]. *Cereal Chemistry*, 2004, 81(4): 521–526.
- [ 31 ] 胡思. 茶多酚与面筋蛋白相互作用对生鲜面品质影响的研究 [D]. 郑州: 河南工业大学, 2016. [ HU S. Effect of the interaction between tea polyphenols and wheat gluten on fresh noodle quality[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2016. ]
- [ 32 ] 冉隆贵, 董剑, 余有本, 等. 3 类茶叶粉对小麦面粉糊化特性的影响[J]. *西北农业学报*, 2016, 25(12): 1780–1786. [ RAN L G, DONG J, YU Y B, et al. Effect of adding three tea powders on pasting properties of wheat flours[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2016, 25(12): 1780–1786. ]
- [ 33 ] 王灵昭, 陆启玉, 袁传光. 用质构仪评价面条质地品质的研究[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2003, 24(3): 29–33. [ WANG L Z, LU Q Y, YUAN C G. Study on the assessment for noodle texture with texture analyser[J]. *Journal of Zhengzhou Institute of Technology*, 2003, 24(3): 29–33. ]