

不同碱添加量澄清甜菜汁面条的理化性质比较

萧思玉^{1,2}, 李颖¹, 潘伟成²

(1. 广东石油化工学院生物与食品工程学院, 广东茂名 525000)

(2. 大仁科技大学食品科技系, 中国台湾屏东 90741)

摘要: 甜菜汁富含生物活性物质, 可作为食用色素和功能性食品原料的来源。本研究将澄清甜菜汁 (clear beetroot juice; CBJ) 加入面条配方中, 以改善面条的营养价值、抗氧化性与颜色的丰富性。本研究以 10% CBJ-面条为研究对象, 探讨碱添加量 (0~0.40%) 对其质构、颜色和抗氧化性质的影响。使用质构仪和色差仪分别测定面条的质构和颜色, 采用分光光度法测定总甜菜色素、总多酚含量和 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH) 自由基清除能力。研究表明: 与对照组干面条相比, 增加碱添加量 (0.10%~0.40%) 会显著增加干面条的折断力 (11.07%~33.35%) 和游离态总多酚含量 (2.26%~25.28%), 但是显著减少总甜菜色素 (3.77%~43.20%) 和 DPPH 自由基清除能力 (1.08%~18.20%)。此外增加碱添加量会显著增加熟面条的切断力 (10.88%~29.23%) 和拉伸强度 (47.78%~137.21%)。在色泽上, 添加 0~0.40% 碱的 CBJ 干面条的红色度 (a^* 值) 介于 16.59 至 1.98, 而相对应地熟面条的红色度介于 7.39 至 1.76, 这表明甜菜汁中的甜菜色素对高 pH 和高温不稳定。因此本研究建议以低碱添加量 (0.10%) 制备甜菜碱面条, 不仅可呈现粉红色面条外观且可保留较多的甜菜色素、总多酚及较高的抗氧化性。

关键词: 面条; 碱; 颜色; 甜菜色素; 抗氧化; 质构

文章编号: 1673-9078(2021)04-217-223

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.4.0829

Comparison of the Physicochemical Properties of Clear Beetroot

Juice-Enriched Noodle with Different Amounts of Alkali

SHIAU Sy-yu^{1,2}, LI Ying¹, PAN Wei-chen²

(1. College of Biological and Food Engineering, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming 525000, China) (2. Department of Food Science and Technology, Tajen University, Pingtung 90741, China)

Abstract: Beetroot juice, rich in bioactive substances, is a good source of food colorings and functional ingredients. In this study, clear beetroot juice (CBJ) was added to the formulated noodle to improve the nutritional value, antioxidant properties and color of the noodle. The 10% CBJ-noodles was used as the research object to study the effects of added alkali level (0~0.40%) on the texture, color and antioxidant properties of the resultant noodles. Texture and color of the noodles were measured by a texture analyzer and a colorimeter, respectively. Total contents of betalains and polyphenols, and the 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity were determined by spectrophotometry. The research results showed that compared with the control noodle (without alkali), increasing the alkali level (0.10~0.40%) significantly increased the breaking force (11.07~33.35%) and the content of free polyphenolics (2.26~25.28%) of the dried CBJ-noodles, whilst decreasing significantly total betalains (3.77~43.20%) and DPPH radical scavenging capacity (1.08~18.20%). In addition, increasing the level of added alkali increased significantly the cutting force (10.88~29.23%) and tensile strength (47.78~137.21%) of cooked noodles. In terms of color, the redness (a^* value) of dried raw and cooked CBJ-noodle with 0~0.40% alkali ranged from 16.59 to 1.98 and from 7.39 to 1.76, respectively. These results indicate that the betalains in CBJ were unstable at a high pH and temperature. Therefore, this research proposes the use of a low

引文格式:

萧思玉, 李颖, 潘伟成. 不同碱添加量澄清甜菜汁面条的理化性质比较[J]. 现代食品科技, 2021, 37(4): 217-223

SHIAU Sy-yu, LI Ying, PAN Wei-chen. Comparison of the physicochemical properties of clear beetroot juice-enriched noodle with different amounts of alkali [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(4): 217-223

收稿日期: 2020-09-02

基金项目: 中国台湾科技部专题研究计划项目 (MOST-106-2221-E-127-002); 广东石油化工学院人才引进项目 (2019rc110)

作者简介: 萧思玉 (1960-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 粮油加工

通讯作者: 李颖 (1988-), 女, 讲师, 研究方向: 果蔬加工及天然产物提取

alkali level (0.10%) for the preparation of alkaline noodles, which makes the noodles not only having a pink appearance but also possessing higher contents of retained betalains and polyphenols and higher antioxidant activity.

Key words: noodle; alkali; color; betalain; antioxidation; texture

亚洲碱面条(如方便面、广式鲜面条、武汉热干面、四川担担面、台湾油面)是一种受欢迎的主食。碱面条的基本组成是面粉、水和碱(食用级)。碳酸钠和碳酸钾是制造碱面条常使用的食品添加剂,在 GB 2760-2014 食品添加剂使用标准中,碳酸钠在生湿面条中可按生产需要适量添加,而碳酸钾的添加上限是 60 g/kg。碱面条的品质与配料、加工条件有关^[1-3]。添加碱会使面条呈现黄色、形成特有的风味、增加硬度和咀嚼性、使小麦面筋蛋白分子链缠绕程度增强、以及形成类似膜状且紧密连续的立体形貌^[4-6]。碱会使面团的黏度和弹性增加,并倾向形成一个黏弹性固体^[7,8],亦会促进面团的游离巯基转为二硫键、增加氢键但减少疏水性相互作用、以及使麦谷蛋白大聚体含量增加^[4]。添加碱性盐会使面条的蛋白质构形改变,增加 β -折板与减少 α -螺旋构造^[9],以及使面条的清蛋白含量显著增加,而球蛋白和面筋蛋白含量减少^[5,10]。任佳影等研究发现食用碱添加量越多,熟面条的口感越不佳,且色泽越黄、亮度越暗,因此最适碱添加量为 0.20%^[4]。此外,碱添加量也不宜太多,容易破坏食品中维生素等营养物质。

甜菜(*Beta vulgaris* L.)富含甜菜色素(betalains)和多酚^[11]。甜菜根中主要的甜菜红素(betacyanin)是甜菜苷(betainin)、异甜菜苷(isobetainin),而甜菜黄素(betaxanthin)是 vulgaxanthin 和 miraxanthin^[12]。研究已发现根甜菜具有抗氧化、抗发炎及抗肿瘤等功效^[13,14]。因此近年来甜菜根成为颇受大众喜爱的新兴健康食材。甜菜除了可作为食用色素外,还能改善食品的营养与可接受性,如酸奶、多谷点心食品^[15,16]。

近来,为增强人体营养与健康,越来越多研究者关注在面条中使用天然且具保健功效的食材和配料的研发,如魔芋精粉、荞麦、鹰嘴豆、橄榄果渣、山药、全谷等^[2,6,8,17-19]。而目前还没有甜菜汁在碱面条中的应用研究报告。本文作者前期研究了将澄清红甜菜汁加入碱面条配方中,以期能改善面条的颜色、营养与抗氧化性。然甜菜汁所含甜菜色素的稳定性与 pH、温度、氧气、光线等因素有关,其中 pH 在 5~6 时稳定性最佳^[20],此外碱添加量与面条口感和质构有关^[4],故碱面条的碱添加量应对澄清红甜菜汁面条的颜色、总多酚、抗氧化性及质构有明显的影响。因此,本文以 10% CBJ-面条为研究对象,探讨了面条中添加不同含量的碱(0.10%~0.40%)对其质构、颜色和抗氧化性质的

影响,以期能找出合适的碱添加量并制造出具有色彩、富含植化素和高抗氧化性的澄清甜菜汁碱面条。

1 材料与方法

1.1 主要材料与仪器设备

中筋面粉(粗蛋白质 12.0%),台湾洽发股份有限公司;红甜菜根,市售。碳酸钠、碳酸钾等其它试剂均为分析纯。

制面榨汁多功能机(Model JYN-W6),浙江九阳公司;压延机(Model HC1-A),台湾越钢不锈钢公司;切面条机(Model DRB-36),台湾越钢不锈钢公司;质构仪(Texture analyzer TA-XT Plus),英国 Stable Micro Systems 公司;ColorFlex 色差仪,美国 Hunter Associates Laboratory 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 面团的制备

用水清洗红甜菜根,去皮,切成小块,然后磨碎得甜菜浆,再用 Whatman 1 号滤纸过滤,即得澄清甜菜汁(clear beetroot juice, CBJ)。0.10%~0.40%碱面团的制备:分别称取 0.50 g~2.00 g 碱(由碳酸钠和碳酸钾各占 50%组成),溶于水(130.20~131 g)后,加入 500 g 面粉,混合均匀,再添加 50 g CBJ,进行充分搅拌(慢速 2 min 和中速 2 min)。将混匀后的面团置于塑料袋中于室温下静置 15 min,即得碱面团样品。以不添加碱作为对照组。0~0.40%碱 CPJ-面团的水分含量皆为 35%(由各原料水分含量计算得到)。

1.2.2 面条的制备

参考 Shiau 等^[21]方法制备面条。使用压延机挤压上述面团以逐渐减少面带的厚度,分别在滚轮间隙 7.10、5.60、4.30、2.80、1.40 和 0.80 mm 下压延 2 次。然后用切条机将面带切成宽约 3 mm、厚约 1.60 mm 的面条,即得生面条。将生面条于室温下(约 26 °C)干燥约 14 h 可制得干面条。将干面条装入双层可密封的塑料袋,置于防潮箱中待测。

熟面条的制备:将约 70 g 生面条放入装有 700 mL 沸水的烧杯中,烹煮至面条内部白点消失,烹煮时间为 3 min。烹煮完后于冷水中冷却 20 s,捞出沥干 1 min,置于塑料袋中冷却至室温,并尽快对熟面条的质量进行分析。

1.2.3 面条理化性质的测定

1.2.3.1 面条拉伸性质的测定

使用质构仪 Kieffer 面团与面筋延展性装置和 ASPR 装置分别测定生、熟面条的拉伸性质,包括生面条的抗展性(resistance to extension, R)和延展性(extensibility, E),以及熟面条的拉伸强度(tensile strength, TS)、延展性(E)和 TS/E 比值。拉伸速率为 2 mm/s,记录使一根面条拉断所需的最大力量为 R 或 TS 值(mN),拉断时的距离为 E 值(mm)^[21]。

1.2.3.2 面条折断力的测定

使用质构仪三点弯曲夹具(HDP/3PB)测量干面条之折断力,测试速率为 2 mm/s,记录使一根干面条折断所需的最大力量^[22]。

1.2.3.3 面条切断力的测定

在质构仪平台上将五条熟面条并列,使用切刀探头(A/LKB-F)对面条切断力进行测定。探头进入面条的深度是 1 mm,测试速率为 0.50 mm/s,记录切面条所需的最大力量为切断力^[21]。

1.2.3.4 面条的蠕变实验(creep)

取三条熟面条彼此紧密并列于质构仪平台上,用 P10 探头进行蠕变试验^[21]。测试速率为 0.50 mm/s,面条在固定 450 mN 或 5.73 kPa 应力下测试 4 min,记录面条应变的变化。蠕变数据依三要素 Zener 模型分析,即:

$$J(t) = J_0 + J_1(1 - e^{-t/\lambda_{ret}})$$

式中 $J(t)$ 是在 t 时间的柔量(compliance, kPa^{-1}); J_0 、 J_1 和 λ_{ret} 是实验数据回归后得到的参数,分别代表瞬间与阻滞柔量(kPa^{-1})和阻滞时间(s)。

1.2.3.5 面条颜色的测定

用色差仪测定干和熟面条样品的颜色参数,包括 L^* 、 a^* 、 b^* 值和白色度(WI)。白色度的计算如下式:

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}$$

1.2.3.6 面条总甜菜色素(total betalains)的测定

参考 Stintzing 等和 Chhikara 等方法并稍加修改以测定澄清甜菜汁和干面条中的总甜菜色素含量^[23,24]。样品用 0.50 M 磷酸盐缓冲溶液(pH 6.5)稀释或萃取,离心后取其上清液测定吸光值。甜菜红素与甜菜黄素二者的合算是总甜菜色素含量。甜菜红素(BC)和甜菜黄素(BX)含量的计算公式如下:

$$BC / (\text{mg/L}) = (A \times F \times MW \times 1000) / (\epsilon \times x)$$

式中 $A=A_{538\text{nm}}-A_{600\text{nm}}$ 的吸光值, F 为稀释倍数, $\epsilon=60,000$ $\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{cm})$, 甜菜苷的分子量(MW)为 550 g/mol, $x=1$ cm。

$$BX / (\text{mg/L}) = (A \times F \times MW \times 1000) / (\epsilon \times x)$$

式中, $A=A_{480\text{nm}}-A_{600\text{nm}}$ 的吸光值, F 为稀释倍数, $\epsilon=48,000$ $\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{cm})$, indicaxanthin 的 MW 为 308 g/mol, $x=1$ cm。

1.2.3.7 面条总多酚和抗氧化性的测定

参考 Shiao 等^[21]的方法萃取面条的游离态总多酚。精确称量 500 mg 干面条粉末样品,加入 10 mL 的 80%乙醇,混合搅拌 30 min 后,在 6000 r/min 下离心 10 min,取其上清液,并重复上述步骤萃取一次,合并所得的萃取液,并测定其游离态总多酚含量。

萃取液中游离态总多酚含量的测定是采用 Singleton 等^[25]的方法,以阿魏酸为标准品来计算^[21]。取上述乙醇萃取液 1 mL、0.25 mL Folin-Ciocalteu 试剂、0.25 mL 的 20%碳酸钠溶液与 2.5 mL 蒸馏水于试管中混合均匀,避光下静置 60 min,在 725 nm 下测定吸光度值,所得面条的游离态总多酚含量结果以 μg 阿魏酸当量(FAE)/g 面条(干重)表示。

上述乙醇萃取物中的游离态的 DPPH 自由基清除力是依 Liyana-Pathlana 等^[26]方法并稍加修改后测定,以水溶性维生素 E (Trolox 或称 6-羟基-2,5,7,8-四甲基苯并二氢吡喃-2-羧酸)为标准品来计算。取上述 1 mL 乙醇萃取液,加 2 mL 磷酸盐缓冲溶液(pH 7.0)与 1 mL 的 0.1 mmol/L DPPH 混合均匀,避光下静置 30 min,在 517 nm 下测定吸光度值,结果以 μg 水溶性维生素 E 当量(TE)/g 面条(干重)表示。

1.3 数据处理

实验数据以 SPSS 19.0 统计软件进行方差分析(One-way ANOVA),并利用 Duncan 多变域法作差异显著性分析,差异显著水平为 $p < 0.05$ 。结果用平均值 \pm 标准偏差表示,不同的上标字母代表有显著差异,每个实验重复 3 次。使用 Excel 2010 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 面条的质构与流变性质

添加不同含量碱(0~0.40%)对含 10%澄清甜菜汁(CBJ)生面条拉伸性质的影响如图 1,结果显示随着碱添加量的增加,生面条的抗展性(R)逐渐增加,增加幅度介于 6.63%~63.08%;添加碱的面条其延展性(E)显著大于未添加碱面条,增加幅度介于 47.68%~59.38%。这与添加碱会增加荞麦面条和 50 °C 挤出面条拉伸强度的结果一致^[6,7]。碱会促使新鲜面条的硬度和面筋强度显著增加^[9]。

当碱添加量 $\leq 0.20\%$ 时,随着碱含量的增加,干面条的折断力显著增加;当碱添加量为 0.20% 时,干面条的折断力增加了 29.91%;而当碱添加量 $> 0.20\%$

时,干面条的折断力随其碱含量继续增加并不显著(表1)。在熟面条质构方面,碱添加量越多,熟面条的延展性(E)越低,但切断力、拉伸强度(TS)和 TS/E 值越高(表1)。E 值降低幅度介于 2.22%~26.69%,而切断力、TS 和 TS/E 分别增加了 10.88%~29.23%、47.78%~137.01%和 50.75%~222.61%。因此添加碱会产生强度较高的面条,且受碱浓度影响,这可能是由于碱促使面条的面筋网状结构增强所致。申倩等^[3]指出加入少量碳酸钠或碳酸钾,面团的稳定时间、拉伸性和硬度都有所增加,但加入过量的碱,面团的拉断力、拉断距离、硬度和回复性会明显降低。同时添加碱会增加熟面条的硬度和咀嚼性^[4,5],而添加 0.50%~1.50%碱可防止淀粉颗粒从面筋结构中解离出来^[8]。

蠕变实验可用来测定食品的黏弹性,但有关面条蠕变的研究报告^[21,27]很少。熟面条蠕变实验的数据可以用三要素 Zener 模型描述,其 R² 值约为 0.98(表2)。表2结果显示虽然不同浓度的碱对 CBJ-熟面条的柔量阻滞(J₁值)没有显著影响,但是提升碱添加量会显著增加面条的瞬间柔量(J₀值)和阻滞时间(λ_{ret})。与

对照组相比, J₀ 和 λ_{ret} 值分别增加了 8.79%~29.40%和 13.01%~36.45%。所以具有高瞬间柔量且长阻滞时间的 CBJ-碱面条有较高的弹性。通过应力松弛试验发现添加碱会使熟面条具有更大的弹性^[1]。添加少量碳酸钠或碳酸钾,面团的黏弹性和回复性会上升,但碱添加过量会使面团的弹性和回复性明显降低^[3]。

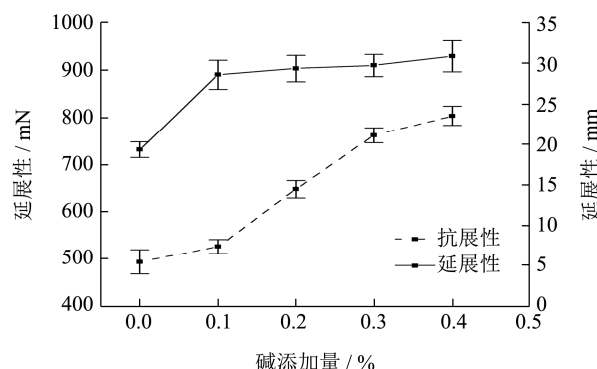


图1 碱添加量对含 10%澄清甜菜汁生面条抗展性和延展性的影响

Fig.1 Effect of alkali level on resistance to extension and extensibility of raw noodle enriched with 10% clear beetroot juice (CBJ)

表1 碱添加量对含 10%澄清甜菜汁干或熟面条质构性质的影响

Table 1 Effect of alkali level on textural properties of dry or cooked noodle with 10% CBJ

碱/%	干面条			熟面条	
	折断力/mN	切断力/mN	拉伸强度/mN	延展性/mm	拉伸强度/延展性/(mN/mm)
0	1491±52 ^c	1461±58 ^d	232.1±10.2 ^d	116.9±3.9 ^a	1.99±0.14 ^c
0.10	1656±69 ^b	1620±61 ^c	343.0±18.8 ^c	114.3±5.7 ^{ab}	3.00±0.16 ^d
0.20	1937±58 ^a	1752±36 ^b	493.6±21.8 ^b	107.3±5.0 ^b	4.60±0.33 ^c
0.30	1981±69 ^a	1884±44 ^a	549.8±11.1 ^a	107.1±4.5 ^b	5.13±0.14 ^b
0.40	1988±76 ^a	1888±46 ^a	550.1±12.6 ^a	85.7±5.7 ^c	6.42±0.37 ^a

注: 数据为平均值±标准偏差。在同一栏中有相同上标字母表示没有统计显著差异性。

表2 不同碱添加量对澄清甜菜汁熟面条蠕变实验 Zener 模型参数的影响

Table 2 Parameters of three-element Zener model in creep test of cooked CBJ- enriched noodle with various alkali levels

碱/%	0	0.10	0.20	0.30	0.40
J ₀ ×1000 (kPa ⁻¹)	10.58±0.34 ^c	11.51±0.45 ^{bc}	12.06±0.79 ^{abc}	12.52±1.20 ^{ab}	13.69±1.23 ^a
J ₁ ×1000 (kPa ⁻¹)	4.33±0.42 ^a	4.21±0.33 ^a	4.17±0.48 ^a	3.94±0.40 ^a	3.94±0.34 ^a
λ _{ret} /s	95.62±9.81 ^c	108.06±8.52 ^{bc}	118.65±9.43 ^{ab}	124.74±12.12 ^{ab}	130.47±12.94 ^a
R ²	0.980	0.986	0.980	0.980	0.984

注: 数据为平均值±标准偏差。在同一列中有相同上标字母表示没有统计显著差异性。

2.2 面条的颜色

颜色是面条品质的重要指标之一。一般碱面条呈黄色,这是由于碱使小麦面粉中的类黄酮成分芹菜配质-C-二糖苷(apigenin-C-diglycosides)产生发色位移^[28]。Hatcher 等^[29]指出添加高浓度碱的生面条比低碱生面条有较高的亮度。任佳影等^[4]用感官评价法发现

随着碱添加量(0.10%~0.40%)的增多,熟面条的色泽越黄、亮度越暗。澄清甜菜汁因富含甜菜色素而外观呈深红色,不同碱添加量的 10% CBJ-干面条的照片如图 2 所示,0%和 0.10%碱面条呈粉红色,但碱添加量高(≥0.20%)时,CBJ-干面条呈黄色。从表 3 可以看出,随着碱添加量的增加,干面条的红色度明显地减少(a*值从 16.59 降至 1.98);但是亮度、黄色度

和白色度则明显地增加,即 L^* 值从 58.91 增加至 67.92, b^* 为 12.81 至 18.99, 而 WI 为 53.87 至 62.67。在低碱含量 (0.10%) 下 CBJ-干面条的颜色参数与对照组无显著差异,但在高碱含量时有显著差异,这与图 2 的结果一致。

熟面条颜色变化类似干面条,增加碱添加量也会使熟面条的红色度明显减少, a^* 值从 7.39 降至 1.76。



图 2 不同碱添加量的澄清甜菜汁干面条的外观照片

Fig.2 Appearance of dried CBJ-enriched noodle

注: 由左至右的碱量依序为 0%、0.10%、0.20%、0.30%和 0.40%

表 3 碱添加量对含澄清甜菜汁面条颜色的影响

Table 3 Effect of alkali level on the color of noodle with 10% clear beetroot juice

面条型式	碱/%	L^*	a^*	b^*	WI
干面条	0	58.91±1.84 ^d	16.59±1.13 ^a	12.81±0.92 ^c	53.87±1.61 ^c
干面条	0.10	60.81±1.40 ^{cd}	16.32±1.08 ^a	12.74±0.88 ^c	55.68±1.86 ^c
干面条	0.20	62.47±0.66 ^c	8.97±0.43 ^b	14.56±0.38 ^b	58.76±0.70 ^b
干面条	0.30	65.38±0.82 ^b	3.85±0.28 ^c	18.23±0.39 ^a	60.68±0.78 ^{ab}
干面条	0.40	67.92±0.78 ^a	1.98±0.29 ^d	18.99±0.40 ^a	62.67±0.79 ^a
熟面条	0	60.52±0.73 ^a	7.39±0.24 ^a	22.51±0.93 ^a	53.96±1.09 ^{ab}
熟面条	0.10	60.10±0.33 ^a	7.45±0.27 ^a	19.25±0.54 ^c	55.08±0.52 ^a
熟面条	0.20	57.49±0.52 ^b	7.69±0.44 ^a	19.04±0.52 ^c	52.79±0.45 ^b
熟面条	0.30	57.30±0.98 ^b	3.40±0.27 ^b	20.43±0.26 ^b	52.54±0.87 ^b
熟面条	0.40	58.57±0.69 ^b	1.76±0.19 ^c	21.04±0.29 ^b	53.50±0.70 ^b

注: 数据为平均值±标准偏差。在同一栏且同型式面条中有相同上标字母表示没有统计显著差异性。

2.3 面条的化学性质

本文中澄清甜菜汁的总甜菜色素含量是 845 mg/L, 其中 58%为甜菜红素, 42%为甜菜黄素。这与奥利地根甜菜的总甜菜色素含量 (介于 789~1309 mg/L, 约 60%甜菜红素与 40%甜菜黄素) 的报告一致^[11], 但比印度根甜菜的总甜菜色素含量 (555 mg/L) 高^[24]。此外 CBJ 的游离态总多酚含量和 DPPH 自由基清除能力分别是 758 mg FAEL/L 和 1465 mg TE/L。添加不同碱量对 CBJ-干面条总甜菜色素、游离态总多酚和 DPPH 自由基清除能力的影响如图 3 所示。从图 3 可知, 与对照组相比, 当面条中添加 0.10%的碱时, 其总甜菜色素、游离态总多酚和 DPPH 自由基清除能力并没有显著变化 ($p>0.05$)。但当碱添加量超过

此外 CBJ-熟面条的红色度明显比干面条低, 这是由于甜菜汁中的甜菜色素对热和高 pH 不稳定。一般而言, 不同碱添加量对 CBJ-熟面条的亮度、黄色度和白色度影响程度比红色度要小。与高碱熟面条相比, 低碱 (0.10%) 熟面条有较高的亮度和白色度及较低的黄色度。碱面条的红色度经过烹煮后会明显降低, 这与火龙果皮粉末面条的研究结果类似^[21]。

0.20%时, 随着碱添加量的增加会使 0.20%~0.40%碱面条的总甜菜色素明显下降, 分别为 27.13%、34.98%和 43.20%。然而提高碱添加量会使面条的游离态总多酚含量逐渐增加, 增加幅度介于 5.98%至 25.28%, 这可能是由于配方中所添加的碱促使结合态总多酚部分转变为游离态总多酚, 结合态总多酚是与细胞壁多糖类物质紧密结合的, 在碱或酸性条件下会分离出来^[30]。

甜菜色素与总多酚等成分皆具有良好的抗氧化性, 如 Cai 等^[31]指出甜菜苷的 DPPH 自由基清除能力是维生素 C 的 3 倍, 而 Li 等^[32]指出尤加利树叶的多酚萃取物具有 DPPH 自由基和超氧阴离子自由基清除能力以及强还原力。这些生物活性成分含量的消长会影响碱面条的抗氧化能力。图 3 结果显示 0.20%~0.40%碱面条的 DPPH 自由基清除能力逐渐下

降(介于4.79%~18.20%)。这可能是由于添加碱使面条的甜菜色素含量下降程度大于游离态总多酚含量上升程度,因此导致高碱 CBJ-面条 DPPH 自由基清除能力的降低。从保留或维持面条总甜菜色素、总多酚与 DPPH 自由基清除能力综合考虑,选择 0.10%碱添加量最合适。

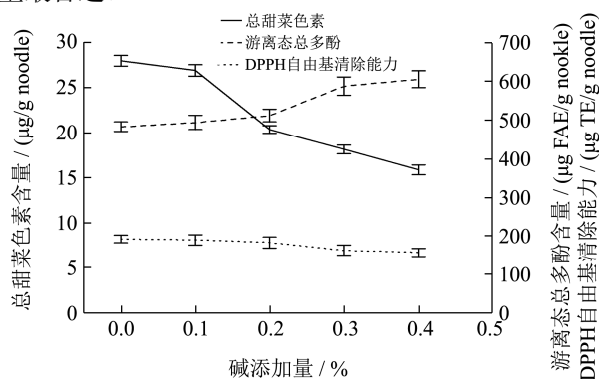


图3 碱添加量对含 10%甜菜汁干面条中总甜菜色素、游离态总多酚和 DPPH 自由基清除能力的影响

Fig.3 Effect of alkali level on total betalains, free polyphenolics and DPPH scavenging capacity of dried noodle enriched with 10% clear beetroot juice

3 结论

甜菜汁富含甜菜色素、多酚等植化素,可作为食用色素和功能性食品原料。增加碱的添加量可以增加面条的强度和弹性。然而甜菜色素的稳定性受 pH 影响,添加高碱的面条会明显地破坏其甜菜色素和 DPPH 自由基清除能力。综合考虑,在 10% CBJ-干面条中添加 0.10%的碱(碳酸钠和碳酸钾混合物)最合适,此时可维持甜菜面条呈粉红色(大多数的甜菜色素被保留)并具有较高的抗氧化性。

参考文献

- [1] Hatcher D W, Bellido G G, Anderson M J. Particle size, starch damage, and alkali reagent: impact on uniaxial stress relaxation parameters of yellow alkaline noodles [J]. Cereal Chemistry, 2009, 86(3): 361-368
- [2] 汪帅帅,邹慧,郑芃园,等.魔芋精粉添加量对碱面条品质的影响[J].食品科技,2019,44(6):178-182
WANG Shi-shuai, ZOU Hui, ZHENG Peng-yuan, et al. Effect of konjac flour amounts on the quality of alkali noodles [J]. Food Science and Technology, 2019, 44(6): 178-182
- [3] 申倩,陆启玉.盐、碱的添加对面条品质的影响[J].粮食与油脂,2017,30(3):31-32
SHEN Qian, LU Qi-yu. Effect of salt and alkali on quality of noodle [J]. Cereals and Oils, 2017, 30(3): 31-32
- [4] 任佳影,陈洁,汪磊.食用碱对蛋白质聚集行为及面条品质的影响[J].河南工业大学学报(自然科学版),2020,41(3):27-33
REN Jia-ying, CHEN Jie, WANG Lei. Effects of dietary alkali on protein aggregation behavior and noodle quality [J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2020, 41(3): 27-33
- [5] Fan H P, Ai Z L, Chen Y H, et al. Effect of alkaline salts on the quality characteristics of yellow alkaline noodles [J]. Journal of Cereal Science, 2018, 84: 159-167
- [6] Guo X N, Wei X M, Zhu K X. The impact of protein cross-linking induced by alkali on the quality of buckwheat noodles [J]. Food Chemistry, 2017, 221: 1178-1185
- [7] Shiau S Y, Yeh A I. Effects of alkali and acid on dough rheological properties and characteristics of extruded noodles [J]. Journal of Cereal Science, 2001, 33(1): 27-37
- [8] Jia F Y, Ma Z, Wang X L, et al. Effect of kansui addition on dough rheology and quality characteristics of chickpea-wheat composite flour-based noodles and the underlying mechanism [J]. Food Chemistry, 2019, 298: 125081
- [9] Li M, Sun Q J, Han C W, et al. Comparative study of the quality characteristics of fresh noodles with regular salt and alkali and the underlying mechanisms [J]. Food Chemistry, 2018, 246: 335-342
- [10] 范会平,陈月华,符锋,等.碱性盐对小麦面粉筋特性和面条蛋白质组分的影响[J].现代食品科技,2019,35(12):61-69
FAN Hui-ping, CHEN Yue-hua, FU Feng, et al. Effects of alkaline salts on gluten characteristics of wheat flour and protein composition of derived noodles [J]. Modern Food Science and Technology, 2019, 35(12): 61-69
- [11] Wruss J, Waldenberger G, Huemer S, et al. Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2015, 42(1): 46-55
- [12] Lee E J, An D, Nguyen C T T, et al. Betalain and betaine composition of greenhouse- or field-produced beetroot (*Beta vulgaris* L.) and inhibition of hepG2 cell proliferation [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(6): 1324-1331
- [13] Zielinska-Przyjemka M, Olejnik A, Dobrowolska-Zachwieja A, et al. In vitro effects of beetroot juice and chips on oxidative metabolism and apoptosis in neutrophils from obese individuals [J]. Phytotherapy Research, 2009, 23(1):

- 49-55
- [14] 柏利霞,丁刘刚,江森,等.甜菜根生物活性及其产品应用研究进展[J].食品研究与开发,2016,37(23):212-215
BAI Li-xia, DING Liu-gang, JIANG Sen, et al. Beetroot application research progress of biological activity and products [J]. Food Research and Development, 2016, 37(23): 212-215
- [15] Yadav M, Masih D, Sonkar C. Development and quality evaluation of beetroot powder incorporated yogurt [J]. International Journal of Science, Engineering and Technology, 2016, 4(4), 582-586
- [16] Dhadage K B, Shinde G S, Gadhave R K. Development of the functional food i.e. beetroot fortified multigrain snacks [J]. International Journal of Science and Research, 2015, 4(12): 469-473
- [17] 洛桑卓玛,张华玲,黄俊僮,等.油橄榄果渣对面条品质的影响[J].现代食品科技,2020,36(6):204-210
LUOSANG Zhuo-ma, ZHANG Hua-ling, HUANG Jun-tong, et al. Effects of olive pomace on the quality of Chinese dried noodles [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(6): 204-210
- [18] 张小梅,楼焯,董艳梅,等.响应面法优化山药芋头食养面条的加工工艺研究[J].食品研究与开发,2020,41(16):107-114
ZHANG Xiao-mei, LOU Ye, DONG Yan-mei, et al. Study on optimization of processing technology of yam taro noodles by response surface method [J]. Food Research and Development, 2020, 41(16): 107-114
- [19] Liu Y M, Shiao S Y. Rheological, antioxidative, and sensory properties of Chinese alkaline noodle prepared with regular and whole wheat flour [J]. International Journal of Food Engineering, 2018, 14(1): 20170279
- [20] Azeredo H M C, Betalains: properties, sources, applications, and stability-a review [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2009, 44(12): 2365-2376
- [21] Shiao S Y, Li G H, Pan W C, et al. Effect of pitaya peel powder addition on the phytochemical and textural properties and sensory acceptability of dried and cooked noodles [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2020, 44(7): e14491
- [22] Shiao S Y, Wu T T, Liu Y L. Effect of the amount and particle size of wheat fiber on textural and rheological properties of raw, dried and cooked noodles [J]. Journal of Food Quality, 2012, 35(3): 207-216
- [23] Stintzing F C, Herbach K M, Mosshammer M R, et al. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(2): 442-451
- [24] Chhikara N, Kushwaha K, Jaglan S, et al. Nutritional, physicochemical, and functional quality of beetroot (*Beta vulgaris* L.) incorporated Asian noodles [J]. Cereal Chemistry, 2019, 96(1): 154-161
- [25] Singleton V L, Rossi J A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16(3): 144-158
- [26] Liyana-Pathlirana C M, Shahidi, F. Antioxidant and free radical scavenging activities of whole wheat and milling fractions [J]. Food Chemistry, 2007, 101(3): 1151-1157
- [27] Sato S, Tanaka Y, Shimiya Y. Measurement of viscoelasticity distribution between the surface and center of cooked noodles using the modified compression creep test [J]. Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology, 2014, 61(3): 108-116
- [28] Asenstorfer R E, Wang Y, Mares D J. Chemical structure of flavonoid compounds in wheat (*Triticum aestivum* L.) flour that contribute to the yellow colour of Asian alkaline noodles [J]. Journal of Cereal Science, 2006, 43(1): 108-119
- [29] Hatcher D W, Anderson M J. Influence of alkaline formulation on oriental noodle color and texture [J]. Cereal Chemistry, 2007, 84(3): 253-259
- [30] Arranz S, Calixto F S. Analysis of polyphenols in cereals may be improved performing acidic hydrolysis: a study in wheat flour and wheat bran and cereals of the diet [J]. Journal of Cereal Science, 2010, 51(3): 313-318
- [31] Cai Y, Sun M, Corke H. Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2003, 51(8): 2288-2294
- [32] Li W, Zhang X Y, He Z Q, et al. *In vitro* and *in vivo* antioxidant activity of eucalyptus leaf polyphenols extract and its effect on chicken meat quality and cecum microbiota [J]. Food Research International, 2020, 136: 109302