

蔡梦迪, 沈春霞, 李玉辉, 等. 食盐对石磨全麦粉及其挂面品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(3): 102–107. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022040258

CAI Mengdi, SHEN Chunxia, LI Yuhui, et al. Effect of Salt on the Quality of Stone Milled Whole Wheat Flour and Dried Noodles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(3): 102–107. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022040258

· 研究与探讨 ·

食盐对石磨全麦粉及其挂面品质的影响

蔡梦迪¹, 沈春霞¹, 李玉辉¹, 熊双丽^{2,*}, 李 凤¹

(1. 西南科技大学生命科学与工程学院, 四川绵阳 621010;

2. 四川旅游学院食品学院, 四川成都 610100)

摘 要: 为改善挂面品质, 研究不同食盐添加量对石磨全麦粉糊化和粉质特性、面片色泽及挂面蒸煮、感官、质构特性和抗氧化活性的影响。结果表明: 随食盐添加量增加, 全麦粉峰值黏度、衰减值呈现先增大后减小趋势, 吸水率、软化度持续下降, 糊化温度、面团形成时间和稳定时间持续增加。添加食盐后, 0 h 组的全麦面片亮度显著升高 ($P<0.05$); 红绿值、黄蓝值显著降低 ($P<0.05$)。食盐添加量为 2% 时, 全麦挂面烹调损失率和面汤浊度达到最大, 分别为 7.93% 和 0.162, 熟面 ABTS⁺ 清除率和总还原能力达到最大, 分别为 33.53% 和 0.455。在 0%~2% 的食盐添加范围内, 随食盐添加量增加, 全麦挂面硬度、胶着性和咀嚼性呈下降趋势。1% 食盐添加量条件下, 全麦面团和挂面整体品质最佳。

关键词: 石磨全麦粉, 食盐, 全麦挂面, 品质特性

中图分类号: TS213.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)03-0102-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022040258



本文网刊:

Effect of Salt on the Quality of Stone Milled Whole Wheat Flour and Dried Noodles

CAI Mengdi¹, SHEN Chunxia¹, LI Yuhui¹, XIONG Shuangli^{2,*}, LI Feng¹

(1. School of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China;

2. College of Food Science and Technology, Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, China)

Abstract: In order to improve the quality of dried noodles, the effect of different salt additions on the pasting and farinograph properties of stone milled whole wheat flour, dough color, cooking, sensory, texture properties and antioxidant activity of noodles was explored. The results showed that the peak viscosity and breakdown of whole wheat flour increased first and then decreased, the water absorption and degree of softening decreased continuously, and the pasting temperature, dough development and stability time increased constantly with the increase of salt. After the addition of salt, the brightness of whole wheat dough in the 0 h group increased significantly ($P<0.05$), but its red-green value and yellow-blue value decreased significantly ($P<0.05$). When the amount of salt added was 2%, the cooking loss rate of noodles and turbidity of noodle soup reached the maximum, which were 7.93% and 0.162, respectively. The ABTS⁺ scavenging ability and total reduction ability of cooked noodles reached the maximum, which were 33.53% and 0.455, respectively. Within the range of 0%~2%, the hardness, gumminess, and chewiness of noodles decreased with the increase of salt. In summary, the overall quality of whole wheat dough and noodles was the best when the amount of salt added was 1%.

Key words: stone milled whole wheat flour; salt; whole wheat noodles; quality characteristics

挂面具有制作简单、易消化、贮藏方便等特点, 是传统主食之一。石磨全麦粉由整粒小麦经转速低、升温小的石磨逐次研磨、过筛制得, 保留了麸皮

和胚芽, 富含膳食纤维、矿物质、维生素、阿魏酰化低聚糖、谷胱甘肽、二十八烷醇及植物甾醇等成分^[1-3], 具有缓解轻度便秘, 改善结肠代谢, 降低肥胖、

收稿日期: 2022-04-22

基金项目: 四川旅游学院科研团队项目 (21SCTUTY03)。

作者简介: 蔡梦迪 (1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 粮油食品加工与安全, E-mail: 1013879655@qq.com。

* 通信作者: 熊双丽 (1977-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 粮油食品加工与安全, E-mail: xiongshuangli9@163.com。

代谢综合征、某些类型癌症、二型糖尿病及心脑血管疾病风险的作用^[4]。全麦挂面营养丰富,具有较好保健功效,但其麸皮会影响全麦粉面筋蛋白结构的形成,导致面条表面粗糙度变大,表观品质下降^[5]。

食盐是面制品重要的改良剂,适量的食盐不仅可以延长面团形成时间,提高耐搅拌性,增加面团弹性和延展性,明显减少挂面烹调时间,优化面筋网络结构,改善面条拉伸性能^[6-7],而且能够延长面条保质期^[8]。钠摄入量与高血压患病率高低呈正相关,中国钠盐摄入量平均值达到 10 g/人^[9],而挂面是典型的高钠主食。目前,食盐对石磨全麦粉及其挂面综合品质的研究鲜有报道。

本文通过研究不同食盐添加量对石磨全麦粉糊化、粉质特性、面片色泽、全麦挂面蒸煮、感官、质构特性及抗氧化活性的影响,分析食盐对石磨全麦粉及其面团特性、挂面品质的影响规律,旨在确定最佳食盐添加量以提升全麦挂面加工、品质特性,为全麦食品加工发展提供一定参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

石磨全麦粉 四川省冯老汉科技有限公司;食盐 市购;2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸 (ABTS; 纯度 98%)、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH; 纯度 ≥ 97.0%) 上海阿拉丁生化科技股份有限公司;30% 过氧化氢、磷酸氢二钠、无水乙醇、水杨酸、硫酸亚铁、铁氰化钾、三氯乙酸、磷酸二氢钠、三氯化铁 均为分析纯,成都市科隆化学品有限公司。

TA.XT plus 物性测试仪 英国 Stable Micro System 公司;PH-030(A)干燥/培二用箱 上海齐欣科学仪器有限公司;DMT-5 电动面条机 龙口市复兴机械有限公司;UV 5800PC 型紫外分光光度计 上海元析仪器有限公司;NH300 便携式色差仪 深圳市三恩驰科技有限公司;RHCX-350 超声波清洗机 济宁荣汇超声波设备有限公司;Micro-DoughLAB 型粉质仪、StarchMaster 型 RVA 瑞典波通科学仪器公司。

1.2 实验方法

1.2.1 全麦粉糊化特性与粉质特性测定 以石磨全麦粉质量为基准,分别添加 0%、0.5%、1%、1.5%、2% 食盐。糊化特性测定参考 GB/T 24853-2010《小麦、黑麦及其粉类和淀粉糊化特性测定 快速粘度仪法》;粉质特性测定参考 GB/T 14614-2019《小麦粉面团流变学特性测试 粉质仪法》。

1.2.2 全麦挂面的制备 石磨全麦粉 200 g,分别添加 0%、0.5%、1%、1.5%、2% 食盐,水 70 g,充分搅拌,和面 5 min。面团放入自封袋密封,室温熟化 30 min,面条机压至光滑。切成厚度为 1 mm,宽度为 2 mm 的面条。室温干燥 24 h,切成长度 22 cm。

1.2.3 面片色度的测定 将最后一次压延的面片制

成 5 cm×5 cm,用色差仪测定其色度。测定后,将面片装入自封袋,24 h 后再测定一次。

1.2.4 全麦挂面蒸煮品质测定 干物质吸水率、烹调损失率测定分别参照公艳等^[10]、田晓红等^[11]方法。取 10 g 水分含量为 W 的挂面称重 m_1 ,将不锈钢锅盛放的 500 mL 水加热至沸腾,待挂面煮至烹调时间后捞出,平铺于 2 张滤纸上沥水 5 min 后称重 m_2 ,再将其放入 135 ℃ 烘箱烘至恒重 m_3 。

$$\text{干物质吸水率}(\%) = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$
$$\text{烹调损失率}(\%) = \frac{m_1 \times (1 - W) - m_3}{m_1 \times (1 - W)} \times 100$$

面汤浊度测定:测定烹调损失率的面汤凉至室温,定容至 500 mL,摇匀并于 720 nm 测定吸光值。

1.2.5 全麦挂面质构特性的测定 挂面煮至烹调时间,凉水冷却 15 s,滤水 30 s,3 根面条并排置于载物台。取探头 P36 R,测前、测中、测后速度为 0.2 mm/s,应变目标模式,压缩比 40%,两次压缩间隔 2 s,触发力 5.0 g。

1.2.6 全麦挂面感官评价 评分细则参照 LS/T 3202-1993《面条用小麦粉》,由 5 名评定员分别品尝煮至烹调时间的全麦挂面,根据表 1 进行评分。

表 1 全麦挂面感官评分细则

Table 1 Sensory scoring rules of whole wheat noodles

项目(分值)	评分标准
表观状态(10)	表面结构细密、光滑透亮为 8.5~10 分;中间态为 6~8.4 分;表面粗糙、膨胀、变形严重为 1~5.9 分
软硬度(20)	硬度适中为 17~20 分;稍偏硬或偏软为 12~16 分;太硬或太软为 1~11 分
色泽(10)	光亮为 8.5~10 分;亮度一般为 6~8.4 分;颜色发暗发灰,亮度差为 1~5.9 分
粘性(25)	咀嚼时不粘牙、爽口为 21~25 分;较爽口、稍粘牙为 16~20 分;发粘、不爽口为 10~15 分
韧性(25)	富有弹性及咬劲为 21~25 分;一般为 16~20 分;弹性不足,咬劲差或很硬为 1~15 分
光滑性(5)	口感光滑为 4.3~5 分;光滑程度一般为 3.0~4.2 分;光滑程度差为 1.0~2.9 分
食味(5)	具有麦香味 4.3~5 分;基本无异味为 3.0~4.2 分;有异味为 1.0~2.9 分

1.2.7 全麦挂面抗氧化活性测定 挂面提取液制备参考 Shiau 等^[12]的方法,并稍作修改。分别称取 2 g 生、熟挂面,加 9 mL 80% 乙醇,50 ℃ 超声 30 min,4000 r/min 离心 10 min,取上清液,80% 乙醇定容至 10 mL。

DPPH 自由基清除率测定^[13]:取 0.5 mL 样液与 2 mL 95% 乙醇、2 mL 含 0.1 mmol/L DPPH 的 95% 乙醇溶液混合,避光 30 min 后于 517 nm 测定吸光值,以 95% 乙醇代替样液为空白组。

$$\text{DPPH 自由基清除率}(\%) = \frac{A_{\text{空白}} - A_{\text{样品}}}{A_{\text{空白}}} \times 100$$

羟自由基清除率测定^[13]:取 1 mL 样液与 1.5 mL 6 mmol/L 水杨酸乙醇溶液、1.5 mL 2 mmol/L FeSO₄

溶液及 1.5 mL 1 mmol/L H_2O_2 溶液混合。37 ℃ 静置 1 h, 于 510 nm 测定吸光值。以蒸馏水代替样液为空白组, 蒸馏水代替 H_2O_2 为对照组。

$$\text{羟自由基清除率}(\%) = \left(1 - \frac{A_{\text{样品}} - A_{\text{对照}}}{A_{\text{空白}}}\right) \times 100$$

ABTS⁺清除率测定^[14]: 取 0.1 mL 样液与 4 mL ABTS⁺工作液混匀, 暗处静置 6 min, 于 734 nm 测定吸光值。以蒸馏水代替样液为空白组, 蒸馏水代替 ABTS⁺工作液为对照组。

$$\text{ABTS}^+\text{清除率}(\%) = \left(1 - \frac{A_{\text{样品}} - A_{\text{对照}}}{A_{\text{空白}}}\right) \times 100$$

总还原力测定^[15]: 取 0.5 mL 样液与 2.5 mL 0.2 mol/L 磷酸缓冲液(pH=6.6)、2.5 mL 1% 铁氰化钾混匀, 50 ℃ 水浴反应 20 min 后加 2.5 mL 10% 三氯乙酸、2.5 mL 蒸馏水和 0.5 mL 0.1% 三氯化铁, 混匀静置 10 min。以蒸馏水代替样液为空白, 于 700 nm 测定吸光值。

1.3 数据处理

利用 Excel 记录、统计数据, Origin 9.0 制图, SPSS 26.0 软件进行显著性分析, 结果以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 食盐添加量对全麦粉糊化特性的影响

由表 2 可知, 随食盐添加量增加, 全麦粉峰值黏度、衰减值得总体上呈现先增大后减小趋势; 回生值、峰值时间差异不显著($P>0.05$)。食盐添加量为 0% 时, 全麦粉峰值黏度为 2565.33 mPa·s, 显著低于其他组($P<0.05$)。可能是因为氯化钠溶于水电离产生 Na^+ 和 Cl^- 使渗透压升高, 水分活度降低, 进而增加全麦粉颗粒间的摩擦程度, 淀粉流动性降低导致黏度升高^[8]。衰减值得小代表耐剪切性越好, 而添加食盐后全麦粉衰减值得增大, 说明食盐能够促进石磨全麦粉糊化破裂, 降低其热稳定性及抗剪切性。回生值得越

小表示面粉不易回生, 抗老化性越强, 凝胶性越弱, 食盐破坏氢键并阻碍分子链有序排列, 从而延缓淀粉回生^[16]。糊化温度随食盐量增加而增加, 这是由于食盐降低水分活度, 淀粉吸水膨胀受抑制, 糊化需要更多热量^[17]。

2.2 食盐添加量对全麦粉粉质特性的影响

由表 3 可知, 随食盐添加量增加, 全麦粉吸水率、弱化度逐渐下降; 面团形成时间、稳定时间不断增加。钠离子和氯离子优先与蛋白质表面的水分子结合, 导致吸水率降低^[18]。形成时间、稳定时间长短分别表示面筋蛋白网络结构形成快慢和面团抗剪切能力高低, 弱化度越低说明面筋结构稳定性越高, 加工性质越好^[19]。加入食盐可以推迟全麦面团形成时间, 在一定程度上延缓面筋网络的构建。同时, 食盐与面筋蛋白相互作用, 优化面筋网络结构, 因此面团稳定时间增加^[20]。含盐量 2% 的面团稳定时间为 16.40 min, 弱化度为 6.67 FU, 与其他组差异显著($P<0.05$), 说明其筋力最强, 韧性最好。带宽反映面团弹性, 未添加食盐组面团弹性最佳。

2.3 食盐添加量对全麦面片色度的影响

由表 4 可以看出, 与未添加食盐的全麦面片相比, 0 h 添加食盐组全麦面片 L^* 值显著升高($P<0.05$); a^* 、 b^* 值均显著降低($P<0.05$), 可能是因为食盐的添加优化了面筋蛋白结构, 麸皮均匀分布其中使面片亮度增大^[21]。0 h 时添加 0.5% 食盐的面片 L^* 值最大, a^* 、 b^* 值最小; 24 h 后添加 2% 食盐的面片 L^* 、 a^* 、 b^* 值最小, 可能与食盐抑制杂菌繁殖并降低酶的活性有关。24 h 后全麦面片亮度降低, 红绿度和黄蓝度升高, 这主要是因为有氧环境催化全麦粉中的酚类发生氧化反应, 生成的醌类物质进一步氧化聚合或与蛋白质、氨基酸反应产生黑色素, 发生酶促褐变^[22]。

2.4 食盐添加量对全麦挂面蒸煮特性的影响

由表 5 可知, 添加食盐使全麦挂面干物质吸水率呈现逐渐下降的趋势。未添加食盐组全麦挂面干

表 2 食盐添加量对全麦粉糊化特性的影响

Table 2 Effect of addition of salt on pasting properties of whole wheat flour

食盐添加量(%)	峰值黏度(mPa·s)	谷值黏度(mPa·s)	衰减值得(mPa·s)	最终黏度(mPa·s)	回生值得(mPa·s)	峰值时间(min)	糊化温度(℃)
0	2565.33±30.89 ^c	1538.67±29.74 ^{bc}	1026.67±19.86 ^c	3166.33±19.01 ^{ab}	1627.67±16.56 ^a	6.24±0.08 ^a	70.45±0.40 ^b
0.5	2783.00±37.24 ^a	1688.33±48.06 ^a	1094.67±68.06 ^{bc}	3240.33±41.10 ^a	1552.00±66.90 ^a	6.31±0.10 ^a	70.95±0.83 ^{ab}
1	2677.00±45.92 ^b	1573.33±40.80 ^b	1103.67±16.74 ^b	3157.33±61.52 ^{ab}	1584.00±48.38 ^a	6.31±0.08 ^a	71.25±0.95 ^{ab}
1.5	2664.00±28.79 ^b	1469.00±45.30 ^c	1195.00±19.47 ^a	3083.00±49.39 ^b	1614.00±28.62 ^a	6.18±0.04 ^a	71.55±0.48 ^{ab}
2	2665.33±20.03 ^b	1508.67±24.21 ^{bc}	1156.67±15.70 ^{ab}	3097.00±69.91 ^b	1588.33±45.94 ^a	6.29±0.04 ^a	72.33±0.51 ^a

注: 同列不同字母表示差异显著($P<0.05$), 表3~表7同。

表 3 食盐添加量对全麦粉粉质特性的影响

Table 3 Effect of addition of salt on farinograph properties of whole wheat flour

食盐添加量(%)	吸水率(%)	形成时间(min)	稳定时间(min)	弱化度(FU)	带宽(FU)
0	74.53±1.32 ^a	5.17±0.60 ^b	3.07±0.21 ^c	186.15±17.97 ^a	90.00±5.00 ^a
0.5	73.30±1.18 ^{ab}	6.57±0.98 ^b	4.70±0.26 ^{bc}	121.67±2.89 ^b	85.00±8.66 ^{ab}
1	71.13±1.05 ^{bc}	8.27±1.06 ^a	5.63±0.84 ^b	91.67±15.28 ^c	76.67±5.77 ^b
1.5	70.80±1.21 ^c	9.40±0.53 ^a	5.93±0.98 ^b	71.67±2.89 ^c	78.33±5.77 ^{ab}
2	69.07±0.84 ^c	9.73±0.23 ^a	16.40±1.51 ^a	6.67±20.21 ^d	81.67±2.89 ^{ab}

表 4 食盐添加量对全麦面片色度的影响
Table 4 Effect of addition of salt on the color of whole wheat dough

食盐添加量(%)	亮度(L*)		红绿度(a*)		黄蓝度(b*)	
	0 h	24 h	0 h	24 h	0 h	24 h
0	71.74±0.14 ^c	59.92±0.48 ^a	8.88±0.12 ^a	10.65±0.29 ^a	24.51±0.33 ^a	26.26±0.40 ^a
0.5	73.74±0.26 ^a	60.28±0.15 ^a	8.06±0.22 ^b	10.45±0.05 ^a	22.10±0.75 ^b	25.22±0.18 ^a
1	72.81±0.52 ^b	58.46±0.45 ^b	8.17±0.11 ^b	10.32±0.03 ^a	23.03±0.55 ^b	25.34±0.04 ^a
1.5	73.14±0.51 ^{ab}	58.57±0.49 ^b	8.19±0.20 ^b	9.97±1.02 ^a	22.66±0.27 ^b	24.98±1.42 ^a
2	73.06±0.42 ^{ab}	57.19±0.23 ^c	8.36±0.23 ^b	8.42±0.13 ^b	22.82±0.42 ^b	23.36±0.21 ^b

物质吸水率为 136.95%, 显著高于添加食盐组 ($P<0.05$)。主要因为麦谷蛋白和麦醇溶蛋白吸水膨胀受阻, 吸水率降低。食盐添加量为 2% 时全麦挂面干物质吸水率最低, 仅为 120.58%。推测因为氯化钠是一种亲水性中性盐, 过量的食盐与面条中蛋白质竞争吸水, 则会使蛋白质结合的水分子减少^[23]。全麦挂面烹调损失率、面汤浊度随食盐添加量的增加而呈现上升趋势, 这可能是因为食盐的添加会影响淀粉与水的相互作用, 淀粉凝胶网络结构疏松使淀粉颗粒溶出, 另外盐溶性蛋白浸出也会造成蒸煮损失增加^[24-25]。

表 5 食盐添加量对全麦挂面蒸煮特性的影响
Table 5 Effect of addition of salt on cooking characteristics of whole wheat noodles

食盐添加量(%)	干物质吸水率(%)	烹调损失率(%)	面汤浊度
0	136.95±2.17 ^a	6.67±0.21 ^c	0.129±0.003 ^d
0.5	129.37±1.22 ^b	6.77±0.10 ^c	0.137±0.000 ^c
1	127.03±0.84 ^b	7.23±0.07 ^b	0.147±0.001 ^b
1.5	123.02±1.48 ^c	7.31±0.04 ^b	0.150±0.003 ^b
2	120.58±1.36 ^c	7.93±0.07 ^a	0.162±0.004 ^a

2.5 食盐添加量对全麦挂面质构特性的影响

由表 6 可以看出, 不同食盐添加量全麦挂面的硬度、胶着性及咀嚼性差异显著 ($P<0.05$)。食盐添加量为 0% 时, 全麦挂面硬度、弹性、内聚性、胶着性、咀嚼性及回复性均为最大值。这可能与全麦粉

形成的面筋网络结构有关, 细小的麸皮填充在网状面筋中, 使熟制面条变得坚实^[26-27]; 也可能是麸皮含有的阿拉伯木聚糖与面筋蛋白共价交联产生高分子量聚合物, 导致面条硬度增大^[28]。随食盐添加量增加, 全麦挂面硬度、胶着性及咀嚼性逐渐降低, 与张云亮等^[29] 研究结果一致。这可能是由于食盐在水中水解为 Na^+ 和 Cl^- , 减少了蛋白表面的电荷、降低静电排斥, 形成了较为完善的蛋白质网络结构。当食盐过量会争夺部分水分, 面筋水化不足使面条结构松散^[8]。

2.6 食盐添加量对全麦挂面感官品质的影响

由表 7 可知, 食盐添加量对全麦挂面感官总分影响显著 ($P<0.05$)。与未添加食盐组挂面相比, 添加 0.5%~1.5% 的食盐后挂面软硬度、韧性评分值显著升高 ($P<0.05$); 但光滑性、食味差异不显著 ($P>0.05$)。食盐添加量在 0.5%~2%, 全麦挂面主要差异表现在表观状态、粘性、韧性及食味上。当食盐添加量在 0%~1.5% 范围之内, 随添加量增大, 面条表面细密、透亮程度不断上升且越来越劲道, 因此感官评分呈现逐渐升高趋势。而 2% 食盐添加量的挂面出现膨胀变形, 硬度偏软且咸味增加使评分显著下降 ($P<0.05$)。

2.7 食盐添加量对全麦生挂面抗氧化活性的影响

石磨全麦粉由于麸皮和胚芽的保留含有类胡萝卜素、多酚、烷基间苯二酚和植酸等抗氧化成分, 由此具有较高的抗氧化活性^[30]。由图 1 可以看出, 在

表 6 食盐添加量对全麦挂面质构特性的影响
Table 6 Effect of addition of salt on texture properties of whole wheat noodles

食盐添加量(%)	硬度(g)	弹性	内聚性	胶着性	咀嚼性	回复性
0	2012.81±40.03 ^a	0.87±0.03 ^a	0.75±0.01 ^a	1502.22±42.34 ^a	1306.52±29.31 ^a	0.39±0.01 ^a
0.5	1828.01±11.48 ^b	0.82±0.01 ^b	0.75±0.01 ^a	1371.31±21.82 ^b	1127.45±23.04 ^b	0.38±0.00 ^a
1	1764.42±13.76 ^c	0.83±0.03 ^b	0.72±0.01 ^b	1277.10±26.74 ^c	1063.14±39.44 ^c	0.35±0.01 ^b
1.5	1649.47±40.09 ^d	0.83±0.02 ^b	0.72±0.01 ^b	1195.79±40.12 ^d	988.20±31.12 ^d	0.36±0.01 ^b
2	1540.89±63.31 ^e	0.84±0.03 ^{ab}	0.73±0.01 ^{ab}	1130.14±39.59 ^e	949.54±18.47 ^d	0.36±0.01 ^b

表 7 食盐添加量对全麦挂面感官品质的影响
Table 7 Effect of addition of salt on sensory quality of whole wheat noodles

食盐添加量(%)	表观状态(分)	软硬度(分)	色泽(分)	粘性(分)	韧性(分)	光滑性(分)	食味(分)	总分(分)
0	8.1±0.7 ^{bc}	14.2±1.0 ^b	8.0±0.1 ^b	19.7±1.5 ^b	17.0±1.0 ^c	4.5±0.3 ^a	4.6±0.2 ^a	76.0±1.7 ^c
0.5	8.8±0.8 ^{ab}	17.0±1.0 ^a	8.3±0.4 ^b	21.0±1.0 ^{ab}	19.3±0.6 ^b	4.3±0.3 ^a	4.5±0.2 ^a	83.3±2.5 ^b
1	8.9±0.6 ^{ab}	17.3±0.6 ^a	8.3±0.3 ^b	20.0±1.0 ^{ab}	20.7±0.6 ^b	4.4±0.3 ^a	4.5±0.2 ^a	84.0±1.7 ^b
1.5	9.4±0.1 ^a	17.0±1.0 ^a	9.1±0.5 ^a	22.0±1.0 ^a	23.0±1.0 ^a	4.6±0.2 ^a	4.6±0.2 ^a	89.7±1.5 ^a
2	7.4±0.5 ^c	12.7±0.6 ^b	8.2±0.3 ^b	19.7±0.6 ^b	16.0±1.0 ^c	4.2±0.2 ^a	3.2±0.2 ^b	71.3±1.5 ^d

0%~2% 范围内随食盐添加量的增加,全麦生挂面 DPPH $\cdot$ 、ABTS $\cdot$ 清除率先增大后减小再增大。食盐添加量对全麦生挂面羟自由基清除率影响不显著 ($P>0.05$)。食盐添加量为 2% 时,全麦挂面 DPPH $\cdot$ 、ABTS $\cdot$ 清除率和总还原能力均高于其他组。原因可能是,一方面高盐抑制了酶的活性,并促进某些物质发生反应从而使抗氧化活性物质增多^[31];另一方面,食盐中 Na $^{+}$ 与酚类物质相互作用,在一定程度上提高了全麦生挂面的抗氧化能力^[32]。

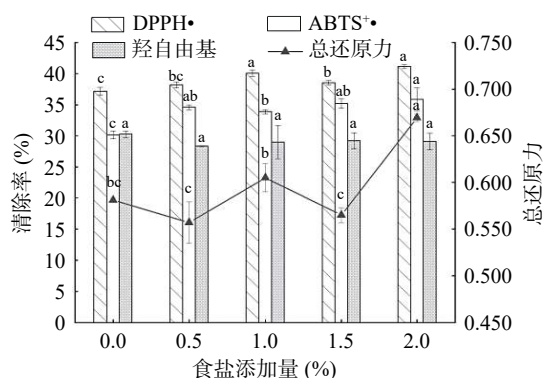


图1 食盐添加量对全麦生挂面抗氧化活性的影响

Fig.1 Effect of addition of salt on antioxidant activity of whole wheat dried noodles

注: 图中不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$, 图2同。

2.8 食盐添加量对全麦熟挂面抗氧化活性的影响

由图2可知,随食盐添加量增加,全麦熟挂面总还原力呈现先升高后降低再升高趋势,ABTS $\cdot$ 、羟自由基清除率变化趋势相同。食盐添加量为2%时,全麦熟挂面 ABTS $\cdot$ 清除率及总还原能力均达到最大值,分别为 33.53% 和 0.455。与全麦生挂面相比,熟面抗氧化活性下降明显。由此可见,烹调处理对全麦挂面抗氧化活性有一定影响。这可能因为,一方面高温使细胞结构被破坏,多酚、单宁等以单体形式游离出来;另一方面全麦挂面部分酚类物质在蒸煮过程中分解,或者可溶性营养物质及抗氧化成分溶于水损失^[33]。

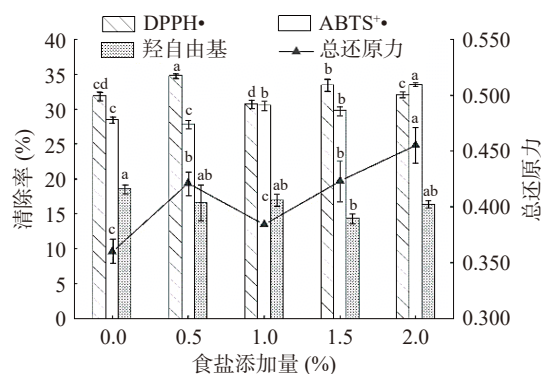


图2 食盐添加量对全麦熟挂面抗氧化活性的影响

Fig.2 Effect of addition of salt on antioxidant activity of whole wheat cooked noodles

3 结论

在 0%~2% 范围内,随食盐添加量增加,石磨全麦粉峰值黏度、衰减值总体上呈现先增大后减小趋

势,吸水率、弱化度逐渐下降,糊化温度、面团形成时间、稳定时间不断增加。食盐能够提高 0 h 组全麦面片的 L^* 值并降低 a^* 、 b^* 值,以改善挂面色泽。食盐添加量的提高使全麦挂面干物质吸水率逐渐减小,烹调损失率和面汤浊度则逐渐增大。食盐添加量为 2% 时,全麦熟挂面 ABTS $\cdot$ 清除率及总还原能力均达到最大值,分别为 33.53% 和 0.455。添加适量食盐可以提高全麦挂面的抗氧化能力并改善挂面的外观状态、软硬度和韧性。食盐添加量为 1.5% 时,全麦挂面感官评分为 89.7 分。综合考虑,食盐添加量为 1% 时,全麦粉衰减值和回生值较小,全麦面团弱化度降低,面筋质量较好,同时挂面烹调损失率较低,感官评分较高,硬度适中,且抗氧化能力较强。

参考文献

- [1] 赵静,严欢,葛世浩,等.石磨全麦粉三大营养物质含量分析与评价[J].贵州农业科学,2022,50(2):120-124. [ZHAO J, YAN H, GE S H, et al. Analysis and evaluation on three major nutrient content of stone milled whole wheat flour[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2022, 50(2): 120-124.]
- [2] LIU J, YU L L, WU Y B. Bioactive components and health beneficial properties of whole wheat foods[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(46): 12904-12915.
- [3] 王梦倩,任晨刚,应剑,等.全麦粉营养及加工过程中影响血糖的主要因素分析[J].中国粮油学报,2021,36(9):185-193. [WANG M Q, REN C G, YING J, et al. Nutrition of whole wheat flour and analysis of main factors affecting blood glucose in processing[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 36(9): 185-193.]
- [4] GÓMEZ M, GUTKOSKI L C, BRAVONÚÑEZ Á. Understanding whole wheat flour and its effect in breads: A review[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2020, 19(6): 3241-3265.
- [5] 黄连燕,张小爽,张君慧,等.不同谷物麸皮对面团流变学特性及面筋蛋白结构的影响[J].食品科学,2017,38(23):1-7. [HUANG L Y, ZHANG X S, ZHANG J H, et al. Effect of different cereal brans on dough rheological properties and gluten secondary structure[J]. Food Science, 2017, 38(23): 1-7.]
- [6] HU Y F, WEI J J, CHEN Y Y. The impact of salt on the quality of fresh wheat noodle[J]. Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology, 2017, 21(2): 53-61.
- [7] WANG J R, GUO X N, XING J J, et al. Revealing the effect mechanism of NaCl on the rheological properties of dough of Chinese traditional hand-stretched dried noodles[J]. Food Chemistry, 2021, 320: 126606.
- [8] 张颜颜,郑学玲,李利民,等.热处理及不同浓度食盐对生鲜面条品质及货架期的影响[J].食品工业科技,2020,41(10):13-18. [ZHANG Y Y, ZHENG X L, LI L M, et al. Effect of heat treatment and different concentration salt addition on the quality and shelf-life of fresh noodles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(10): 13-18.]
- [9] KONTIS V, COBB L K, MATHERS C D, et al. Three public health interventions could save 94 million lives in 25 years global impact assessment analysis[J]. Circulation: An Official Journal of the American Heart Association, 2019, 140(9): 715-725.

- [10] 公艳,熊双丽,彭凌,等.响应面-主成分分析法优化马铃薯挂面工艺[J].食品工业科技,2017,38(23):143-150,158. [GONG Y, XIONG S L, PENG L, et al. Optimization of potato noodles technology by response surface methodology and principal component analysis[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(23): 143-150, 158.]
- [11] 田晓红,吴娜娜,张敏,等.马铃薯熟泥添加量对挂面品质的影响[J].粮油食品科技,2020(4):100-104. [TIAN X H, WU N N, ZHANG M, et al. Effect of cooked mashed potato content on the quality of dry potato wheat noodle[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2020(4): 100-104.]
- [12] SHIAU 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): 14491.
- [13] ZHU M T, HUANG Y S, WANG Y L, et al. Comparison of (poly)phenolic compounds and antioxidant properties of pomace extracts from kiwi and grape juice[J]. Food Chemistry, 2019, 271: 425-432.
- [14] SRIDHAR K, CHARLES A L. *In vitro* antioxidant activity of Kyoho grape extracts in DPPH • and ABTS • assays: Estimation methods for EC₅₀ using advanced statistical programs[J]. Food Chemistry, 2019, 275: 41-49.
- [15] 汤晓,严纯纯,陶琴娟,等.市售营养面条抗氧化功能改善效果比较[J].浙江农业科学,2020,61(1):115-120. [TANG X, YAN C C, TAO S J, et al. Comparison of antioxidant function improvement effects of commercially available nutritional noodles[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2020, 61(1): 115-120.]
- [16] 郑炯,余彬彬,曾瑞琪,等.不同盐离子对豌豆淀粉/低酯果胶复配体系理化特性的影响[J].食品与发酵工业,2019,45(7):101-108. [ZHENG J, YU B B, ZENG R Q, et al. Effects of different salt ions on physicochemical properties of pea starch/low methoxyl pectin composite system[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(7): 101-108.]
- [17] 熊小青,车瑞彬,李利民,等.氯化钠对马铃薯淀粉糊化特性的影响[J].食品研究与开发,2020,41(14):1-5. [XIONG X Q, CHE R B, LI L M, et al. Effect of sodium chloride on pasting properties of potato starch[J]. Food Research and Development, 2020, 41(14): 1-5.]
- [18] WANG X H, LIANG Y, WANG Q, et al. Effect of low-sodium salt on the physicochemical and rheological properties of wheat flour doughs and their respective gluten[J]. Journal of Cereal Science, 2021, 102: 103371.
- [19] 杨思齐,王凤成,邢亚楠,等.直接粉碎法与回添法生产不同粒度全麦粉品质的比较研究[J].食品科技,2020,45(1):208-212. [YANG S Q, WANG F C, XING Y N, et al. A comparative study on the quality of different grinding size whole wheat flour produced by entire grain process and bran recombining process[J]. Food Science and Technology, 2020, 45(1): 208-212.]
- [20] FAN H P, FU F, CHEN Y H, et al. Effect of NaCl on rheological properties of dough and noodle quality[J]. Journal of Cereal Science, 2020, 93: 102936.
- [21] 桂俊,陆启玉.阴离子对面条品质的影响[J].食品工业,2021,42(3):108-112. [GUI J, LU Q Y. Effect of anions on noodle quality[J]. Food Industry, 2021, 42(3): 108-112.]
- [22] 田晓红,刘艳香,汪丽萍,等.麸皮粗细度对全麦粉挂面品质的影响[J].粮油食品科技,2015,23(5):7-10. [TIAN X H, LIU Y X, WANG L P, et al. Effect of particle size of bran on the quality of whole-wheat flour dried noodle[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2015, 23(5): 7-10.]
- [23] 吴洋.几种添加物对全麦湿面蒸煮品质和感官品质的影响[J].粮油食品科技,2016,24(3):39-44. [WU Y. Effect of additives on cooking quality and sensory quality of whole-wheat flour noodle[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2016, 24(3): 39-44.]
- [24] FU Z, CHEN J, LUO S J, et al. Effect of food additives on starch retrogradation: A review[J]. Starch-Stärke, 2015, 67(1-2): 67-78.
- [25] 温雪瓶,姚开.不同改良剂对非油炸青稞杂粮方便面冲泡品质的影响[J].粮食与油脂,2021,34(12):29-32,43. [WEN X P, YAO K. Effects of different modifiers on brewing quality of non-fried highland barley cereal instant noodles[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(12): 29-32, 43.]
- [26] 张慧娟,冯钰琳,段雅文,等.谷物麸皮对面团及中式面条品质的影响[J].中国食品学报,2019,19(2):71-79. [ZHANG H J, FENG Y L, DUAN Y W, et al. Effects of cereal bran on dough and Chinese noodle's quality[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(2): 71-79.]
- [27] 施建斌,隋勇,蔡沙,等.不同粒度麦麸对面条蒸煮特性和质构特性的影响[J].食品研究与开发,2022,43(1):1-6. [SHI J B, SUI Y, CAI S, et al. Effect of wheat bran particle size on texture and cooking behavior of Chinese white dry noodles[J]. Food Research and Development, 2022, 43(1): 1-6.]
- [28] JIN X X, LIN S Y, GAO J, et al. Effect of coarse and superfine-ground wheat brans on the microstructure and quality attributes of dried white noodle[J]. Food and Bioprocess Technology, 2021, 14(6): 1089-1100.
- [29] 张云亮,窦博鑫,刘丽宅,等.基于变异系数法分析四种改良剂对马铃薯面条品质的影响[J].食品工业科技,2021,42(5):26-32. [ZHANG Y L, DOU B X, LIU L Z, et al. Analysis of effects of four improvers on quality of potato noodles based on the coefficient of variation method[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(5): 26-32.]
- [30] XIAN C H, GU Z P, LIU G T, et al. Whole wheat flour coating with antioxidant property accelerates tissue remodeling for enhanced wound healing[J]. Chinese Chemical Letters, 2020, 31(6): 1612-1615.
- [31] 王婧莹,张国芳,杜鹏,等.NaCl对保加利亚乳杆菌抗氧化活性的影响[J].中国食品学报,2019,19(6):61-67. [WANG J Y, ZHANG G F, DU P, et al. Effects of NaCl on antioxidant activity of *Lactobacillus bulgaricus*[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(6): 61-67.]
- [32] 陈然,赵建京,范志红.煮制条件对绿豆清汤颜色及抗氧化性的影响[J].食品科学,2012,33(8):115-120. [CHEN R, ZHAO J J, FAN Z H. Color and antioxidant activity of mung bean clear soup as affected by boiling conditions[J]. Food Science, 2012, 33(8): 115-120.]
- [33] 萧思玉,李颖,潘伟成.甜菜面条的理化性质及抗氧化性[J].食品工业科技,2021,42(13):33-38. [XIAO S Y, LI Y, PAN W C. Physico-chemical and antioxidant properties of noodle enriched with beetroot puree[J]. Food Industry, 2021, 42(13): 33-38.]