

全麦粉添加量对油馍品质的影响

樊星¹, 马雪梅¹, 丁帅杰¹, 李仙爱², 王晓芸², 刘晓璐¹, 仇成功¹, 王亮^{1*}

¹新疆大学生命科学与技术学院 乌鲁木齐 830046

²新疆阿尔曼食品集团有限责任公司 乌鲁木齐 830026)

摘要 馍作为新疆维吾尔族的主食之一,具有悠久的历史 and 独特的风味。面粉是油馍的主料,面粉的种类决定着油馍的品质。随着消费者健康饮食意识的提高,全谷物食品及高膳食纤维食品逐渐成为消费者的青睐。全麦粉作为最常见的全谷物之一,价格低廉,应用广泛。然而,由于全麦粉含有外皮和胚芽,导致全麦食品口感较差。为了研究全麦粉对油馍的影响,本文采用不同比例的全麦粉代替传统方法里面的精粉制作油馍,探究全麦粉添加量对油馍感官评价、质构特性、多酚含量及抗氧化能力的影响。以 ABTS⁺清除率、DPPH[·]清除率和·OH 清除率为指标评价油馍的抗氧化活性。结果表明全麦粉取代率为 60%时,油馍感官评分为 81.12 分,馍芯的 ABTS⁺、DPPH[·]和·OH 清除率分别为 43.05%、49.52%和 42.25%。此时油馍在具有良好感官评价的同时保持较高的抗氧化活性。

关键词 油馍品质; 全麦粉; 质构; 抗氧化性

文章编号 1009-7848(2023)05-0262-09 DOI: 10.16429/j.1009-7848.2023.05.026

“馍”已在新疆传承近 3 000 年,也是新疆各族人民日常生活中的必备美食,逐渐成为新疆的名片。“十四五”期间,新疆维吾尔自治区也将馍产业列入“十四五”期间做优做强的十大产业之一,标志着馍将成为新疆发展的重点产业^[1]。

全谷物(Whole grains)在 1999 年被美国谷物化学家协会(AACC)定义为指完整、碾碎、破碎或压片的颖果,基本的组成包括淀粉质胚乳、胚芽与麸皮,各组成部分的相对比例与完整颖果一样^[2]。全麦粉是一类十分重要的全谷物。由于保留了小麦中的麸皮和麦芽部分,其不仅含有丰富的维生素、矿物质、膳食纤维、脂肪酸等营养物质,还含有酚类化合物等抗氧化物,能够降低患病风险^[3]。王梦倩等^[4]研究发现全麦制品代替精粉制品作为主食有利于预防高血糖和其它相关疾病。

全麦食品也是全世界公认的具有预防肝硬化、脂肪肝、心肌梗塞等一系列心血管疾病的功效^[5-8]。随着消费市场健康食品的追求,全谷物食品及高膳食纤维食品逐渐成为消费者的首选,成为一种新的饮食时尚,全麦粉以及全麦产品市场前景广阔^[9-10]。

张艺萱等^[11]将马铃薯泥(MP)、 α -淀粉酶酶解马铃薯泥(α -AMP)和 β -淀粉酶酶解马铃薯泥(β -AMP)分别与小麦粉复配制作馍,对比分析不同类型马铃薯泥对馍质构和风味的影响。刘君丽等^[12]探讨以芽麦配粉为原料烘焙馍的最优配方工艺。邹淑萍等^[13]探讨了马铃薯雪花粉添加量对新疆馍加工品质的影响。目前将全麦粉加入馍中,探讨其对馍品质的影响研究少之又少。本研究以全麦粉替代部分小麦粉制作油馍,探讨其对馍品质的影响,以期全麦粉产品创新开发提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

安琪酵母、鸡蛋、白砂糖,新疆大学新园市场;黄油,Fontorro 公司;全麦粉、精粉,新疆源森农业开发有限公司;DPPH 自由基清除率检测试剂盒、总抗氧化能力检测试剂盒、福林酚,北京索莱宝生物科技有限公司;过硫酸钾($K_2O_8S_2$)、硫酸亚铁($FeSO_4$)、乙醇,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

JT3003D 型分析天平,湖南力晨科技有限公司;KM-903 和面机,康佳集团股份有限公司;TS2020 色差计,深圳 3NH 公司;CT3 质构仪,美国 Brookfield 公司;LRH-250F 培养箱,上海一恒科学仪器有限公司;发酵箱,苏州维纳仕精密机械有限

收稿日期: 2022-05-19

基金项目: 自治区重点研发项目(2021B02001-3-1)

第一作者: 樊星,女,硕士生

通信作者: 王亮 E-mail: 1390593786@qq.com

公司;HODA 烤箱,广州荷达科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 油饅原料及制作工艺

1.3.1.1 油饅原料 取 100 g 混合粉(全麦粉含量分别为 0%,20%,40%,60%,80%,100%)、水(参照吸水率添加^[14])、黄油 15 g、酵母 1 g、糖 8 g、鸡蛋 5 g。

1.3.1.2 油饅制作工艺流程和操作要点 油饅制作工艺流程如下:原辅料混合搅拌→和面→发酵→称重分割→成型→醒发→烤制→冷却。将原料、辅料加入和面钵中柔和 15 min,之后放入发酵箱(温度 37 ℃,湿度 80%)发酵 1 h。面团发酵后进行排气、搓圆、整形,再次置入发酵箱中醒发 20 min。面团醒发完成后进行焙烤,上下火温度 180 ℃,烤制时间 12 min。

1.3.2 油饅中主要成分的测定 水分含量参考 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》^[15]中的烘箱法进行测定;灰分含量参考

GB 5009.4-2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》^[16]中的灼烧法进行测定;脂肪含量参考 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》^[17]中的抽提法进行测定;蛋白质含量参考 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[18]中的凯氏定氮法进行测定;湿面筋含量参考 GB/T 5506.2-2008《食品安全国家标准 小麦和小麦粉面筋含量第 1 部分:手洗法测定湿面筋》^[19]中仪器法进行测定;膳食纤维含量参考 GB 5009.88-2008《食品安全国家标准 食品中不溶性膳食纤维的测定》^[20]中的酶解法进行测定。

1.3.3 油饅色泽的测定 烘烤后的油饅冷却 2 h 后,使用色差计测定油饅表面色泽,每个样品测定 3 次取平均值,得到 L^* 、 a^* 、 b^* 值。

1.3.4 油饅比容的测定 采用粟米替换法测量油饅的体积,具体参考夏玉琳^[21]的方法进行测定。

1.3.5 油饅感官评价 油饅的感官评价标准见表 1。

表 1 油饅感官评分表

Table 1 Sensory evaluation table of oil Naan

评价指标	标准	分值分
形态(25分)	外表平滑完整,形态规则,质地细腻,纹路清晰,气孔均匀	21~25
	外形完整,形态规则,质地细腻,花纹清晰,气孔基本均匀	16~20
	外观破损、龟裂现象,表面粗糙,花纹不清晰,气孔不均匀	0~15
色泽(20分)	淡黄色,色泽均匀一致,无发白现象	18~20
	微黄色,色泽较均匀一致,有轻微发暗现象	15~17
	颜色较暗,色泽不均匀,有烤焦或发褐现象	0~14
气味及口感(30分)	有全麦粉的香味,香味浓,口感适口	26~30
	有烘烤和发酵后的饅香味,香味淡,硬度适中	20~25
	具有较淡的全麦饅味,酵母味种,质地较硬,较路牙	0~19
组织(25分)	内部组织细腻,弹性好,纹路清晰,表面均匀无断裂	21~25
	内部组织较细腻,有弹性,表面较均匀局部过硬	15~20
	质地较硬,弹性较差,表面不均匀	0~14

1.3.6 油饅质构特性的测定 采用质构仪测定油饅的质构。油饅冷却 2 h 后,用切片机将油饅切成 2 cm 厚的饅片,平放于测试台上,取油饅中间部分进行测试。测定条件:选取 P36R 探头,探头下降、测试、回升速度均为 1.0 mm/s,油饅压缩比为 50%,触发力 5 g。每个油饅平行测 3 次。

1.3.7 油饅孔隙尺寸分布的测定 出炉油饅冷却后用切片机将油饅从中间切开,取切面处进行拍

照。用 ImageJ 分析软件进行图片处理分析^[22],计算气孔稠密度(CD)和表面积分率(AF)。

1.3.8 油饅抗氧化性的测定

1.3.8.1 提取液的制备 新鲜的油饅冷却后研磨成粉状并过筛(100 目),称取 4 g 过筛后的样品,加入 40 mL 60%的乙醇,60 ℃超声水浴浸提 2 h,抽滤去弃残渣,经离心(4 500 r/min)后取上清测定多酚的含量(mg/g)。

1.3.8.2 多酚含量的测定 采用福林酚法测定,具体参考袁佐云^[23]的方法并进行轻微的修改。称取 0.01 g 没食子酸标准品倒入容量瓶,加蒸馏水定容到 100 mL,分别取一定量的没食子酸溶液加入 10 mL 离心管中,每个离心管分别加入蒸馏水和福林酚,黑暗条件下反应 5 min,再加入 1 mL 的 7% Na_2CO_3 摇匀,加蒸馏水至 10 mL,暗反应 1 h,调节波长到 760 nm,测反应液吸光值。以没食子酸浓度和清除率绘制标准曲线,结果用 mg/g 表示。

1.3.8.3 ABTS 自由基清除率的测定 油饼 ABTS 自由基清除率参考 Li 等^[24]的方法测定。称取 0.0384 g ABTS 溶于 10 mL 蒸馏水中,摇匀混合使其浓度为 7×10^{-4} mol/L,称取 0.0734 g 的过硫酸钾($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)溶于 10 mL 蒸水中,摇匀混合使其浓度为 4.95×10^{-4} mol/L,分别取 10 mL ABTS 和 $\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$ 黑暗反应 16 h,获得 ABTS+贮备液,调节波长到 734 nm,将贮备液稀释成工作液,使其吸光度为 0.7,分别取 0.5 mL 提取液于离心管,依次加入 1.5 mL 工作液,黑暗反应 6 min,以无水乙醇为空白对照,测定其在波长 734 nm 处的吸光度值,按式(1)计算 ABTS 自由基清除率。

$$\text{ABTS 自由基清除率}(\%) = \frac{A_{\text{空白}} - A_{\text{样品}}}{A_{\text{空白}}} \times 100 \quad (1)$$

1.3.8.4 DPPH 自由基清除率的测定 参照 Cheng 等^[25]的方法,称取 7.88×10^{-3} g DPPH 倒入含有 100 mL 无水乙醇的棕色瓶中,吸取 1.5 mL 提取液加入含有等量的 DPPH 溶液,暗反应 30 min,调节波长至 517 nm,测其吸光度,DPPH·清除率按式(2)计算。

$$\text{DPPH 自由基清除率}(\%) = \frac{A_{1\text{空白}} - (A_{1\text{样品}} - A_{1\text{对照}})}{A_{1\text{空白}}} \times 100 \quad (2)$$

式中, $A_{1\text{空白}}$ ——无水乙醇和 DPPH 溶液的吸光度; $A_{1\text{样品}}$ ——提取液和 DPPH 溶液的吸光度; $A_{1\text{对照}}$ ——提取液+无水乙醇的吸光度。

1.3.8.5 羟自由基清除率的测定 参照 Li 等^[24]的方法,称取 0.25 g FeSO_4 溶于 50 mL 蒸馏水中使其浓度为 9×10^{-4} mol/L;称取水杨酸 0.1342 g 溶于 100 mL 无水乙醇中使其浓度为 9×10^{-4} mol/L;吸取 1 mL H_2O_2 加水溶液稀释 1 000 倍,取 1.5 mL 提取液于试管中依次加入上述溶液,暗反应 40 min,调节波长到 517 nm 处,测其吸光度,羟自由基清除率按式(3)计算。

$$\cdot\text{OH 清除率}(\%) = \frac{A_{2\text{空白}} - (A_{2\text{样品}} - A_{2\text{对照}})}{A_{2\text{空白}}} \times 100 \quad (3)$$

式中, $A_{2\text{空白}}$ ——蒸馏水+ FeSO_4 +水杨酸-乙醇溶液+ H_2O_2 ; $A_{2\text{样品}}$ ——提取液+ FeSO_4 +水杨酸-乙醇溶液+ H_2O_2 ; $A_{2\text{对照}}$ ——提取液+ FeSO_4 +蒸馏水+水杨酸-乙醇溶液。

1.3.9 数据处理 采用 SPSS 22.0 分析处理,通过 GraphPad Prism V9 绘图,数据用平均值±标准差来表示, $P < 0.05$ 代表显著性差异。

2 结果与分析

2.1 全麦粉与精粉主要成分对比

面粉是油饼的主料,决定着油饼的品质。全麦粉包含小麦完整的胚乳、胚芽和外皮,与精粉相比成分具有差异。由表 2 可知,精粉中淀粉占比为 78.36%,与全麦粉相比,淀粉含量提高 14.98%。全麦粉中膳食纤维较多,是精粉的 3.5 倍,灰分含量是精粉的 3.4 倍。主要原因是因为全麦粉中含有外皮和胚芽,外皮中膳食纤维较多,胚芽中矿物质含量较多,同时外皮和胚芽中也含有一定量的蛋白质。精粉主要源于胚乳,胚乳中淀粉含量可达 50%~85%,蛋白质含量为 8%~18%,而矿物质含量较少^[26]。全麦粉中的蛋白含量虽高于精粉但湿面筋含量只有 16%,显著低于高筋粉(26.56%, $P < 0.05$)。此外,全麦粉中还含有较多的功能物质,能够提高人体免疫力,改善人体肠道环境,对人体健康有积极效果^[27]。

表 2 精粉和全麦粉各组分含量(%)

Table 2 Content of components of refined and whole wheat flour (%)

原料	蛋白质	脂肪	淀粉	膳食纤维	灰分	湿面筋
精粉	12.62	1.12	78.36	3.62	0.30	25.10
全麦粉	16.21	1.96	68.15	12.61	1.03	22.42

2.2 全麦粉的添加对油饅感官比容的影响

由表 3 可知,随着全麦粉的添加,油饅感官评分减小、比容变差,这与张纷等^[28]的研究结果类似,未添加全麦粉的油饅比容为 3.28 mL/g,当全麦粉含量为 60%时油饅的比容为 2.34 mL/g,当全麦粉全部取代精粉时,油饅的比容为 2.09 mL/g 相比于精粉组比容下降了 36.28%。

比容降低主要原因是全麦粉中面筋蛋白含量减少,膳食纤维增多,膳食纤维的存在加重了其对面筋蛋白的破坏和稀释,不利于形成稳定的结构,导致面团在发酵和醒发阶段持气性降低,造成全麦粉油饅的比容下降,与杨艺^[29]在研究膳食纤维面包时得到的结论相符。油饅感官随着全麦粉添

加而下降的主要原因是膳食纤维增多,而高膳食纤维的油饅口感较粗糙、弹性较差且颜色较深,感官评分较低。

随着全麦粉的增加,油饅色泽变差,由于全麦粉中含有颜色较深的小麦麸皮,因此全麦粉含量越多油饅颜色越深。此外,膳食纤维对油饅的形态影响显著,全麦粉含量高的油饅表面粗糙、不光泽、内部组织空隙较大。随着全麦粉的增多,油饅的口感变差,低含量的膳食纤维能够弱化面筋蛋白增强口感。然而,超过一定范围,膳食纤维对口感造成不利影响,口感逐渐变差。当全麦粉取代率为 60%时,油饅感官评分的各指标均显著下降,此时综合感官评分为 81.12 分,口感较差。

表 3 全麦粉对油饅品质的影响

Table 3 Effects of whole wheat flour on the quality of oil Naan

全麦粉 比例/%	感官评分					比容/mL·g ⁻¹
	形态(20分)	色泽(25分)	气味及口感(30分)	组织(25分)	总分(100分)	
0	23.51 ± 0.50 ^a	18.96 ± 0.32 ^a	18.12 ± 0.75 ^a	21.73 ± 0.38 ^a	92.33 ± 0.57 ^a	3.28 ± 0.04 ^a
20	23.13 ± 0.75 ^a	18.03 ± 0.38 ^a	27.60 ± 0.41 ^{ab}	21.42 ± 0.15 ^a	90.23 ± 1.61 ^b	2.99 ± 0.03 ^b
40	23.12 ± 0.35 ^a	16.80 ± 0.24 ^b	25.97 ± 0.35 ^b	21.43 ± 0.21 ^a	87.33 ± 0.25 ^c	2.62 ± 0.09 ^c
60	22.60 ± 0.15 ^b	15.17 ± 0.39 ^c	24.09 ± 0.12 ^c	19.83 ± 0.21 ^b	81.12 ± 0.33 ^d	2.34 ± 0.02 ^d
80	19.91 ± 0.26 ^c	13.92 ± 0.62 ^d	23.96 ± 0.14 ^c	18.54 ± 0.28 ^c	76.33 ± 0.94 ^e	2.16 ± 0.06 ^c
100	18.94 ± 0.23 ^d	13.88 ± 0.21 ^d	21.42 ± 1.12 ^d	17.23 ± 0.31 ^d	71.44 ± 1.23 ^f	2.09 ± 0.12 ^e

注:每列不同字母表示组间具有显著性差异($P < 0.05$),全麦粉比例为 0%为精粉组,下同。

2.3 全麦粉的添加对油饅质构特性的影响

由表 4 可知,随着全麦粉的添加,油饅硬度、咀嚼性、胶着性显著增大($P < 0.05$)。当全麦粉完全取代精粉时,油饅硬度为(702.05 ± 11.15) g,是精粉组的 2.76 倍;咀嚼性为 34.23 mJ,是精粉组的 2.91 倍;胶着性为 432 mJ,是精粉组的 1.75 倍。油饅的硬度、咀嚼性、胶着性与油饅的品质呈负相关关系^[30],数值越大油饅品质越差。张纷等^[28]在研究藜麦馒头时也发现随着藜麦粉的增多藜麦

馒头硬度、咀嚼性显著增大。油饅的弹性与油饅的品质呈正相关关系,弹性较大的油饅口感较好,由表 4 可知油饅的弹性逐步下降,可能是全麦粉含量增多,二硫键含量减少,面筋结构被破坏和稀释的程度增大。此外,膳食纤维的存在,使水分发生重排,导致面筋蛋白吸水不足,干扰面筋网络的形成,进而使面团对气体的保持能力减弱,最终导致油饅品质质构变差。

表 4 全麦粉对油饅质构的影响

Table 4 Effects of whole wheat flour on the texture properties of oil Naan

全麦粉比例/%	硬度/g	弹性/mm	咀嚼性/mJ	胶着性/mJ	内聚性
0	254.32 ± 7.52 ^f	4.89 ± 0.20 ^a	11.75 ± 1.46 ^d	246.40 ± 6.00 ^e	0.97 ± 0.05 ^a
20	307.24 ± 7.00 ^e	4.54 ± 0.03 ^b	11.90 ± 0.90 ^d	280.46 ± 8.50 ^d	0.74 ± 0.03 ^b
40	381.10 ± 13.61 ^d	4.32 ± 0.20 ^{bc}	14.38 ± 1.50 ^d	320.37 ± 5.50 ^b	0.71 ± 0.01 ^b
60	510.23 ± 10.02 ^c	4.23 ± 0.02 ^{cd}	18.25 ± 1.00 ^c	350.34 ± 10.50 ^c	0.68 ± 0.08 ^{bc}
80	605.47 ± 12.06 ^b	4.10 ± 0.07 ^{de}	24.35 ± 1.15 ^b	366.24 ± 41.50 ^d	0.61 ± 0.06 ^c
100	702.05 ± 11.15 ^a	3.90 ± 0.01 ^e	34.23 ± 1.00 ^a	432.03 ± 9.62 ^c	0.60 ± 0.01 ^c

2.4 全麦粉的添加对油饅色泽的影响

由表5可知,随着全麦粉比例的增高,油饅的 L^* 值降低, a^* 值升高,色泽变暗,红度增加。全麦粉对 b^* 影响较小。当油饅原料全为全麦粉时,与精粉组相比,油饅的 L^* 值由69.49下降到59.58, a^* 值增加了1倍以上。Koletta等^[3]在研究膳食纤维面包时发现膳食纤维含量越多,面包颜色越暗。一

方面,小麦麸皮中含有部分色素,随着全麦粉的添加色素含量增加使得全麦粉油饅颜色加深且偏红;另一方面,油饅在烘烤过程中发生美拉德反应也会对油饅颜色产生影响。由于全麦粉相较于精粉而言,其蛋白质含量较高,这会对产品在烘焙过程中的美拉德反应和焦糖化反应产生重要的影响。

表5 全麦粉对油饅色泽的影响

Table 5 Effects of whole wheat flour on color of oil Naan

全麦粉比例/%	L^*	a^*	b^*	ΔE
0	69.49 ± 0.35 ^a	5.75 ± 0.35 ^d	19.38 ± 1.12 ^b	38.39 ± 0.13 ^f
20	69.03 ± 0.72 ^a	7.45 ± 0.75 ^c	19.94 ± 1.53 ^b	39.62 ± 0.60 ^e
40	64.67 ± 1.19 ^b	10.24 ± 0.35 ^b	21.58 ± 0.30 ^{ab}	43.96 ± 0.72 ^c
60	61.31 ± 1.60 ^c	11.63 ± 0.42 ^a	21.17 ± 1.56 ^{ab}	45.63 ± 0.55 ^b
80	60.27 ± 0.64 ^c	11.71 ± 0.37 ^a	23.06 ± 0.42 ^a	41.28 ± 0.31 ^d
100	59.58 ± 1.12 ^c	12.25 ± 0.60 ^a	23.92 ± 0.55 ^a	46.87 ± 0.72 ^a

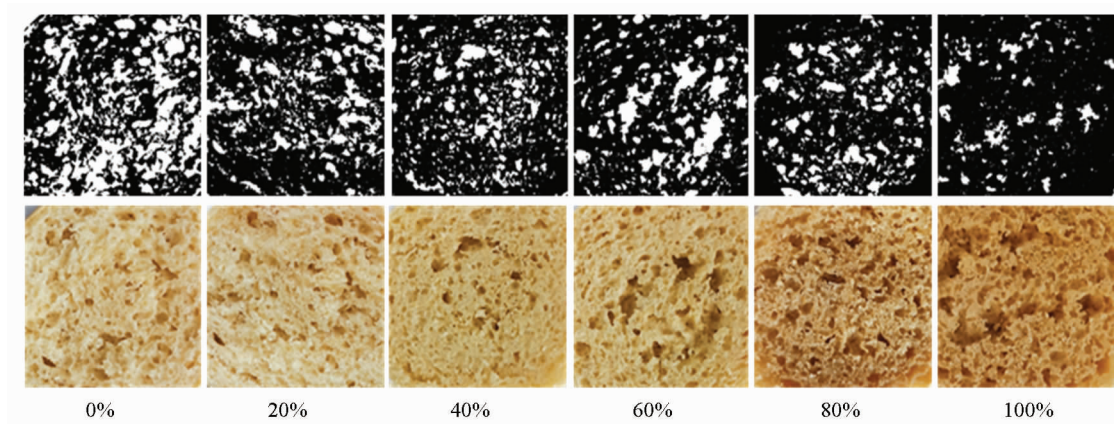
2.5 全麦粉的添加对油饅孔隙尺寸分布的影响

气孔稠密度指油饅切面气泡数量与切面面积之比,反映单位面积中气泡数目的多少;表面积分率则是指切面气泡面积与切面面积之比,反映油饅内部持气能力的大小和结构稳定性的强弱。由表6可知,随着全麦粉比例的增大,油饅气孔稠密度和气孔表面积分率呈下降的趋势。添加全麦粉的油饅组织不均匀、气孔大小不一、内部大的空洞较多,全麦粉取代率为60%时油饅的气孔密度为156.89 cell/cm²,与精粉组相比下降了25.91%,当

添加比例为100%时,气孔密度为121.23 cell/cm²,与精粉组相比下降了42.75%。气孔稠密度和气孔表面积分率的下降说明全麦粉的添加影响油饅内部气孔数量的变化,这可能是由于全麦粉的添加影响面团的持气能力,另外膳食纤维也影响油饅内部结构,对于油饅内部均一、连续性造成不利影响。

2.6 没食子酸标准曲线的绘制

没食子酸的标准曲线见图2。



注:第1行为不同全麦粉添加量油饅二级化处理后的照片;第2行代表不同全麦粉添加量的油饅照片。

图1 不同全麦粉添加量的油饅图片

Fig.1 Photos of oil Naan with different addition amounts of whole wheat flour

表 6 全麦粉添加量对油馍孔隙尺寸分布的影响
Table 6 Effects of whole wheat flour addition amounts on pore size distribution of oil Naan

全麦粉比例/%	CD/cell·cm ⁻²	AF/%
0	211.77	28.69
20	178.02	25.46
40	171.78	24.49
60	156.89	19.96
80	139.11	19.32
100	121.23	17.36

2.7 全麦粉的添加对油馍抗氧化性的影响

混合粉与馍芯的多酚含量如图 3a 所示,全麦粉和馍芯多酚含量随着全麦粉添加比例的增加而增多,混合粉中的多酚含量远大于馍芯中多酚含量,说明油馍在烘焙过程中多酚会损失。当全麦粉添加量为 60%时,混合粉中多酚含量 0.281 mg/g,约为精粉组的 1.5 倍。混合粉和馍芯的自由基清除能力如图 3b~3d 所示,随着全麦粉增多,混合粉和馍芯的抗氧化能力增强。当全麦粉添加量为 60%时,混合粉和馍芯的 ABTS^{·+}、DPPH·和·OH

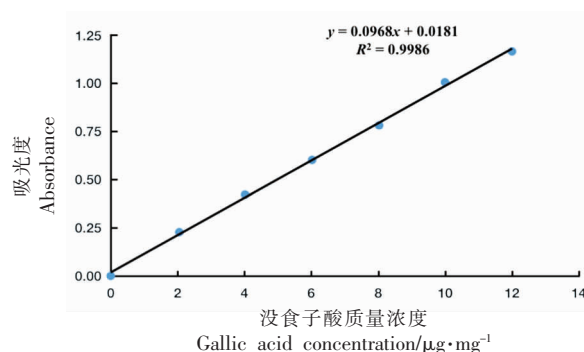


图 2 没食子酸标准曲线

Fig.2 The standard curve of the gallic acid

清除率分别为 45.34% 和 43.05%,60.51% 和 49.52%,50.26% 和 42.25%。随着全麦粉添加的增加可以看出全麦粉相较于精分而言,其多酚含量、ABTS^{·+}清除率、DPPH·清除率、·OH 清除率是逐渐增大的。全麦粉添加量由 40%增加到 60%相较于添加量由 60%增加到 80%时,抗氧化活性变化较大,即随着全麦粉添加量的增加,抗氧化活性上升速率降低。在烘焙过程中受到高温的影响,其生物活性下降,导致馍芯的抗氧化能力下降。这与邓璐璐^[32]的研究结果一致。

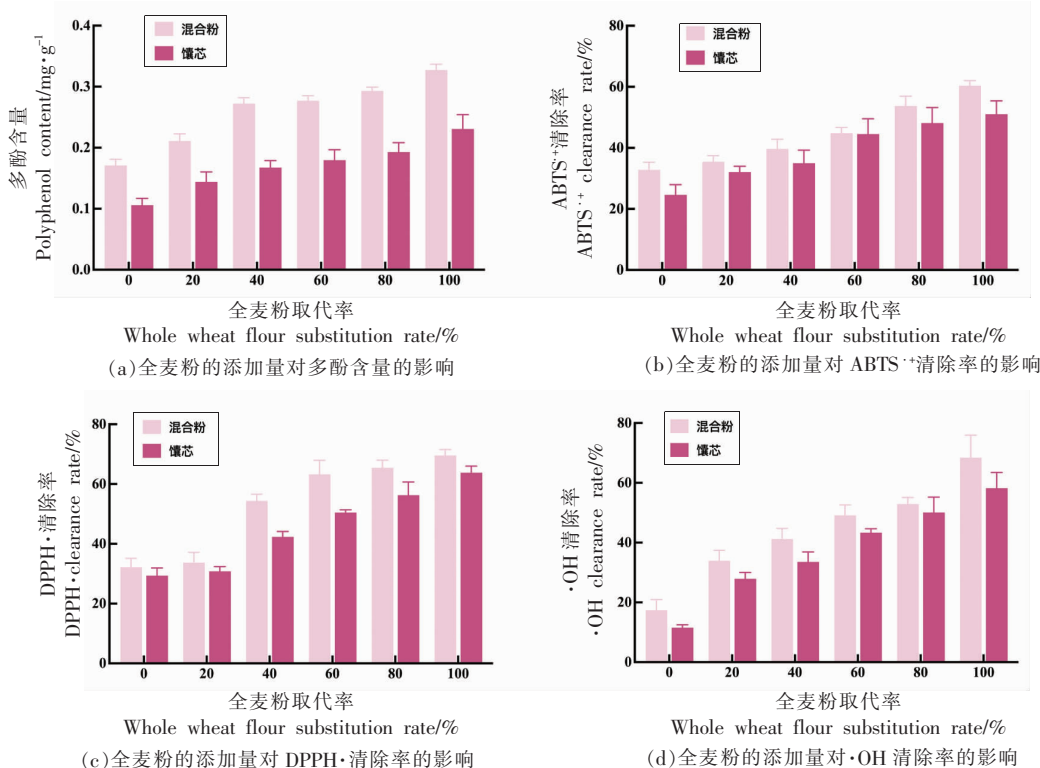


图 3 全麦粉对油馍抗氧化性的影响

Fig.3 Effects of whole wheat flour on antioxidant activity oil Naan

3 结论

本文研究了全麦粉的主要成分以及全麦粉添加量对油馍感官评分、比容、质构以及抗氧化特性的影响。结果表明,全麦粉的添加对油馍的感官评价和比容具有负面影响,由于膳食纤维的增加,油馍的比容和感官评分随着全麦粉的添加而降低,当全麦粉比例由0%增加到100%时,感官评分由92.33分降为71.44分,比容由3.28 mL/g降为2.09 mL/g,油馍组织、结构、形态变差;全麦粉的添加使油馍的质构特性变差,当全麦粉完全取代精粉时,油馍硬度、咀嚼性、胶着性分别是精粉组的2.76, 2.91倍和1.75倍,同时油馍的 L^* 值由69.49下降到59.58, a^* 值5.75增加到12.25, ΔE 由38.39升高到46.87,油馍颜色加深;当全麦粉完全取代精粉时气孔稠密度和表面积分率分别下降了42.75%和39.49%,油馍内部气孔较少、分布不均、组织结构变差;全麦粉酚类物质较多,因此混合粉和油馍的多酚含量以及ABTS $^{\cdot+}$ 、DPPH \cdot 和 $\cdot\text{OH}$ 清除率随着全麦粉比例的增高而增高。综合感官评价结果可知,当全麦粉的添加量为60%时,可以在保持较好感官评价基础上,使油馍获得更高的抗氧化活性。

参 考 文 献

- [1] 李漫江. 论“馍”食品包装的现状和问题对策[C]//新疆标准化论文集, 北京:《中国标准化》杂志社有限公司, 2021: 135-137.
LI M J. On the present situation and countermeasures of 'Nang' food packaging [C] // Xinjiang Standardization Papers, Beijing: China Standardization Magazine Co. Ltd., 2021: 135-137.
- [2] AACC International. Whole grains[EB/OL]. (2017-11-10) [2021-11-19]. <http://www.aaccnet.org/definitions/wholegrain.asp>, 1999.
- [3] SLAVIN J. Why whole grains are protective: Biological mechanisms[J]. Proceedings of the Nutrition Society, 2003, 62(1): 129-134.
- [4] 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 affect blood glucose in processing[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 36(9): 185-193.
- [5] ANDERSON J W. Whole grains protect against atherosclerotic cardiovascular disease[J]. Proceedings of the Nutrition Society, 2003, 62(1): 135-142.
- [6] PEREIRA M A, JACOBS D R, PINS J J, et al. Effect of whole grains on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinemic adults[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2002, 75(5): 848-855.
- [7] 徐祥丽. 全麦面包降低心脏病患病风险[EB/OL]. (2016-10-26) [2021-11-19]. <http://world.people.com.cn/GB/n1/2016/c1002-28810331.html>.
XU X L. Whole wheat bread reduces the risk of heart disease[EB/OL]. (2016-10-26) [2021-11-19]. <http://world.people.com.cn/GB/n1/2016/c1002-28810331.html>.
- [8] 吴树凤, 张懿涛, 孙靖怡, 等. 全麦面包的制作工艺探究[J]. 食品安全导刊, 2021, 14(15): 140-141.
WU S F, ZHANG Y T, SUN J Y, et al. Study on the making technology of whole wheat bread[J]. Food Safety Guide, 2021, 14(15): 140-141.
- [9] 吴远宁, 周坚, 沈汪洋, 等. 全麦粉储藏稳定性的研究进展[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(7): 8-10, 23.
WU Y N, ZHOU J, SHEN W Y, et al. Research progress on storage stability of whole wheat flour[J]. Grains and Oils, 2021, 34(7): 8-10, 23.
- [10] 佚名. 全麦粉营养及生产工艺展望[J]. 粮食加工, 2021, 46(3): 37.
ANON. Prospect of nutrition and production technology of whole wheat powder [J]. Food Processing, 2021, 46(3): 37.
- [11] 张艺萱, 刘伟, 张良, 等. 酶解马铃薯泥对馍质构和风味的影响[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(4): 62-69.
ZHANG Y X, LIU W, ZHANG L, et al. Effects of enzyme modified mashed potatoes on the texture and flavor of Nang[J]. Journal of The Chinese Cereals and Oils Association, 2022, 37(4): 62-69.
- [12] 刘君丽, 白羽嘉, 冯作山, 等. 芽麦粉烘焙馍最优配方工艺的研究[J]. 中国食品添加剂, 2020, 31(11): 28-38.
LIU J L, BAI Y J, FENG Z S, et al. Study on the optimum recipe of sprouted wheat flour Nang[J]. China Food Additives, 2020, 31(11): 28-38.

- [13] 邹淑萍, 许铭强, 张春平, 等. 马铃薯粉添加量对新疆饅加工品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(11): 33-39.
ZOU S P, XU M Q, ZHANG C P, et al. Effect of Nang processing quality[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2020, 35(11): 33-39.
- [14] 仇成功, 丁帅杰, 李仙爱, 等. 全麦粉的添加对油饅面团品质的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(18): 55-61.
QIU C G, DING S J, LI X A, et al. Effect of whole wheat flour addition on the quality of oil naan dough[J]. Food Science, 2022, 43(18): 55-61.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009.3-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard, determination of moisture in food: GB 5009.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中灰分的测定 GB 5009.4-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard, determination of ash in food: GB 5009.4-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定 GB 5009.6-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard, determination of fat in food: GB 5009.6-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定 GB 5009.5-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard, determination of protein in food: GB 5009.5-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 小麦和小麦粉面筋含量第1部分: 手洗法测定湿面筋 GB/T 5506.1-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard, gluten content of wheat and wheat flour - Part 1: Determination of wet gluten by hand washing GB 5009.5-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009.
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中不溶性膳食纤维的测定 GB/T 5009.88-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard, determination of insoluble dietary fiber in food GB 5009.88-2014 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [21] 夏玉琳. 改良剂对全麦馒头品质的影响[D]. 南京: 南京财经大学, 2019.
XIA Y L. Effects of modifying additives on the quality of whole wheat steamed bread[D]. Nanjing: Nanjing University of Finance and Economics, 2019.
- [22] 阮征, 洪漫兴, 梁兰兰, 等. 基于分形理论的粤式杏仁饼干干燥特性研究[J]. 现代食品科技, 2016, 32(9): 167-173, 313.
RUAN Z, HONG M X, LIANG L L, et al. Drying characteristics of cantonese almond cookie based on fractal [J]. Modern Food Science & Technology, 2016, 32(9): 167-173, 313.
- [23] 袁佐云. 全麦粉抗氧化特性及全麦馒头品质改良研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
YUAN Z Y. Study on antioxidant activity of whole wheat flour and quality improvemwnt of whole wheat Chinese steamed bread [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016.
- [24] LI X, LIN J, GAO Y, et al. Antioxidant activity and mechanism of *Rhizoma Cimicifugae*[J]. Chemistry Central Journal, 2012, 6(1): 140.
- [25] CHENG Z, MOORE J, YU L. High-throughput relative DPPH radical scavenging capacity assay[J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(20): 7429-7436.
- [26] SLAVIN J. Whole grains and human health[J]. Nutrition Research Reviews, 2004, 17(1): 99-110.
- [27] HAZARD B, TRAFFORD K, LOVEGROVE A, et al. Strategies to improve wheat for human health[J]. Nature Food, 2020, 1(8): 475-480.
- [28] 张纷, 赵亮, 靖卓, 等. 藜麦-小麦混合粉面团特性及藜麦馒头加工工艺[J]. 食品科学, 2019, 40(14): 323-332.

- ZHANG F, ZHAO L, JING Z, et al. Dough characteristics of quinoa - Wheat composite flour and optimization of mantou processing[J]. Food Science, 2019, 40(14): 323-332.
- [29] 杨艺. 不溶性膳食纤维的添加对面包品质影响机制的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2019.
- YANG Y. Study on the mechanism of how added insoluble dietary fiber influence bread quality [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2019.
- [30] 龚川杰, 姜萌艺, 李美伦, 等. 不同发酵方式及发酵剂菌比对米发糕挥发性成分的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(24): 124-131.
- GONG C J, JIANG M Y, LI M L, et al. Effect on different fermentation methods and bacteria ratio on volatile components of fermented rice cakes[J]. Food Research and Development, 2019, 40(24): 124-131.
- [31] KOLETTA P, IRAKLI M, PAPAGEORGIOU M, et al. Physicochemical and technological properties of highly enriched wheat breads with wholegrain non wheat flours[J]. Journal of Cereal Science, 2014, 60(3): 561-568.
- [32] 邓璐璐. 全麦粉对沙琪玛品质及含油率的影响研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014.
- DENG L L. Study on the effect of whole wheat flour on the quality and oil content of shakima[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2014.

Effect of Addition Amount of Whole Wheat Flour on the Quality of Oil Naan

Fan Xing¹, Ma Xuemei¹, Ding Shuaijie¹, Li Xianai², Wang Xiaoyun², Liu Xiaolu¹, Qiu Chenggong¹, Wang Liang^{1*}
 (¹College of Life Sciences and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046
²Xinjiang Arman Food Group Co, Urumqi 830026)

Abstract Naan has a long history and unique flavor as one of the staple foods of the Uyghur people in Xinjiang. Flour is the main ingredient of Naan, and the type of flour determines the quality of Naan. As consumers become more aware of healthy eating, whole grain foods and foods high in dietary fiber are gradually becoming popular among consumers. Whole wheat flour, as one of the most common whole grains, is inexpensive and widely used. However, because whole wheat flour contains outer skin and germ, it leads to poor taste of whole grain foods. In order to investigate the effect of whole wheat flour on oil Naan, this paper used different ratios of whole wheat flour instead of semolina inside the traditional method to make oil Naan, and investigated the effect of whole wheat flour addition on sensory evaluation, textural characteristics, polyphenol content and antioxidant capacity of oil Naan. The antioxidant activity of the oil Naan was evaluated using ABTS^{·+} scavenging rate, DPPH[·] scavenging rate and [·]OH scavenging rate as indicators. The results showed that at 60% whole wheat flour substitution, the sensory score of oil Naan was 81.12, and the ABTS^{·+}, DPPH[·] and [·]OH scavenging rates of naan core were 43.05%, 49.52% and 42.25%, respectively. At this point, the oil Naan maintained high antioxidant activity while having good sensory evaluation.

Keywords oil Naan quality; whole wheat flour; quality and texture, oxidation resistance