

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2025.02.008

魏益民. 麸皮粉对面包品质和微结构的影响研究[J]. 粮油食品科技, 2025, 33(2): 53-58.

WEI Y M. Effect of bran powder on the quality and microstructure of whole grain breads[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2025, 33(2): 53-58.

麸皮粉对面包品质和微结构的影响研究

魏益民

(中国农业科学院农产品加工研究所/农业农村部农产品加工综合重点实验室, 北京 海淀 100193)

摘要: 麸皮是人类重要的膳食纤维来源。和普通面包相比, 全麦面包存在形状、质构, 以及口感上的差异, 影响消费感受。改善全麦粉面包的口感是提高全麦粉产品消费面临的主要问题。本研究以国产强筋小麦品种生产的面包粉为原料, 通过添加不同种类和数量的麸皮粉, 借助 C-Cell 图像分析仪, 分析麸皮纤维对面包微结构的影响程度; 研究面包形状、内部结构等微结构的变化过程。结果表明, 麸皮纤维主要通过降低面包气室厚度、气孔直径、气孔的数量或面积使面包体积缩小、亮度降低, 影响面包的感官特性。改善结构和口感是提高全麦面包消费满意度的有效途径。

关键词: 面包; 全麦面包; 麸皮粉; 微结构

中图分类号: TS210.9 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2025)02-0053-06

网络首发时间: 2025-02-14 16:16:53

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20250214.1514.002>

Effect of Bran Powder on the Quality and Microstructure of Whole Grain Breads

WEI Yi-min

(Institute of Food Science and Technology CAAS / Comprehensive Utilization Laboratory of Cereal and Oil Processing, Ministry of Agriculture and Rural, Beijing, 100193, China)

Abstract: Wheat bran is an important source of dietary fiber for humans. Compared to regular bread, whole grain bread differs in shape, texture, and taste, which affects consumer experience. Improving the taste and texture of whole wheat bread is the main challenge in increasing the consumption of whole wheat products. In this study, bread flour produced from strong gluten wheat varieties in domestic was used as raw material. By adding different types and quantities of bran powder and utilizing a C-Cell image analyzer, the research analyzed the impact of bran fiber on the microstructure of bread. It examined the changes in the bread's microstructure, including its shape and internal structure. The results showed that bran fiber primarily reduced bread volume by decreasing the thickness of bread cell walls, the diameter of air pockets, the number

收稿日期: 2024-07-07; 修回日期: 2024-08-01; 录用日期: 2024-08-02

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-03); 中国农业科学院创新工程项目 (CAAS-ASTIP, 2013-2022); 河北金沙河集团技术合作项目 (2007-2024)

Supported by: Chinese Agri. Research System (CARS-03); Innovation Program of Chinese Academy of Agri. Sciences (CAAS); Technical Cooperation Projects of Hebei JINSHAHE Group (2007-2024).

第一作者: 魏益民, 男, 1957 年出生, 博士, 教授, 研究方向为谷物化学与加工技术, E-mail: weiyimin36@126.com

or area of air pockets, and the brightness of the bread. It also affected the sensory characteristics of the bread. Improving the structure and mouthfeel of whole wheat bread is an effective way to increase consumer satisfaction with whole wheat bread products.

Key words: bread; whole grain bread; wheat bran flour; microstructure

膳食纤维作为保障人类健康的重要营养成分已引起普遍重视。为此,联合国粮农组织(FAO)^[1]、国际谷物科技协会(ICC)^[2]、中国营养学会^[3]等机构都发布了膳食纤维摄入指南,倡导增加膳食纤维的摄入量。麸皮是人类重要的膳食纤维来源;通过增加面包的纤维素含量是改善膳食纤维摄入不足的重要途径之一^[4]。

全麦面包分为全籽粒粉制作的面包和添加麸皮纤维制作的面包。和普通面包相比,全麦面包存在形状、质构,以及口感上的差异,影响消费感受,特别是对于非传统消费面包国家的消费者和营养健康教育水平有限的人群而言,尤其如此。以面包为主食的国家在如何改善全麦面包的口感^[5-6]、提高消费者的购买意愿^[7-8]、改进面包配方和加工工艺^[9-10]、筛选适宜小麦品种等方面^[11-13],已做了大量的研究。中国作为小麦生产和消费大国,小麦品种类型、生产环境和消费习惯都与面包消费大国有较大的差异。对小麦品种的食品制作适宜性^[14-15]、制作全麦食品的品种筛选^[16]、麸皮纤维的预处理^[17]、适宜国人消费的全麦粉产品开发^[18-19],以及健康消费教育,都还需要系统设计,开展有组织且深入的研究开发和消费理念教育^[20]。

本研究以国产强筋小麦品种开发的面包专用粉为原料,利用麸皮副产物制粉,经处理和改良后,加入面包粉,制作全麦面包。借助感官评价、C-Cell 图像分析仪等手段,比较面包形状、感官、内部微结构(质地)的变化过程,分析麸皮纤维对面包微结构的影响,揭示全麦面包制品产品结构变化的原因;探讨全麦面包结构改良的方法,提高国民消费全麦面包的满意度。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

1.1.1 小麦品种

新麦 26、中麦 578、师栾 02-1; 2022 年于河北

省南和县金沙河闫里种植业合作社大田收获样品。

1.1.2 制粉

以上述小麦品种为原料,通过品种搭配实验,开发出 2 款面包粉;在金沙河集团产业融合示范中心瑞士布勒制粉生产线(BÜHLER MDDY-50/600)生产面包专用粉,面粉商业型号为 50 粉和 20 粉。

1.1.3 细麸

专用粉生产过程的副产物(又称刷麸粉)。

1.1.4 麸皮

同批面包专用粉生产过程产生的麸皮。麸皮经干燥处理后,用粉碎法制备麸皮粉。

1.2 仪器与设备

莱驰 Retsch ZM200 粉碎机:德国,DR 100/75,筛孔直径 1.0 mm,档速 30;FIWE6 粗纤维检测系统:意大利, Velp; Lindberg/Blue 马弗炉:美国,赛默飞;DN2100 杜马斯燃烧仪:中国,诺德泰科;GM2200 面筋仪、GM2015 面筋指数仪:瑞典, Perten; Farinograph-E 粉质仪、Extensograph-E 拉伸仪:德国,布拉本德(Brabender); Mono C-Cell 孔隙成像分析仪:英国, Calibre。

1.3 实验方法

1.3.1 实验设计

全麦面包制作实验为 2 因素(面粉为 50 粉、20 粉), 3 水平(细麸粉、麸皮粉添加量为 0%、10%、20%)全排列,选择性实施。烘焙实验设 3 次重复。

1.3.2 面粉理化特性分析

纤维素含量:参照《粮油检验 粮食中粗纤维素含量测定 介质过滤法》, GB/T 5515—2008;

灰分含量:参照《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》, GB 5009.4—2016;

蛋白质含量:参照《杜马斯燃烧法测定饲料原料中总氮含量及粗蛋白质的计算》, GB/T 24318—2009;

湿面筋含量:参照《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;

面筋指数：参照《小麦粉湿面筋质量测定方法 面筋指数法》，LS/T 6102—1995；

粉质参数：参照《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 粉质仪法》，GB/T 14614—2019；

拉伸参数：参照《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 拉伸仪法》，GB/T 14615—2019。

1.3.3 面包制作

参照《粮油检验 小麦粉面包烘焙品质评价快速烘焙法》，GB/T 35869—2018。

1.3.4 感官评价

参照《粮油检验 小麦粉面包烘焙品质评价快速烘焙法》，GB/T 35869—2018。

1.3.5 C-Cell 图像分析

参考 Larisa Cato^[21]的方法，使用 C-Cell 面包图像分析仪测定。

1.3.6 数据处理

数据经 Excel 整理后，作单因素方差分析，

判别处理间的差异显著性 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 面包粉和麸皮的理化特性

通过配麦、配粉工艺磨制的面包粉，以及相应制粉过程获得的细麸粉和麸皮粉的理化特性见表 1。样品在粗纤维含量、灰分、蛋白质含量和湿面筋含量上有显著差异，50 粉、20 粉和细麸粉的面筋指数差异不显著。粗纤维含量和灰分在样品间的变异系数很高；麸皮粉的粗纤维含量高达 74.30%，而 50 粉和 20 粉分别为 5.75% 和 4.60%。

50 粉、20 粉的面团吸水率分别为 65.2% 和 71.2%，稳定时间为 27.5 min 和 25.9 min，达到超强筋粉的要求；且面团弱化度较低（表 2）。虽然细麸粉可以形成面团，测定粉质参数，但面团稳定时间明显很低，弱化度很高。

表 1 面包粉和麸皮粉的理化特性

Table 1 The physical and chemical properties of bread flour and bran powder

样品名称	粗纤维含量/(%/干基)	灰分/%	蛋白质含量/(%/干基)	湿面筋含量/(%/湿基)	面筋指数
50 粉	5.75±0.35 ^c	0.52±0.01 ^d	11.76±0.21 ^d	29.93±0.54 ^b	97.29±2.27 ^a
20 粉	4.60±0.42 ^c	0.59±0.03 ^c	12.89±0.00 ^c	32.41±0.16 ^a	95.57±2.43 ^a
细麸粉	8.20±0.57 ^b	1.56±0.02 ^b	14.48±0.02 ^b	33.15±0.42 ^a	94.59±0.58 ^a
麸皮粉	74.30±0.28 ^a	5.42±0.02 ^a	17.22±0.55 ^a	—	—
均值	23.21±31.56	2.02±2.09	14.09±2.20	31.83±1.54	95.81±1.94
极差	70.20	4.92	6.00	3.90	5.04
变异系数	135.98	103.25	15.64	4.84	2.02

注：表中“—”未测定或无法测定的特性，同列中不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)，下同。

Note: the “—” in the table represents characteristics that have not been measured or cannot be measured. Different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$), the same as below

表 2 面包粉和细麸粉的粉质特性

Tbale 2 The farinograph properties of bread flour and bran powder

样品名称	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度 ISO/FU	弱化度 ICC/FU	面粉质量指数
50 粉	65.2	2.3	27.5	33	13	46*
20 粉	71.2	17.5	25.9	13	30	296
细麸粉	69.2	3.8	3.5	84	105	56

注：ISO——国际标准化组织标准，ICC——国际粮食科技协会标准；“*”为因双峰导致的面粉质量值出现异常值。

Note: ISO-International Organization for Standardization standards, ICC-International Food Technology Association standards. The “*” indicates that the flour quality value is abnormal due to double peaks.

面团静置 135 min 时，50 粉的拉伸阻力较高，最大拉伸阻力可达到 723 EU（表 3）。20 粉的最大拉伸阻力较低，为 590 EU；但由于 20 粉具有较好的拉伸长度，因此，二者的拉伸面积差异不大。

表 3 面包粉和细麸粉的拉伸特性（135 min）

Table 3 The extensional properties of bread flour and bran powder (135 min)

样品名称	拉伸阻力/EU	最大拉伸阻力/EU	拉伸长度/mm	拉伸面积/cm ²	拉伸比	最大拉伸比
50 粉	458	723	146	131	3.1	5
20 粉	340	590	173	126	2	3.4
细麸粉	124	133	171	35	0.7	0.8

细麸粉除了较好的延展性外,由于拉伸阻力过低,导致拉伸面积只有 50 粉和 20 粉的 27%和 28%。可见,细麸粉达不到面包粉质量特性的基本要求,只能做配粉添加。

2.2 面包体积、重量和比容

随着细麸粉和麸皮粉添加比例的增加,和对照相比,面包的粗纤维含量显著增加,特别是添加 10.0%的麸皮粉,可使面包的粗纤维含量达到 12.61%和 11.57%(表 4)。然而,随着粗纤维含量的增加,面包体积明显降低,重量有所增加,比容也随之显著降低。由于细麸粉蛋白质含量、湿面筋含量和面筋指数均较高,添加到

50 粉后,对面包体积影响不显著,而对面包重量则有显著影响。然而,添加麸皮粉后对面包体积、重量和比容的影响均能达到显著水平。当麸皮粉添加量达到 20.0%时,面包体积仅是对照的 76.7%和 77.6%,而其粗纤维含量分别达到 20.04%和 18.54%。

2.3 面包的感官评价

制作面包的感官评价结果显示,向 20 粉添加麸皮粉,对面包色泽、弹柔性有显著的负面影响,而对其它感官评价指标影响不显著(表 5)。向 50 粉添加麸皮粉,对所有感官评价指标影响不显著;然而,向 50 粉添加细麸粉,还改善了面包的总评分。

表 4 添加麸皮粉面包的体积、重量和比容

Table 4 The effect of bran powder addition on the volume, weight and specific volume of whole grain breads

基础面粉	添加处理	纤维素含量/(%干基)	面包体积/mL	面包重量/g	比容/(mL/g)
50 粉	细麸粉 0%	5.75 (100.0)	815.00±21.79 ^a (100.0)	267.56±1.11 ^b (100.0)	3.05±0.08 ^a (100.0)
	细麸粉 10%	6.00 (104.3)	806.67±20.82 ^a (99.0)	271.62±2.45 ^a (101.5)	2.97±0.07 ^{ab} (97.4)
	细麸粉 20%	6.24 (108.5)	785.00±5.00 ^a (96.3)	272.24±1.31 ^a (101.7)	2.88±0.04 ^b (94.4)
50 粉	麸皮粉 0%	5.75(100.0)	815.00±21.79 ^a (100.0)	267.56±1.11 ^b (100.0)	3.05±0.08 ^a (100.0)
	麸皮粉 10%	12.61(219.4)	776.67±7.64 ^b (95.3)	268.61±3.52 ^b (100.4)	2.89±0.06 ^b (94.8)
	麸皮粉 20%	20.04(348.5)	625.00±5.00 ^c (76.7)	274.55±1.03 ^a (102.6)	2.27±0.03 ^c (74.4)
20 粉	麸皮粉 0%	4.60(100.0)	871.67±2.89 ^a (100.0)	270.54±1.03 ^b (100.0)	3.22±0.01 ^a (100.0)
	麸皮粉 10%	11.57(251.5)	890.00±21.79 ^a (102.1)	271.42±0.72 ^b (100.3)	3.28±0.09 ^a (101.8)
	麸皮粉 20%	18.54(403.0)	676.67±10.41 ^b (77.6)	278.18±0.93 ^a (102.8)	2.43±0.03 ^b (75.5)

注: 同列中不同小写字母代表具有显著性差异 ($P < 0.05$), 下同。

Note: different lowercase letters within the same column represent significant differences ($P < 0.05$), the same as below.

表 5 麸皮粉添加量与面包感官质量要素变化

Table 5 The effect of bran powder addition on sensory quality elements of whole grain breads

基础面粉	添加处理	纤维含量/(%干基)	总分 (80 分)	色泽 (5 分)	气味 (10 分)	内部结构 (20 分)	弹柔性 (15 分)	口感 (10 分)
50 粉	细麸粉 0%	5.75	63.0±1.87 ^b	4.4±0.55 ^a	8.2±0.84 ^a	15.6±2.30 ^a	12.6±1.67 ^a	8.2±1.10 ^a
	细麸粉 10%	5	63.8±2.17 ^b	4.2±0.45 ^a	7.6±0.55 ^a	16.6±0.55 ^a	12.0±1.87 ^a	8.0±0.71 ^a
	细麸粉 20%	6.24	67.2±2.39 ^a	4.8±0.45 ^a	8.4±0.89 ^a	16.0±1.87 ^a	13.0±0.71 ^a	8.2±0.84 ^a
50 粉	麸皮粉 0%	5.75	63.0±1.87 ^a	4.4±0.55 ^a	8.2±0.84 ^a	15.6±2.3 ^a	12.6±1.67 ^a	8.2±1.10 ^a
	麸皮粉 10%	12.61	63.6±3.36 ^a	4.0±0.71 ^a	8.0±1.00 ^a	15.8±0.84 ^a	12.4±1.14 ^a	7.4±1.14 ^a
	麸皮粉 20%	20.04	61.8±5.40 ^a	3.8±0.84 ^a	8.2±0.45 ^a	16.4±3.21 ^a	12.2±1.64 ^a	7.6±1.14 ^a
20 粉	麸皮粉 0%	4.6	64.2±5.67 ^a	4.6±0.89 ^a	7.4±1.14 ^a	17.0±2.00 ^a	13.0±1.00 ^a	8.0±1.00 ^a
	麸皮粉 10%	11.57	59.4±2.79 ^a	3.2±0.84 ^b	7.8±0.84 ^a	15.4±1.52 ^a	11.2±1.30 ^b	7.4±0.55 ^a
	麸皮粉 20%	18.54	60.4±4.93 ^a	3.4±0.55 ^b	7.8±1.10 ^a	17.0±1.00 ^a	10.4±0.89 ^b	7.2±1.30 ^a

2.4 面包的微结构变化

向 50 粉中加入细麸粉,会使面包微结构的气孔数量显著降低,不均匀度显著增加;还使面包

的亮度降低,色泽加深(表 6)。向 50 粉中加入麸皮粉,会使面包的气孔直径、气孔面积、气室厚度显著降低,不均匀度增加;还使面包亮度显

著降低。而向 20 粉中加入麸皮粉, 面包的总凹限度、气孔直径、气孔面积、孔洞面积、气室厚度显著降低; 也使面包亮度显著降低。可见, 麸皮

粉对面包微结构的影响大于细麸粉; 基础粉 (50 粉、20 粉) 的质量特性差异也影响面粉对麸皮纤维的耐受性。

表 6 麸皮粉添加量与面包微结构 (C-Cell) 变化
 Table 6 The effect of bran flours addition on microstructure (C-Cell) of whole grain breads

基础面粉	添加量/%	总凹限度/%	气孔直径/mm	气孔数量/个	气孔面积/%	孔洞面积/%	气室厚度/mm	不均匀度	亮度/%
50 粉	细麸粉 0%	3.24±0.38 ^a	1.52±0.08 ^a	4 782.33±143.58 ^a	49.27±0.72 ^a	0.00±0.00 ^a	0.40±0.01 ^a	0.80±0.15 ^b	132.47±0.89 ^a
	细麸粉 10%	3.90±0.34 ^a	1.52±0.02 ^a	4 717.00±130.28 ^{ab}	49.00±0.40 ^a	0.00±0.00 ^a	0.41±0.01 ^a	1.26±0.19 ^{ab}	128.00±3.25 ^b
	细麸粉 20%	3.67±0.81 ^a	1.57±0.12 ^a	4 401.33±227.38 ^b	49.53±0.76 ^a	0.33±0.58 ^a	0.41±0.01 ^a	1.63±0.63 ^a	121.26±0.67 ^c
	平均值	3.61±0.56	1.54±0.08	4 633.56±231.21	49.27±0.61	0.11±0.33	0.41±0.01	1.23±0.50	127.24±5.18
50 粉	麸皮粉 0%	3.24±0.38 ^a	1.52±0.08 ^a	4 782.33±143.58 ^a	49.27±0.72 ^a	0.00±0.00 ^a	0.40±0.01 ^a	0.80±0.15 ^b	132.47±0.89 ^a
	麸皮粉 10%	2.90±0.23 ^a	1.45±0.02 ^a	4 822.33±93.83 ^a	48.80±0.17 ^a	0.00±0.00 ^a	0.40±0.00 ^a	0.93±0.22 ^a	109.55±0.54 ^b
	麸皮粉 20%	2.55±0.49 ^a	1.27±0.03 ^b	4 779.33±256.47 ^a	47.70±0.40 ^b	0.00±0.00 ^a	0.38±0.01 ^b	0.69±0.10 ^a	97.15±1.61 ^c
	平均值	2.90±0.45	1.41±0.12	4 794.67±155.67	48.59±0.81	0.00±0.00	0.39±0.01	0.81±0.17	113.06±15.55
20 粉	麸皮粉 0%	3.20±0.38 ^a	1.66±0.04 ^a	4 737.33±109.01 ^a	50.47±0.51 ^a	1.00±0.00 ^a	0.41±0.00 ^a	1.95±0.22 ^a	127.28±1.23 ^a
	麸皮粉 10%	2.67±0.57 ^a	1.55±0.11 ^a	4 830.33±135.66 ^a	49.73±0.55 ^a	0.67±0.58 ^a	0.41±0.01 ^a	1.08±0.66 ^a	106.92±1.62 ^b
	麸皮粉 20%	1.62±0.31 ^b	1.41±0.01 ^b	4 414.33±7.77 ^b	48.50±0.10 ^b	0.00±0.00 ^b	0.39±0.00 ^b	0.92±0.52 ^a	94.00±0.71 ^c
	平均值	2.50±0.79	1.54±0.12	4 660.67±208.18	49.57±0.94	0.56±0.53	0.4±0.01	1.32±0.65	109.4±14.57

3 讨论

小麦麸皮是重要的膳食纤维资源, 易实现膳食纤维添加和普遍消费。但也应看到, 和传统的面包质量相比, 麸皮纤维添加对面包的感官特性带来负面影响, 特别是在面包作为非传统主食国家, 这会对高膳食纤维面包的推广带来阻力。本研究结果显示, 添加麸皮粉能显著增加面包的纤维素含量。当麸皮粉添加量相同时, 面包的感官质量与基础粉的质量特性有关。因此, 在国内市场, 筛选优质小麦品种生产面包专用粉, 开发对麸皮纤维耐受力较强的面包专用粉, 选择对面包结构副作用较小的麸皮粉类型, 还需要做进一步的基础性研发工作。

对添加麸皮粉面包的感官评价结果显示, 向 20 粉添加麸皮粉, 仅对面包色泽、弹柔性有显著的负面影响; 向 50 粉添加麸皮粉, 对所有感官评价指标影响不显著。然而, 面包的微结构分析结果则认为, 向 20 粉添加麸皮粉, 面包的总凹限度、气孔直径、气孔面积、孔洞面积、气室厚度、亮度显著降低; 向 50 粉中加入麸皮粉, 会使面包的气孔直径、气孔面积、气室厚度、亮度显著降低。显然, 感官评价添加麸皮粉的面包, 即使在有对照

的前提下, 感官评价人员在认知、标准把握和敏感性方面存在困惑, 或者辨别能力存在差异。因此, 借助面包微结构分析技术, 建立感官评价标准, 培训感官评价人员的技能, 是开发高纤维面包或其它食品, 必须完善的一项基础性研发内容^[22]。

从本研究结果来看, 添加 10% 的麸皮粉制作的面包, 所有感官评价人员均可接受; 而添加 20% 的麸皮粉, 面包的感官质量明显下降, 商品价值降低, 除特殊消费人群外, 一般消费群体不易接受。但添加 20% 麸皮粉的面包的粗纤维素含量已达到或接近 20%, 其健康作用明显增大。在考虑以消费者健康为宗旨的添加量, 以消费者口感为目标的消费感受, 和以企业利润为目的的产品经营三大因素时, 必须通过基础研究、技术开发和健康消费教育三方面全面推进, 才能取得应有的保健和经济效果。因此, 有关膳食纤维摄入量与人体健康的知识宣传, 特别是对已有健康风险的特殊人群主动提高膳食纤维摄入量, 推动高膳食纤维多方位、多品类供给, 显得尤为重要和迫切。

4 结论

(1) 麸皮粉因纤维素含量高, 对面包体积和微结构影响大于细麸粉; 基础面包粉对麸皮纤维

的耐受性存在一定的差异。

(2) 麸皮纤维主要通过降低气孔直径、气孔的数量或面积,降低了面包的体积和亮度,影响面包的感官特性。

(3) 添加 10%麸皮粉的面包,感官评价人员均能接受;如添加 20%的麸皮粉,则需要开展消费引导或健康观念教育。

参考文献:

- [1] 国际谷物科技协会(ICC),健康谷物联盟(HGF),美国明尼苏达大学. 维也纳全谷物宣言——号召增加全谷物摄入, 2017-11-15, 维也纳. https://icc.or.at/index.php?option=com_content&view=article&id=115&catid=2.
- [2] The International Association for Cereal Science and Technology (ICC), Health grain Forum (HGF), University of Minnesota. Vienna Whole Grain Declaration - A call to action for increasing whole grain intake, 6th international whole grain summit, 2017-11-15, Vienna. https://icc.or.at/index.php?option=com_content&view=article&id=115&catid=2.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Guidelines for the use of nutrition claims: Table of conditions for nutrient contents (part b) dietary fibre. ALINORM 09/32/26. Appendix II, 2009, p46.
- [4] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2022)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022. Chinese Nutrition Society. Dietary guidelines for Chinese residents(2022)[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2022.
- [5] CHEN Z W, MENSE A L, BREWER L R, et al. Wheat bran layers: composition, structure, fractionation, and potential uses in foods[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2023, 64(19): 6636-6659.
- [6] RWUBATSE B, OKOTH M W, ANDAGO A A, et al. The effect of wheat variety, fermentation and incorporation of ingredients on the texture profile, colour and sensory attributes of whole wheat bread[J]. Croatian Journal of Food Science and Technology, 2021, 13(2): 227-235.
- [7] KHALID K H, OHM J B, SIMSEK S. Whole wheat bread: Effect of bran fractions on dough and end-product quality[J]. Journal of Cereal Science, 2017, 78: 48-56.
- [8] TEUBER R, DOLGOPOLOVA I, NORDSTRÖM J. Some like it organic, some like it purple and some like it ancient: Consumer preferences and WTP for value-added attributes in whole grain bread[J]. Food Quality and Preference, 2016, 52: 244-254.
- [9] ABDULLAH M M, ALDUGHPASSI A D H, SIDHU J S, et al. Effect of psyllium husk addition on the instrumental texture and consumer acceptability of high-fiber wheat pan bread and buns[J]. Annals of Agricultural Sciences, 2021, 66(1): 75-80.
- [10] KURMANBAYEVA I, NABIYEVA Z, STOYANOVA A, et al. Experimental substantiation of the application of plant extracts and enzymes to obtain safe raw materials for whole grain bread technology[J]. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022, 6(11): 89-98.
- [11] ZHANG Y, HU R, TILLEY M, et al. Effect of pulse type and substitution level on dough rheology and bread quality of whole wheat-based composite flours[J]. Processes, 2021, 9(9): 1687.
- [12] LI C, TILLEY M, CHEN R, et al. Effect of bran particle size on rheology properties and baking quality of whole wheat flour from four different varieties[J]. LWT, 2023, 175: 114504.
- [13] GRAFENAUER S, MIGLIORETTO C, SOLAH V, et al. Review of the sensory and physico-chemical properties of red and white wheat: which makes the best whole grain?[J]. Foods, 2020, 9(2): 136.
- [14] JENSEN S, OSTDAL H, SKIBSTED L H, et al. Antioxidants and shelf life of whole wheat bread[J]. Journal of Cereal Science, 2011, 53(3): 291-297.
- [15] 魏益民, 赵博, 严军辉, 等. 关中原小麦粉鲜面条制作适宜性研究[J]. 麦类作物学报, 2023, 43(5): 600-608. WEI Y M, ZHAO B, YAN J H, et al. Study on the making suitability of fresh noodle with wheat flours in Guanzhong Plain[J]. Journal of Triticeae Crops, 2023, 43(5): 600-608.
- [16] 魏益民, 张磊, 赵博, 等. 豫西南小麦品种馒头制作适宜性研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(1): 66-76. WEI Y M, ZHANG L, ZHAO B, et al. Research on the making suitability for steamed bread with wheat flours from southwest of Henan province[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(1): 66-76.
- [17] SUN X Y, BU Z W, QIAO B Q, et al. The effects of wheat cultivar, flour particle size and bran content on the rheology and microstructure of dough and the texture of whole wheat breads and noodles[J]. Food Chemistry, 2023, 410: 135447.
- [18] 潘芹敏, 蒲慧婷, 蔡红燕, 等. 响应面法优化挤压预处理麸皮面包工艺配方的研究[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(8): 20-27. PAN Q M, PU H T, CAI H Y, et al. Process formulation of extrusion pretreated bran bread optimized by response surface method[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2022, 37(8): 20-27.
- [19] SUN L, LI X F, ZHANG Y Y, et al. A novel lactic acid bacterium for improving the quality and shelf life of whole wheat bread[J]. Food Control, 2020, 109: 106914.
- [20] SUN J, WALEED A, ZHU F, et al. A novel kneading method for improving the quality of whole wheat dough and bread[J]. Journal of Cereal Science, 2023, 112: 103690.
- [21] CATO L, PACHON J. C-Cell-bread image analyser: evaluation of wheat varieties and their baking potential[C]//CCOA, ICC. Book of Abstracts of 14th ICC Cereal and Bread Congress and Forum on Fats and Oils, 2012: 2.
- [22] LI X N, WANG L P, JIANG P, et al. The effect of wheat bran dietary fibre and raw wheat bran on the flour and dough properties: A comparative study[J]. LWT, 2023, 173: 114304. 