

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.02.011

吴海彬, 孙辉, 洪宇, 等. 2022 年我国小麦品质分析[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(2): 92-99.

WU H B, SUN H, HONG Y, et al. Analysis on the quality of wheat in China in 2022[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(2): 92-99.

2022 年我国小麦品质分析

吴海彬, 孙辉, 洪宇, 常柳,
段晓亮, 马航, 荆晓莹, 周桂英

(国家粮食和物资储备局科学研究院 粮食品质营养研究所, 北京 100037)

摘要: 基于我国小麦种植品种、面积及分布区域, 2022 年采集十二个省份新收获小麦样品 1 377 份, 进行理化品质和食品加工品质评价及分析。结果表明: 2022 年小麦籽粒粗蛋白质和湿面筋含量均值分别为 13.1% 和 29.6%, 面筋指数平均值为 69。面团流变学参数中, 吸水量均值 63.2 mL, 稳定时间均值 6.7 min; 拉伸曲线面积、延伸性和最大拉伸阻力均值分别为 75 cm²、140 mm 和 398 EU。所有样品进行面条和馒头加工品质评价、强筋品种和湿面筋含量 ≤ 25% 的样品分别进行面包和蛋糕加工品质评价, 面条、馒头、面包和蛋糕评分均值分别是 79 分、75 分、73 分和 69 分。1.7% 的样品符合 GB/T 17892—1999《优质小麦 强筋小麦》的要求, 1.3% 的样品符合 GB/T 17893—1999《优质小麦 弱筋小麦》的要求。44.9%、31.4% 和 2.8% 的样品分别符合 GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》品质分类、优质小麦和优质强筋小麦的要求。56.0% 和 3.0% 的样品分别符合 LS/T 3109—2017《中国好粮油 小麦》品质分类和强筋硬麦的要求。这些结果表明我国小麦食品加工品质整体一般, 蒸煮食品品质评分高于烘焙食品, 但亦有少数食品加工品质优异的品种育成并在生产上种植。

关键词: 小麦; 理化品质; 食品品质; 标准

中图分类号: S512.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)02-0092-08

网络首发时间: 2024-02-26 17:52:03

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20240226.1345.002>

Analysis on the Quality of Wheat in China in 2022

WU Hai-bin, SUN Hui, HONG Yu, CHANG Liu, DUAN Xiao-liang,
MA Hang, JING Xiao-xuan, ZHOU Gui-ying

(Institute of Food Quality and Nutrition, Academy of National Food and Strategic Reserves
Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: Based on varieties, area and distribution of wheat in China, 1 377 newly harvested wheat samples from 12 provinces were collected in 2022. The physio-chemical quality as well as end-use quality evolutions were carried out, and the current quality status of wheat were analyzed. The results showed that the average crude protein content and gluten content of wheat were 13.1% and 29.6%, respectively, and the mean gluten

收稿日期: 2023-10-31

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (ZX2232)

Supported by: Fundamental Research Funds of the Central Research Institutes (No. ZX2232)

作者简介: 吴海彬, 男, 1983 年出生, 博士, 副研究员, 研究方向为品质研究与标准研制。E-mail: whb@ags.ac.cn

通讯作者: 孙辉, 女, 1971 年出生, 博士, 研究员, 总工程师, 本刊主编, 研究方向为粮食品质与标准研制。E-mail: sh@ags.ac.cn

index was 69. Among the rheological parameters of dough, the water absorption of flour was 63.2 mL, and the average stability time was 6.7 min. The mean tensile curve area, elongation and maximum tensile resistance were 75 cm², 140 mm and 398 EU, respectively. All samples were evaluated for the processing quality of noodles and steamed bread, and samples with strong gluten wheat varieties and wet gluten content ≤25% were evaluated for the processing quality of bread and cake, respectively. The average scores of noodles, steamed bread, bread and cake were 79, 75, 73 and 69 points, respectively. Only 1.7% of the samples met the requirements of “High quality wheat-Strong gluten wheat” (GB/T 17892—1999), while 1.3% of the samples met the requirements of “High quality wheat-Weak gluten wheat” (GB/T 17893—1999). In addition, 44.9%, 31.4% and 2.8% of the samples met the requirements of quality classification, high-quality wheat and high-quality strong gluten wheat in “Quality classification of wheat varieties” (GB/T 17320—2013), respectively, and 56.0% and 3.0% of the samples met the requirements of quality classification and strong gluten hard wheat in “The Grain & Oil Products of China-Wheat” (LS/T 3109—2017), respectively. The results showed that the processing quality of wheat in China was general, and the food quality of steamed food was higher than that of baked food. A few varieties with excellent food processing quality bred were also planted.

Key words: wheat; physio-chemical quality; end-use quality; standard

小麦是世界第一大口粮作物, 全球约 40% 的人口以小麦为主食, 提供了人类营养所需约 20% 的热量和蛋白质^[1]。小麦是我国第二大口粮作物, 总产量和消费量均位居世界第一, 分别占全球的 17% 和 16%^[2]。小麦生产对保障国家粮食安全和国民食品消费具有举足轻重的地位, 2019 年中央一号文件提出“将稻谷、小麦作为必保品种”, “确保谷物基本自给、口粮绝对安全”。近十年, 我国小麦种植面积基本稳定在 2 390 万 hm², 单产水平不断提高, 总产量连年提高, 2022 年小麦总产 13 772 万 t, 较 2013 年 12 193 万 t 增加 1 579 万 t; 小麦生产也由产量为第一追求因素转向产量和质量并重, 但仍面临种植分散、规模小, 强筋不强、弱筋不弱等问题^[3]。本研究基于小麦品种及其种植面积、地理位置等信息采集样品, 进行理化指标和食品加工品质检测, 分析品质现状, 为我国优质粮食生产提供数据支持, 引导种植结构调整, 实现农业增效、农民增收。

1 材料与方法

1.1 试验材料

结合全国农业技术推广服务中心印发的《2021 年全国农作物主要品种推广情况统计》及市场调研情况, 采集覆盖县市种植面积 88% 的代表性小麦品种。扦样数量和扦样区域等参考洪宇

等^[4]的方式。

2022 年采集样品 1 377 份, 品种 441 个, 代表本年度小麦种植面积 88%。其中黄淮海区六省(河南、安徽、江苏、陕西、山东、河北)小麦样品 1 222 份, 湖北、山西、四川、宁夏回族自治区和内蒙古自治区(以下分别简称“宁夏”和“内蒙古”)等 5 个省(自治区)小麦样品 155 份, 详见图 1。品种主要有: 新麦 26、师栾 02-1、丰德存麦 5 号、济麦 44、中麦 578、镇麦 12、济南 17、伟隆 169、藁优 5766、藁优 2018、郑麦 379、百农 207、济麦 22、百农 4199、山农 28、烟农 19、烟农 999、西农 979、鲁原 502、郑麦 7698、西农 511、宁麦 13、郑麦 9023、烟农 1212、平安 11 号、淮麦 33、扬麦 25、扬麦 23、明麦 133、泰科麦 33、冀麦 585、衡观 35、衡 4399、泛麦 8 号、安农 0711、荷麦 23 等。

1.2 仪器和设备

JYDB 小麦硬度指数测定仪: 布勒粮食检验仪器无锡有限公司; 降落数仪、面筋仪 GM2200: 瑞典波通仪器公司; 福斯(FOSS)近红外光谱仪 NOVA: 美国 FLOWSERVE 公司; 制粉试验磨: 布勒(中国)投资有限公司; 粉质仪 Farinograph-TS、拉伸仪: 德国布拉本德公司。和面机: 美国 National 仪器有限公司; 面条机 OHTAKE-41309:

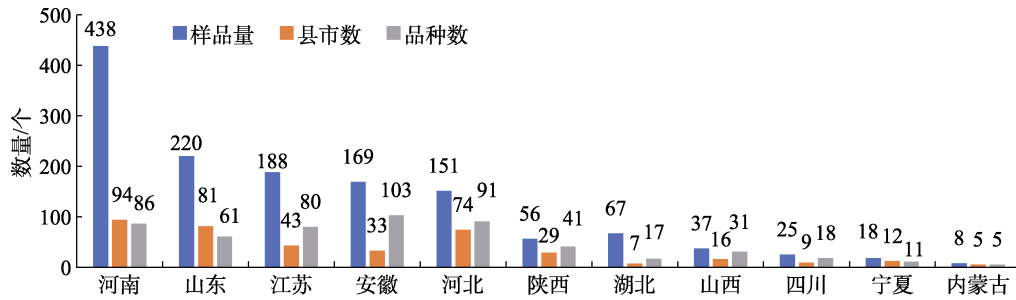


图 1 样品、县市和品种分布

Fig.1 Distribution of samples, counties and varieties

日本大竹公司；醒发箱 JXFD7、旋转烤炉：北京东孚久恒仪器有限公司；厨师机 KM005：凯伍德家电公司。

1.3 理化品质和食品加工品质评价方法

参照现行国家和行业标准，使用符合标准要求的仪器和设备，按照标准要求的程序进行评价。理化品质指标测定方法：小麦籽粒水分、粗蛋白质含量（干基）分别参照 GB/T 24898—2010《粮油检验 小麦水分含量测定 近红外法》和 GB/T 24899—2010《粮油检验 小麦粗蛋白质含量测定 近红外法》；小麦籽粒硬度指数参照 GB/T 21304—2007《小麦硬度测定 硬度指数法》；降落数值参照 GB/T 10361—2008《小麦、黑麦及其面粉，杜伦麦及其粗粒粉 降落数值的测定 Hagberg-Perten 法》；制粉参照 NY/T 1094.2—2006《小麦实验制粉 第 2 部分：布勒氏法 用于硬麦》及 NY/T 1094.4—2006《小麦实验制粉 第 4 部分：布勒氏法 用于软麦统粉》；面粉水分参照 GB/T 24898—2010；面筋含量参照 GB/T 5506.2—2008《小麦和小麦粉 面筋含量 第 2 部分：仪器法测定湿面筋》；面筋指数参照 LS/T 6102—1995《小麦粉湿面筋质量测定法面筋指数法》；粉质测试参照 GB/T 14614—2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 粉质仪法》；拉伸测试参照 GB/T 14615—2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 拉伸仪法》。食品加工品质评价方法：面条、馒头、面包和蛋糕食品品质评分分别参照 GB/T 35875—2018《粮油检验 小麦粉面条加工品质评价》、GB/T 35991—2018《粮油检验 小麦粉馒头加工品质评价》、GB/T 35869—2018《粮油检验 小麦粉面包烘焙品质评价 快速烘焙法》和 GB/T

24303—2009《粮油检验 小麦粉蛋糕烘焙品质试验 海绵蛋糕法》。

2 结果与分析

2.1 籽粒粗蛋白、面筋指数与湿面筋含量

蛋白质的含量和质量与小麦食品加工品质密切相关，尤其是面筋蛋白质（主要是储藏蛋白质）的组成和结构是影响小麦品质的主要因素。籽粒粗蛋白质含量（干基）反映了小麦中蛋白质含量的高低；湿面筋含量反映了小麦粉中蛋白质的数量；面筋指数表征了面筋蛋白的质量，受面筋蛋白的组成和结构影响。

2022 年小麦籽粒粗蛋白质含量（干基）平均值 13.1%，较 2020 年的 14.3%^[4]有所下降。与国际主要小麦生产国相比，低于美国硬红冬 2022 年平均值 14.8%和 2021 年平均值 13.5%，但与美国硬红冬麦 5 年（2018—2022）均值的 13.2%相当^[5]；低于 2022 年加西硬红春麦的 13.9%^[6]，高于 2022 年法国小麦的 11.4%^[7]。粗蛋白质含量（干基）≥ 14.0%的样品占 25.6%，达到 GB/T 17892—1999《优质小麦 强筋小麦》二等强筋小麦和现行小麦品种审定品质分类标准《主要农作物品种审定标准（国家级）》（2017 年，国家农作物品种审定委员会）强筋小麦粗蛋白质含量（干基）单项要求；粗蛋白质含量（干基）≥ 15.0%的样品占 6.4%，达到 GB/T 17892—1999《优质小麦 强筋小麦》一等强筋小麦粗蛋白质含量（干基）单项要求。

面筋指数平均值 69，表明面筋质量较差，35.0%的样品面筋指数低于 60，28.8%的样品大于 85；2022 年美国硬质小麦面筋指数均大于 90，软白麦平均值 83，软红冬平均值 82^[5]；法麦 2022 年面筋指数均值 86^[7]；加西硬红春和大平原红春

两种小麦面筋指数均值均大于 90^[6]。湿面筋含量平均值 29.6%，较我国 2020 年湿面筋含量平均值的 33.1%^[4]有所下降。与国际主要小麦生产国相比，低于 2022 年美国硬红冬的 32.3%和加西硬红

春 1 号（样品占加西硬红春麦的 79.3%，下同）的 36.5%，但高于美国硬红冬麦 2021 年平均值的 27.0%和 5 年（2018—2022）平均值的 25.5%^[5-6]；高于 2022 年法麦的 22.8%^[7]。详见图 2。

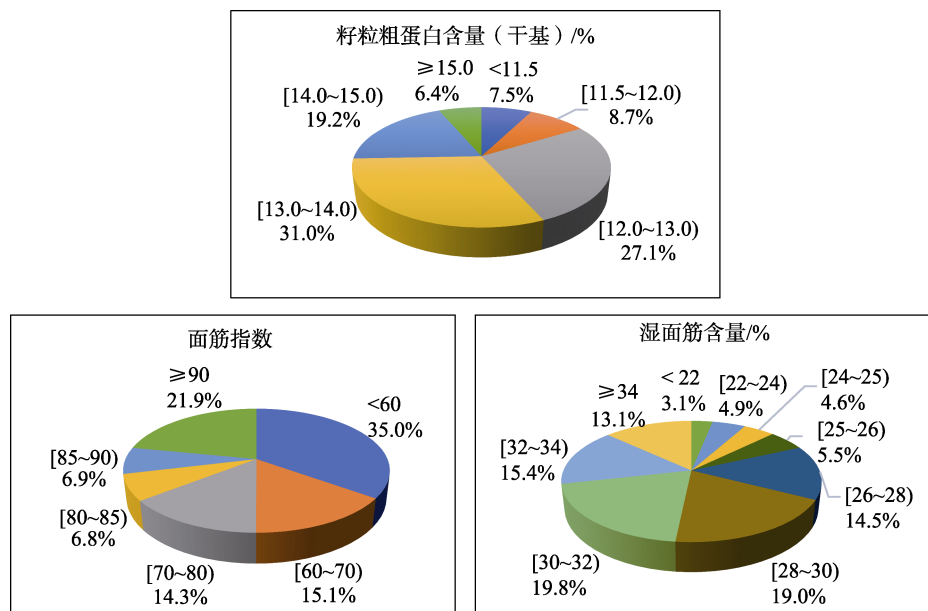


图 2 小麦籽粒粗蛋白含量、面筋指数和湿面筋含量分布图

Fig.2 Distribution of protein content of wheat grain, gluten index and wet gluten content of wheat flour

2022 年我国小麦遭受 2021 年秋季罕见汛情严重影响^[8]的情况下取得大丰收，但小麦收购定等质量与往年基本相当。根据国家粮食和物资储备局公开发布的《2020 年新收获小麦质量调查情况的报告》和《2022 年 13 省份新收获小麦质量监测报告》，2022 年新收获小麦一等占比 63.1%、三等及以上占比 96.2%；与 2020 年新收获小麦一等占比 65.5%、三等及以上占比 96.2%相比，两个年度的小麦收购定等质量基本相当。本研究表明，2022 年的千粒重平均值是 45.9 g，高于 2020 年的 44.4 g，说明 2022 年小麦籽粒的淀粉积累好于 2020 年。但 2022 年籽粒粗蛋白质含量平均值 13.1%，低于 2020 年的 14.3%^[4]。原因一是年度间灌浆期光照、土壤水分和温度等的差异会导致小麦籽粒蛋白质含量发生变化^[9]；其次是植株体内碳、氮代谢存在相互竞争，小麦淀粉合成的碳代谢消耗能量较蛋白质合成的氮代谢少，相同能量供给的条件下碳代谢能够积累更多籽粒物质^[10]，2022 年和 2020 年籽粒千粒重和粗蛋白质（干基）

含量的变化趋势基本符合这个规律。

2.2 粉质参数和拉伸参数

粉质参数和拉伸参数是评价小麦粉品质的重要指标，反映了面团流变学特性。粉质稳定时间和最大拉伸阻力是表征面团弹性（强度）指标，延伸性表征了面团的延展程度，能量是拉伸测试面团时所做的功，粉质吸水量与成品的出率有关。不同加工用途的小麦对粉质和拉伸参数的要求不同。

粉质参数中，吸水量处于较高水平，2022 年平均 63.2 mL，低于 2020 年的 65.3 mL^[4]。与国际主要小麦生产国相比，高于 2022 年美国硬红冬麦吸水率平均值 59.8 mL^[5]，低于 2022 年加西硬红春 1 号（样品占加西硬红春的 79.3%，下同）吸水率平均值 65.2 mL^[6]；吸水量 ≥60 mL 的样品占 81.3%；样品中吸水量处于 60~65 mL 之间的最多，比例为 47.6%。粉质稳定时间最大值和最小值的差值是 37.3 min，分别是 37.9 min 和 0.6 min；平均值是 6.7 min，低于我国 2020 年的 7.1 min^[4]。

与国际主要小麦生产国相比,稳定时间均值低于 2022 年美国硬红冬的均值 8.9 min^[5]和加西硬红春 1 号的均值 15.2 min^[6]。24.5% 的样品稳定时间 ≥ 8 min,符合小麦品种品质分类标准 GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》强筋小麦稳定时间单项指标要求。符合现行《主要农作物品种审定标准(国家级)》(2017 年,国家农作物品种审定委员会)强筋小麦单项指标稳定时间 ≥ 10 min、弱筋小麦单项指标稳定时间 < 3 min 要求的样品占比分别是 16.3%、24.2%,这同面筋质量整体较差的结果一致。

拉伸参数中,最大拉伸阻力平均值是 398 EU,低于 2022 年美国硬红冬的平均值 828 EU^[5]和加西硬红春 1 号的平均值 563 EU^[6]。54.3% 的样品 ≥ 350 EU,符合 GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》强筋小麦单项指标最大拉伸阻力的要求;

达到现行《主要农作物品种审定标准(国家级)》(2017 年,国家农作物品种审定委员会)强筋小麦单项指标最大拉伸阻力 ≥ 450 EU 的样品占比 31.4%;最大拉伸阻力 < 300 EU 的样品占比 32.9%。延伸性平均值 140 mm,略高于 2022 年美国硬红冬麦延伸性平均值 134 mm^[5],低于加西硬红春 1 号平均值 217 mm^[6];32.0% 的样品延伸性 ≥ 150 mm,36.9% 的样品小于 130 mm。拉伸能量平均值 75 cm²,远低于 2022 年美国硬红冬麦拉伸能量平均值 133 cm² 和加西硬红春 1 号平均值 151 cm²;达到 GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》强筋小麦单项指标拉伸能量 ≥ 90 cm² 的比例是 26.5%,达到现行《主要农作物品种审定标准(国家级)》(2017 年,国家农作物品种审定委员会)强筋小麦单项指标拉伸能量 ≥ 100 cm² 的占 20.7%。详见图 3。

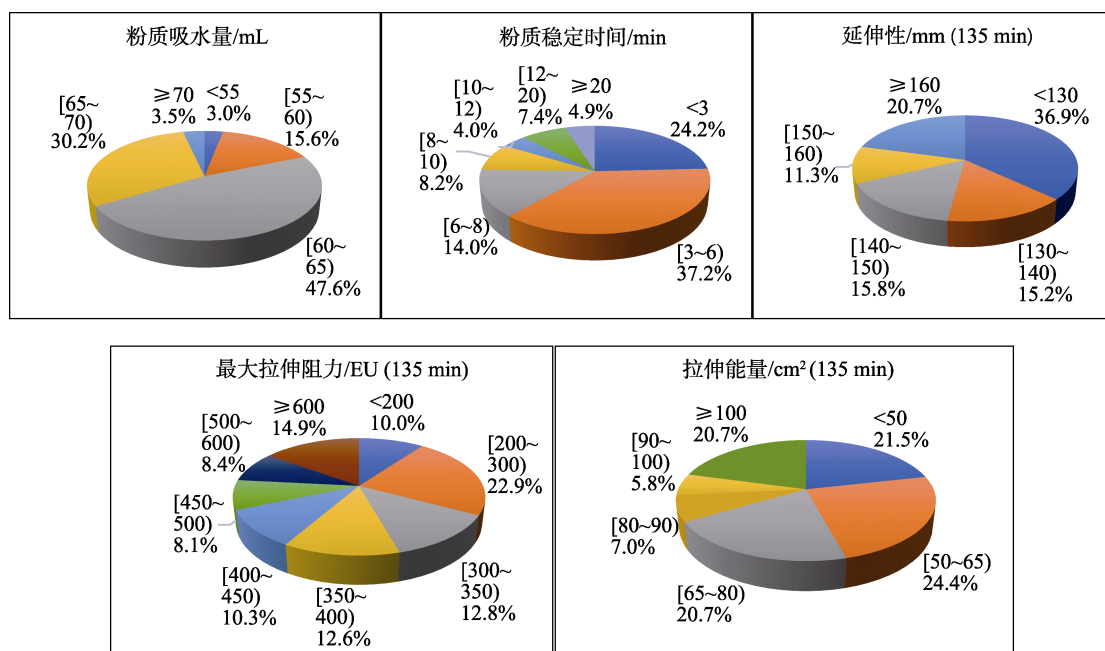


图 3 小麦粉粉质参数和拉伸参数分布图

Fig.3 Distribution of farinograph parameters and extensograph parameters of wheat flour

2.3 食品加工品质

食品评分可以直接反映小麦对不同食品加工用途的适用程度。基于我国传统饮食以面条、馒头为主和面制品多样化需求的增加,所有采集的样品均评价面条和馒头加工品质;面包烘焙品质评价审定为强筋小麦品种的样品,蛋糕烘焙品质评价为湿面筋含量 $\leq 25\%$ (LS/T 3109—2017 低筋

软麦要求标准)的样品,分别为 291 份和 149 份。四种食品评分分布见图 4。

本年度面条加工品质较好,评分均值 79 分;45.9% 的样品评分处于 70~80 分之间,总样品中占比最多;52.5% 的样品评分 ≥ 80 分。馒头加工品质一般,评分均值 75 分,36.8% 的样品评分在 70~80 分之间,总样品中占比最多;41.6% 的样品

评分 ≥ 80 分;亦有个别品种的馒头加工品质优异,食品评分 ≥ 90 分,但这部分样品的占比仅 0.4%。

面包烘焙品质不高,评分均值 73 分;评分在 70 分以下的样品占 36.1%,总样品中占比最多;41.6% (总样品中占 8.8%) 的样品评分 ≥ 80 分;20.3% (总样品中占 4.3%) 的样品评分 ≥ 90 分,

面包烘焙品质较好,这也表明当前我国已育成一批具有较好产业化潜力的优质面包小麦品种。蛋糕烘焙品质整体较差,评分均值 69 分;44.3% 的样品评分处于 70~80 分之间,总样品中占比最多;仅 16.1% (总样品中占 1.8%) 的样品评分 ≥ 80 分,无样品 ≥ 90 分。

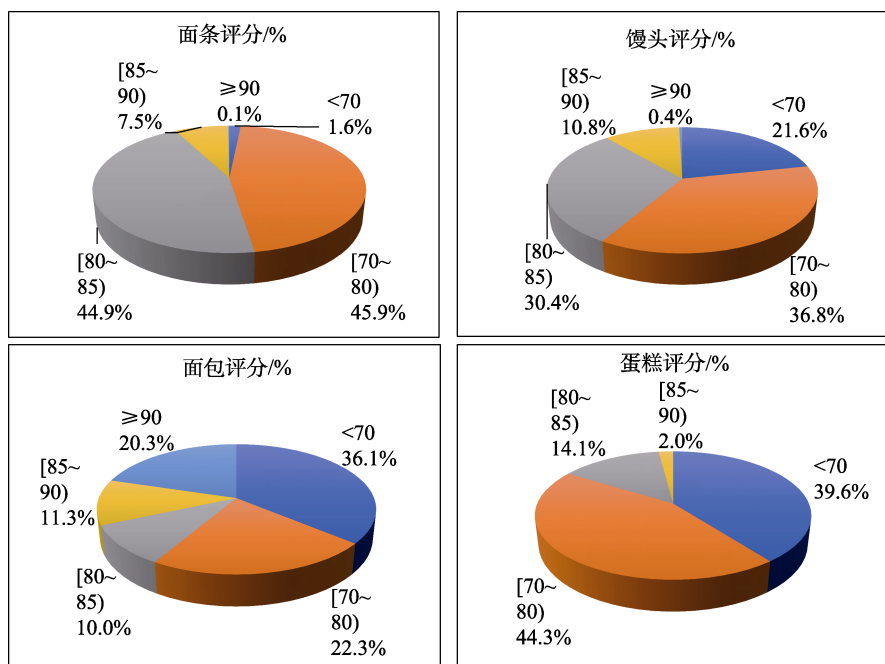


图 4 面条、馒头、面包及蛋糕食品评分分布图

Fig.4 Score distribution of noodles, steamed bread, bread and cake made of wheat flour

2.4 现行优质小麦标准符合度分析

符合 GB/T 17893—1999《优质小麦 弱筋小麦》要求的样品 18 个,占比 1.3%,高于 2020 年 0.7%^[4];符合 GB/T 17892—1999《优质小麦 强筋小麦》一等要求的样品 3 个、二等 21 个,合计 24 个,占比 1.7%,低于 2020 年的 7.7%^[4]。符合 LS/T 3109—2017《中国好粮油 小麦》强筋硬麦一等要求的样品 17 个,二等 24 个,合计 41 个,占比 3.0%,低于 2020 年的 6.8%^[4];符合中筋面条一等、二等和硬式馒头小麦要求的分别为 1 个、577 个和 289 个;符合低筋软麦要求的 2 个,无一等样品。56.0% 的样品符合 LS/T 3109—2017 标准的品质分类要求 (详见图 5), 低于 2020 年的 78.4%。符合三个标准的强筋小麦和弱筋小麦比例趋势一致,均处于较低水平。

按照 GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》

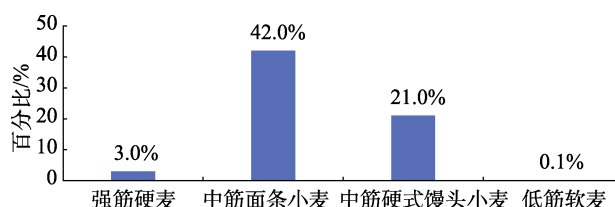


图 5 符合 LS/T 3109—2017《中国好粮油 小麦》的样品占比图

Fig.5 Proportion of samples conforming to LS/T 3109—2017 "The Grain & Oil Products of China-Wheat"

的品质分类判定要求,86 个样品符合强筋小麦要求,包括 38 个品种;38 个样品面包评分 ≥ 80 分,符合优质强筋品质要求,包括 18 个品种。151 个样品符合中筋小麦要求,其中 115 个样品食品加工品质评分 ≥ 80 分,符合优质中筋小麦要求;77 个样品面条评分 ≥ 80 分、符合优质中筋(面条)小麦要求,82 个样品馒头评分 ≥ 80 分、符合优质中筋(馒头)小麦要求。369 个样品符合中筋小麦要求,276 个食品评分 ≥ 80 分达到优质

中筋要求, 面条评分 ≥ 80 分、馒头评分 ≥ 80 分的样品分别有 192 个和 181 个。12 个弱筋小麦样品中有 4 个蛋糕评分 ≥ 80 分、符合优质弱筋小麦要

求。详见图 6。符合 GB/T 17320—2013 优质强筋小麦和弱筋小麦要求的比例也处于较低水平, 与符合其他优质小麦标准的比例趋势一致。

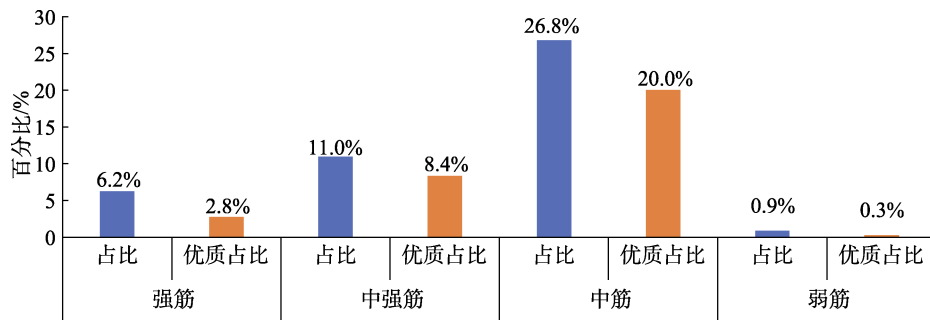


图 6 符合 GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》的样品占比图

Fig.6 Proportion of samples meet to GB/T 17320—2013 "Quality classification of wheat varieties"

样品中适于制作馒头和面条等传统面制品的中筋和中强筋小麦占比较多, 符合我国饮食消费习惯; 以面包烘焙加工为主的强筋小麦虽然较少, 但已有一些面包品质优异的品种育种; 以饼干、蛋糕烘焙加工为主的弱筋小麦样品极少, 仅个别样品达到要求。一方面是多年来我国小麦产业发展一直以保供给为主要目标, 产量育种是第一育种目标, 因此高产中筋类型品种数量多、种植面积大。二是用于烘焙食品加工的强筋品种和弱筋品种不断育成, 但品种数量和种植面积有限。三是小麦品质受气候、土壤和施肥等环境和种植管理的影响, 导致一些优质强筋和弱筋品种在部分地区种植达不到标准的要求。


3 结论

按照我国现行优质小麦分类标准要求, 不仅符合优质强筋和优质弱筋小麦样品占比较少, 而且符合优质中筋小麦样品的占比也不高。食品加工品质评分方面, 虽然面条和馒头两类传统蒸煮食品评分高于烘焙食品, 但均值均低于 80 分, 整体上食品加工品质一般。值得注意的是, 少数品种的面条、馒头加工品质评分 ≥ 90 分, 个别品种的面包加工品质评分 ≥ 90 分, 食品加工品质优异。这也符合我国小麦种植氮肥施用水平普遍较高, 蛋白质含量随单产水平一起提高^[11-12], 但质量整体一般的现状。随着我国社会经济发展, 食品需求呈现优质专用和多样化趋势, 但优质专用小麦

生产发展缓慢。因此, 在发展优质强筋、低筋小麦育种、提升烘焙制品品质的同时, 应重点关注、发展馒头、面条等传统食品加工品质优的中筋、中强筋高产优质小麦育种工作, 助力农业供给侧结构性改革和优质粮食工程的深入实施, 满足社会多样化需求。

参考文献:

- [1] 贾敬敦, 黄圣彪, 葛毅强. 作物育种领域行业创新动态研究报告[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
JIA J D, HUANG S B, GE Y Q. Research report on industry innovation trends in crop breeding[M]. Beijing: Science Press, 2021.
- [2] 刘志勇, 王道文, 张爱民, 等. 小麦育种行业创新现状与发展趋势[J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19(3):430-434.
LIU Z Y, WANG D W, ZHANG A M, et al. Current status and perspective of wheat genomics, genetics and breeding[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(3): 430-434.
- [3] 蒋赞, 张丽丽, 薛平, 等. 我国小麦产业发展情况及国际经验借鉴[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(7):1-10.
JIANG Y, ZHANG L L, XUE P, et al. Development status of wheat industry in China and international experience for reference[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2021, 23(7): 1-10.
- [4] 洪宇, 孙辉, 常柳, 等. 2020 年我国小麦品质分析[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(1): 87-92.
HONG Y, SUN H, CHANG L, et al. Analysis on the wheat quality in China in 2020[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(1): 87-92.
- [5] 美国小麦协会. 2022 年农作物质量报告[R]. 美国, 美国小麦协会. 2022.

- USW. 2022 Crop Quality Report[R]. U.S. U.S. Wheat Associates. 2022.
- [6] 加拿大谷物协会. 2022 年作物摘要: 加拿大新小麦作物报告, 生长质量[R]. 加拿大. 加拿大谷物协会. 2022.
Cereals Canada. Canada's New Wheat Crop Report, Growing Quality. 2022 Crop Summary[R]. Canada. Cereals Canada. 2022.
- [7] 法国农产品及海产品总局, 阿尔瓦利斯植物研究院. 2022 年法国磨粉小麦质量报告[R]. 中国, 法国农产品及海产品总局, 阿尔瓦利斯植物研究院. 2022.
FranceAgriMer, Arvalis. French wheat quality report in 2022[R]. China. FranceAgriMer, Arvalis. 2022.
- [8] 央视网, 焦点访谈: 拼出来的丰收年[N]. 中国, 央视网, 2022.12.13.
CCTV.COM. Topics in Focus: Pinned out the Harvest Year[N]. China, CCTV.COM, 2022.12.13.
- [9] 于振文. 小麦产量与品质生理及栽培技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
YU Z W. Wheat yield and quality physiology and cultivation techniques[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007.
- [10] 宋建民, 田纪春, 赵世杰. 植物光合碳和氮代谢之间的关系及其调节[J]. 植物生理学通讯, 1998, 34(3): 230-238.
SONG J M, TIAN J C, ZHAO S J. Relationship between photosynthetic carbon and nitrogen metabolism in plants and its regulation[J]. Plant Physiology Communications, 1998, 34(3): 230-238.
- [11] 王月福, 姜东, 于振文, 等. 施氮量对小麦籽粒产量和蛋白质含量的影响及其生理基础[J]. 中国农业科学, 2003, 36(5): 513-515.
WANG Y F, JIANG D, YU Z W, et al. Effects of nitrogen rates on grain yield and protein content of wheat and its physiological basis[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(5): 513-515.
- [12] 邓丽娟, 焦小强. 氮管理对冬小麦产量和品质影响的整合分析[J]. 中国农业科学, 2021, 54(11): 2355-2365.
DENG L J, JIAO X Q. A meta-analysis of effects of nitrogen management on winter wheat yield and quality[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2021, 54(11): 2355-2365. 

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。