

特殊粒色小麦研究进展

张小燕¹,高道竹²,高向阳¹

(1. 郑州科技学院 食品科学与工程系,河南 郑州 450064;2. 江南大学 食品学院,江苏 无锡 214122)

摘要:特殊粒色小麦富含蛋白质、氨基酸和对人体有益的微量元素和矿物质,具有较好的加工品质,且籽粒中含有较多的天然色素,应用价值和开发潜力较大。从特殊粒色小麦的种植培育、特性、产品开发利用研究现状及存在问题进行综述,对特殊粒色小麦的应用前景进行了展望,以期拓宽特殊粒色小麦的开发利用途径提供重要的参考依据。

关键词:特殊粒色小麦;特性;加工利用

中图分类号:TS 210.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2016)04-0007-05

Research progress on special color wheat

ZHANG Xiao-yan¹, GAO Qiu-zhu², GAO Xiang-yang¹

(1. Department of Food Science and Engineering, Zhengzhou Institute of Science and Technology, Zhengzhou Henan 450064;

2. College of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122)

Abstract:The special color wheat contains rich protein, amino acid, microelements and minerals which are beneficial to humans. The wheat has better possession quality, and there is a plenty of natural pigments in the kernel, which has high application value and development potential. Research on plant cultivation, characteristics of special color wheat, its development and utilization in food processing and existing problems were summarized. The development of application of special color wheat was prospected to provide a support for processing of the special color wheat.

Key words:special color wheat; characteristics; processing and utilization

近年来,有色食品以其自然性、营养性、功能性和观赏性为特征,愈来愈受到人们的关注,已成为食品科学研究的热点之一^[1]。有色食品包括黑米、黑豆、黑芝麻、紫甘薯以及特殊粒色小麦等系列产品,含有比同类食品较多的植物蛋白、膳食纤维、维生素、微量元素和花青素、黄酮、生物碱、植物甾醇等活性物质,具有降血压、防癌等功效^[2]。特殊粒色小麦亦称彩色小麦^[3],大部分品种的蛋白质、膳食纤维、矿物质和维生素含量较普通小麦丰富,氨基酸组成齐全,是制作营养保健食品的理想原料,具有一定的开发利用价值,因此受到国内外学者的广泛关注。本文从特殊粒色小麦的培育现状、特性、产品开发利用等方面进行概述,以期研究者提供科学参考。

收稿日期:2016-03-25

基金项目:郑州市科技局新兴产业研究与开发基金资助(153-PXX-CY186)

作者简介:张小燕,1984年出生,女,讲师。

通讯作者:高向阳,1949年出生,男,教授。

1 特殊粒色小麦的种植现状

特殊粒色小麦研究始于20世纪80年代,在我国小麦育种专家周中普的带领下,采用“化学诱变”、“物理诱变”、“远缘杂交”三结合的方式,经过10多年的艰辛努力,于2000年培育出彩色系列小麦“中普黑麦1号”、“中普绿麦1号”等多个新品种^[4],并逐渐在山西、陕西、山东、河南、河北等地得到种植和推广。2004年河南省南阳市发展计划委员会和南阳市农业局审批通过在卧龙区建立彩色小麦良种繁育基地,标志着我国彩色小麦进入了产业化项目的初步运作。虽然目前个别彩麦品种产量接近普通小麦,但大部分彩麦品种产量较低,严重制约该资源的推广应用。吕强^[5]等研究了彩色小麦与普通小麦的产量差异,指出彩麦由于子粒产量形成关键期,其光合生产能力及物质转运能力差,导致彩色小麦的产量低于普通小麦品种。

2 特殊粒色小麦的特性

2.1 物理特性

特殊粒色小麦的种皮或粉层中天然花色苷类化合物含量丰富,籽粒呈现黑色、紫色、蓝色、绿色、红色等^[6]。其含水量 10% 左右,便于贮藏,粗灰分含量较普通小麦高,达 2.41%^[7]。彩麦籽粒的长度比较大,宽度与普通小麦接近,无明显差异。各品种彩麦和普通小麦的千粒重、容重、比重之间均存在显著性差异,高向阳等^[8]指出南阳彩色小麦尤其是灰麦、蓝麦和硬质紫麦籽粒较长,属于瘦长型籽粒品种。千粒重属中等水平;容重除蓝麦外,其余都达不到一等小麦的要求;比重也比普通小麦低。谷玉娟等^[9]研究了彩麦的物理特性,指出各品种彩色小麦和普通小麦的千粒重在 31 ~ 37 g 之间,其中黑麦 3201、绿麦 3104 的千粒重低于普通小麦,紫麦 3202 的千粒重略高于普通小麦,彩色小麦的容重值均低于普通小麦。彩色小麦的粉质及面团拉伸特性与普通小麦存在显著差异,高向阳等^[10]对南阳彩色小麦面团拉伸性能及粉质进行了测定,指出彩色小麦面团形成时间为 3.3 ~ 5.7 min,面团稳定时间为 2.0 ~ 6.2 min,蓝麦的拉伸面积为 51 cm²,硬质紫麦的拉伸面积为 56 cm²,均明显低于高筋小麦的质量要求。

2.2 营养特性

2.2.1 粗蛋白和氨基酸

大部分彩麦粗蛋白和氨基酸含量均高于普通小麦。其中,灰麦蛋白质含量达 16.9%,比皖麦 38 号高 13.4%,与漯珍一号黑麦、普通小麦的氨基酸含量相比较,灰麦氨基酸种类全、含量高,必需氨基酸、半必需氨基酸和非必需氨基酸的含量分别比普通小麦高 57.5%、39.9% 和 48.3%,17 种氨基酸总含量比普通小麦高 49.1%。灰麦中的亮氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸的含量接近人体需要,营养价值较高,其中漯珍一号黑麦蛋白质含量达 17.1%,比普通小麦高 23.26%,必需氨基酸与非必需氨基酸含量平均高于普通小麦 23% 左右^[7]。绿麦蛋白质含量 17.96%,比普通小麦粉高 36%;氨基酸种类齐全,绿麦的单一氨基酸含量均高于宜兴红麦,半胱氨酸含量是红麦的 7 倍^[11]。高向阳等^[12]对南阳特殊粒色小麦部分品质指标进行初步分析表明,南阳灰

麦、蓝麦的粗蛋白含量为 16.4% ~ 17.8%,达到了国家规定的优质强筋小麦相关指标,但南阳彩麦中的赖氨酸含量普遍偏低^[13]。

2.2.2 粗脂肪和脂肪酸

彩麦的粗脂肪和脂肪酸含量与普通小麦间存在差异。高向阳等^[7]指出南阳彩色小麦的粗脂肪含量为 2.0% ~ 2.3%,比高优 503 高出 0.5 ~ 0.8 个百分点。牛磊等^[14]研究了黑小麦的营养特性及其在食品中的应用,指出黑麦中的不饱和脂肪酸多为 C_{20:4}、C_{20:5}、C_{20:6}、C_{18:1},占到总脂肪的 53%。其中,人体必需脂肪酸亚油酸和亚麻酸的含量占总脂肪酸的 20% ~ 30%,二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸约占 10%。“绿麦”的脂肪含量与标准粉、普通小麦粉、粳米粉和大麦粉的脂肪含量相比差异显著,是所测样品中最高的,干基含量为 2.80%^[15]。

2.2.3 膳食纤维

膳食纤维具有减肥降脂、控制血糖、预防心脏病和肠癌、补充植物雌激素等多种功能^[16]。黑小麦麸皮中膳食纤维固形物含量为 64.50%,其中,可溶性膳食纤维得率为 20.29%,不溶性膳食纤维得率为 37.16%^[14]。陈英等^[15]研究“绿麦”全麦粉的膳食纤维,其含量高于普通小麦全麦粉和大麦全麦粉,其中不溶性膳食纤维含量为 8.4%,可溶性膳食纤维含量为 4.1%,因此,“绿色小麦”具有一定潜在的保健价值。

2.2.4 维生素

维生素是重要的活性物质,高向阳等^[17]以南阳灰麦、蓝麦、硬质紫麦、小紫麦为材料与普通小麦“兰优 906”相对照,用国家颁布的标准方法对上述品种的维生素 A、E、B₁、B₂、C 含量进行测定。结果发现:南阳彩麦中维生素 A 的含量为 0.618 ~ 2.067 mg/g,维生素 E 为 1.14 ~ 1.88 mg/100 g,维生素 B₁ 为 0.276 ~ 0.342 mg/100 g,维生素 B₂ 为 0.161 ~ 0.202 mg/100 g,维生素 C 为 0.289 ~ 0.846 mg/100 g (灰麦未检出),南阳彩麦中维生素含量总体上比兰优 906 普通小麦高,综合其营养价值,南阳彩色小麦在产品开发和利用上有较广阔的前景。白云凤等^[18]研究指出,普通小麦“晋春九号”的脂溶性维生素 K 的含量为 7.01 mg/kg,彩色小麦中脂溶性维生素 K 的含量为 11.47 mg/kg,比前者高 63.6%。

2.2.5 矿物质

矿物质对人体正常代谢和健康起着重要的作用,彩色小麦的主要营养元素 Se、Zn、Fe、Ca 与普通小麦比较,“中普黑麦1号”和“中普绿麦1号”锌、铁、钙含量比普通小麦高,而“中普紫麦1号”则偏低。“中普绿麦1号”铁和钙的含量分别高于普通小麦 371.80% 和 102.86%,“中普紫麦1号”硒含量高 出普通白小麦 533.33%,可称为富硒小麦^[19]。高向阳等^[20]对南阳彩色小麦矿质元素进行测定发现,硬质紫麦中 K、Mg、Zn、Mn 的含量相对较高,Pb 含量相对较少;蓝麦中 Ca、Cr 和 Fe 的含量相对较高,Cu 和 Co 的含量各品种相差不大。河北培育的黑小麦品种“03Z4-439”的有机铬含量为 1.916 mg/kg,超过普通小麦约 4 倍,为“富铬黑小麦”^[21]。高向阳等^[22]研究了南阳彩麦中硒的含量及其分布,结果表明,彩麦硒含量大于普通小麦,表皮硒含量高于麦仁,紫麦硒含量最高,可作为人体日常补硒的膳食来源。并通过浓度直读法测定了南阳彩麦中的氟、钙、硝酸根、镉、铜和铅^[23-29]。朱玲^[30]的研究指出,南阳彩色小麦中的硒含量为 13.37~21.95 mg/kg。

2.2.6 花色苷

研究证实特殊粒色小麦中含有以花青素类为主的天然色素^[31-32],南阳彩麦色素为水溶性花色苷类化合物^[33]。黑粒小麦籽粒色素为花色苷类物质,蓝麦和紫麦花色苷含量显著超过普通小麦,山农绿粒小麦和红粒小麦麸皮中色素为黄酮类花色苷类化合物,蓝粒小麦籽粒糊粉层色素含矢车菊素、飞燕草素、芍药素等 8 种色素成份^[34-35];周桂娟等^[6]研究了彩麦色素的光谱特性,指出黑粒、蓝粒、紫粒小麦含有较多的花青苷类物质;王金亭^[36]研究指出黑小麦含多种花色苷,主要活性物质为花青素-3-葡萄糖苷。唐晓珍^[37]研究指出绿麦麸皮色素含有 3 种成分,分别是天竺葵色素、芍药色素、锦葵色素。

2.3 其他特性

彩色小麦的一些其他指标与普通小麦也存在差异,彩麦系列品系表现出不同的植物学性状,植株高度在 61.2~76.2 cm 之间,除“农大 3677”表现轻感病毒病外,其它品系表现抗性强,秸秆坚硬,抗倒伏能力强。彩色小麦最大的不足之处是抽穗比对照晚

5 天,成熟期比对照晚 4~5 天。高向阳^[38-42]详细研究了彩麦中砷、硒、锗、铬、铜等元素与土壤的相关性,并报道了这些元素的生物吸收比,结果表明,生物吸收比与小麦品种、土壤特性密切相关。孙灵霞等^[43]研究了南阳灰麦的食用品质,表明南阳灰麦的食用品质明显高于对照品。谢新华等^[41,44]研究了添加剂对南阳彩麦面粉的影响指出:碱面和明矾使彩麦淀粉的老化速度减慢,而葡萄糖和食盐易使之老化,脂肪酸与蓝色小麦淀粉形成的复合物可防止淀粉的老化^[45]。

3 彩色小麦开发利用

彩色小麦比普通小麦含有更丰富的营养成分,能改善人们的营养结构,提高膳食质量,是开发系列营养保健食品和优良面食的理想原料。山西省农科院和河北省馆陶县华野庄园已生产有黑小麦面粉、黑小麦富硒醋、黑小麦富铬面条、黑小麦麦片、黑小麦方便面等产品。

刘树兴等^[46]研究指出黑小麦可加工成膨化食品、焙烤食品、发酵食品等。党斌等^[47]将超微粉碎后的黑小麦麸皮按一定比例添加到黑小麦粉中,增大了其饼干制品的脆性和硬度,但韧性较差。侯娟等^[48]以紫粒小麦为主要原料,添加超微麸皮,采用优化工艺配方制作了高纤维面条,与普通面条相比,蛋白含量和粗纤维含量都有大幅提高。孙元琳等^[49]以黑麦全麦粉为原料,通过添加一定比例的小麦特一粉,制作独特风味、色泽和营养的黑小麦全麦粉馒头,为黑小麦特色谷物资源的有效增值和综合利用提供了科学依据。彩色小麦还可加工成保健型酱油、保健型醋、营养型乳酸菌饮料、功能酒、黑五谷精华素冲剂等产品^[16]。高向阳^[50]研究了南阳灰色小麦色素的变色范围与吸收光谱特性表明:灰麦色素乙醇溶液的最大吸收波长为 541 nm,变色范围为 pH 4.75-6.58,是较理想、经济的环保型酸碱指示剂,也可作为天然着色剂和抗氧化剂等食品添加剂加以开发利用。

4 主要存在的问题

特殊粒色小麦是我国宝贵的种子资源,已有近 30 年的培育历史,至今尚未进入国家及各级政府的发展战略,没有做成大产业,主要存在以下问题:

产品还未被广大消费者认知和接受,虽然业内

对彩色小麦熟而知之,但市场的占有率偏低,产品品种偏少,加之宣传不到位,很多消费者闻所未闻,更谈不上对产品特色的了解,市场消费尚未打开,严重影响相关产业链的健康发展。

产量偏低影响农民种植积极性,彩色小麦的大部分品种亩产偏低,不及普通小麦的高产品种^[5],所以,加强高产品种的培育是彩麦快速发展的重要基础。而且彩麦成熟较晚,影响夏收夏种和土地统一管理。

收购方面存在诸多问题,彩麦产品的加工只在少量企业小规模进行,农民缺乏大量统一的卖粮渠道,另外,由于彩色小麦品种多,彩色杂,会在收购、贮运、保藏、加工等过程中造成相互混杂,收购商不愿收购,或特意压低价格,影响农民种植积极性。

彩麦品质需要进一步改良。南阳彩麦中的湿面筋含量较高,但面团稳定时间、面团拉伸性能等指标不理想,一些指标既不符合优质强筋小麦,也不符合优质弱筋小麦,应加强品种的定向改良和培育^[10]。

全国性的高规格学术研讨会较少,同行之间缺乏交流和沟通,加工、种植、研究开发、相关企业品种培育等单位很多,但基本上处于各自单打独斗,交往较少,甚至互不来往,没有形成业内合力。同时,缺乏大型龙头企业的示范和有效引领作用。建议时机成熟时,组织建立全国性的彩色小麦研究和开发联盟,由农业部国家小麦中心牵头,将国内相关领域的研究力量联合起来,形成合力,分工协作,共同攻关,早出成果。

5 结语及展望

彩麦营养丰富,蛋白质和膳食纤维含量高,维生素和矿物质种类齐全,作为我国新型的谷物资源,有巨大的开发潜力。目前,研究仍处于起始阶段,若对彩麦的遗传机理、产量提高、品质改良和分析、品种培育和试验领域进行系统大合作研究,可在增加彩麦产品附加值及提高产品营养功能性的同时,有效地改善人们的饮食结构。鉴于彩麦独特的营养品质性状,可以开发系列营养食品:一是丰富面粉品种,以不同的包装和等级形式进入市场,改造或替代普通面粉;二是开发新型食品,利用籽粒特殊色泽的特

点,增加市场的花色品种,加工彩色麦仁、麦片、挂面、彩麦包子、彩麦饺子等产品,满足人们多彩的生活需求;三是提供农产品深加工原料,可作为酿酒、酿醋和营养保健品等行业的原料,生产新的食品品种。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,一些具有营养保健功能的安全食品越来越受到消费者的青睐。因此,种植彩色小麦,符合当前的消费潮流,对增加农民和食品企业的收益,满足广大消费者的需求有重要的意义,特殊粒色小麦领域有着广阔的市场发展前景。

参考文献:

- [1] 要萍,于金侠. 功能性黑色食品的研究与开发[J]. 粮油食品科技,2010,18(1):5-7.
- [2] 陈志成. 小麦新资源与特色营养食品[J]. 粮食加工,2008,33(4):15-17.
- [3] 李金良,李金榜,李中恒,等. 特殊粒色小麦研究概述[J]. 中国种业,2003(5):34-35.
- [4] 黄玮. 彩色小麦遗传多样性与籽粒色素含量遗传分析[D]. 泰安:山东农业大学,2012.
- [5] 吕强,熊瑛,马超,等. 彩色小麦与普通小麦产量形成差异及其生理基础研究[J]. 作物杂志,2008(1):41-43.
- [6] 周桂娟,王坤,刘佳明,等. 彩色小麦色素的光谱及抗氧化特性[J]. 中国农学通报,2011,27(5):109-114.
- [7] 高向阳,宋莲军,黄勇,等. 南阳彩色小麦营养成分的初步研究[J]. 河南农业大学学报,2003,37(4):331-334.
- [8] 高向阳,赵秋艳,冉慧慧,等. 南阳彩色小麦籽粒性状分析初报[J]. 麦类作物学报,2006,26(3):164-165.
- [9] 谷玉娟,陈志成,苏东民. 彩色小麦的理化特性及麸皮粉的品质评价[J]. 食品安全质量检测学报,2015,6(6):2262-2268.
- [10] 高向阳,王翠,冉慧慧,等. 南阳彩色小麦面团拉伸性能测定及粉质评价研究初报[J]. 食品科学,2006,27(10):32-35.
- [11] 时玉晴,苏东民,陈志成. 彩色小麦品质特性及其开发应用[J]. 粮食与油脂,2014,27(11):1-4.
- [12] 高向阳,冉慧慧,王翠,等. 南阳特殊粒色小麦部分品质指标的初步分析[J]. 麦类作物学报,2006,26(4):161-163.
- [13] 高向阳,黄晓书,张斌. 南阳彩色小麦中氨基酸含量的研究及初步分析[J]. 粮食储藏,2007,36(4):42-45,48.
- [14] 牛磊,吕银德,朱永义. 黑小麦的营养特性及其在食品中的应用[J]. 粮食与饲料工业,2006,(12):11-13.
- [15] 陈英,张海华,朱科学. “绿色小麦”的化学组成分析[J]. 食品工业科技,2010,31(1):358-360.
- [16] 魏壹纯,陈志成. 彩色小麦营养成分及应用的研究进展[J]. 食品科技,2015,22(2):53-60.
- [17] 高向阳,冯晓枝,孙灵霞,等. 南阳彩色小麦中维生素含量的研

- 究初报[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(11): 2355 - 2357.
- [18] 白云凤, 李文德, 孙善澄, 等. 黑粒小麦 76 号的营养品质及其几个理化特性[J]. 中国粮油学报, 2000, 15(2): 6 - 9.
- [19] 陈志成. 彩色小麦主要理化参数的分布分析及分层制粉技术研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(29): 107 - 113.
- [20] 高向阳, 宋莲军, 王振, 等. 微波消解原子吸收法在南阳彩麦矿物质元素测定中的应用[J]. 河南农业大学学报, 2005, 39(4): 365 - 367.
- [21] 武京学, 佟祥冬, 汪文芬, 等. 馆陶县黑小麦的营养及药效分析[J]. 中国现代药物应用, 2014, 8(16): 247 - 248.
- [22] 高向阳, 高道竹, 朱盈蕊, 等. 南阳彩色小麦中微量硒的测定[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(6): 67 - 70.
- [23] 高向阳, 宋莲军, 乔明武, 等. 南阳彩色小麦中微量氟的分布及浓度直读快速分析方法研究[J]. 食品科学, 2005, 26(11): 187 - 189.
- [24] 高向阳, 范彩玲, 王翠, 等. 微波消解—浓度直读法快速测定南阳彩色小麦中的微量钙[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(6): 1048 - 1049, 1051.
- [25] 高向阳, 冉慧慧, 陈启航. 标准加入直读法快速测定南阳彩色小麦面粉中硝酸根的研究[J]. 粮食储藏, 2006, 35(6): 39 - 41, 54.
- [26] 高向阳, 陈启航, 冉慧慧, 等. 微波溶样快速测定南阳彩色小麦面粉中微量铜[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(7): 1893 - 1894, 1896.
- [27] 高向阳, 冉慧慧, 王坤, 等. 南阳彩色小麦面粉中微量铜的快速测定方法[J]. 食品科学, 2007, 28(6): 274 - 277.
- [28] 宫安晶, 乔明武, 高向阳, 等. 标准加入直读法快速测定南阳彩色小麦中的铜[J]. 河南科学, 2008, 26(8): 920 - 923.
- [29] 高向阳, 谢新华, 冉慧慧, 等. 南阳彩色小麦中微量铅的快速测定技术[J]. 农业工程学报, 2008, 24(11): 292 - 294.
- [30] 朱玲, 高向阳, 王金鹏. 微波高压快速消解—紫外分光光度法测定南阳彩色小麦中的微量元素硒[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(23): 6093 - 6095, 6097.
- [31] Hosseinian F S, Li W, Beta T. Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat[J]. Food Chemistry, 2008, 109(4): 916 - 924.
- [32] Tang X Z, Dong Y X, Wei S Q, et al. Antioxidant activity of pigment extracted from green - wheat - bran[J]. Agricultural Science in China, 2010, 9(6): 825 - 832.
- [33] 高向阳, 柳艳霞, 冉慧慧, 等. 南阳彩色小麦天然色素的提取及其理化性质研究[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(6): 990 - 991.
- [34] Hu C, Cai Y Z, Li W, et al. Anthocyanin characterization and bioactivity assessment of a dark blue grained wheat (Triticum aestivum L. cv. Hedong Wumai) extract[J]. Food Chemistry, 2007, 104(3): 955 - 961.
- [35] 李伟. 黑粒小麦麸皮中花色苷组分的分离、鉴定及抗氧化功能的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- [36] 王金亭. 天然黑小麦色素研究进展[J]. 粮食与油脂, 2013, 26(3): 45 - 48.
- [37] 唐晓珍. 彩粒小麦营养加工品质与色素研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2008.
- [38] 高向阳, 陈启航, 张莉莎. 微波压力消解—原子荧光法测定土壤及其小麦中有害元素砷的研究[J]. 河南科学, 2007, 25(6): 911 - 914.
- [39] 高向阳, 高新真, 朱盈蕊. 微波消解—断续流动—双道原子荧光光谱法测定南阳彩色小麦中的砷[J]. 食品科学, 2013, 34(12): 261 - 264.
- [40] 高向阳, 高道竹, 王长青, 等. 微波消解—石墨炉原子吸收法测定小麦中锆的生物吸收比[J]. 食品科学, 2014, 35(8): 249 - 252.
- [41] 高向阳, 高道竹, 朱盈蕊, 等. 微波消解—流动注射化学发光法测定小麦中的铬及其生物吸收比[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(3): 62 - 65.
- [42] 高向阳, 朱盈蕊, 高道竹, 等. 固定时间—加标浓度直读法快速测定小麦中铜的生物吸收比[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(4): 70 - 74.
- [43] 孙灵霞, 高向阳, 赵改名. 南阳灰麦食用品质的研究[J]. 浙江农业科学, 2010, (1): 96 - 98.
- [44] 谢新华, 高向阳. 食品添加剂对南阳彩色小麦淀粉糊化黏度特性的影响[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(2): 252 - 255.
- [45] 谢新华, 高向阳. 淀粉—脂类复合物对蓝色小麦淀粉流变性的影响[J]. 麦类作物学报, 2011, 31(1): 60 - 63.
- [46] 刘树兴, 王旭, 屈槽峰. 黑小麦营养评价及其加工[J]. 粮食与油脂, 2002, (10): 33 - 35.
- [47] 党斌, 杨希娟, 张国权. 超微黑小麦麸皮粉与黑小麦面粉混合粉加工品质特性研究[J]. 粮食与油脂, 2010, (9): 20 - 23.
- [48] 侯娟, 秦礼康. 紫粒小麦高纤面条工艺优化[J]. 农产品加工, 2013, (2): 26 - 27.
- [49] 孙元琳, 崔璨, 张陇清, 等. 黑小麦全麦粉的面团流变学特性及馒头品质的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(10): 146 - 149.
- [50] 高向阳, 朱盈蕊, 高道竹, 等. 南阳灰色小麦色素的变色范围与吸收光谱特性[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(5): 68 - 71. ☞