

杂粮面条改良技术研究进展

闫美姣¹, 李云龙², 仪鑫², 范三红¹, 孙元琳^{3*}

1(山西大学 生命科学学院, 山西 太原, 030006) 2(山西省农科院农产品加工研究所, 山西 太原, 030031)

3(运城学院 生命科学系, 山西 运城, 044000)

摘要 近年来, 由于杂粮突出的营养价值和健康作用被消费者所认可, 杂粮面条成为了食品行业研究和开发的热点。由于杂粮粉形成面筋网络能力较差, 进而影响杂粮面条的品质, 因此可在杂粮面条研究中使用一些无机盐类、面条增稠剂、营养强化剂、酶制剂等改良剂来提高杂粮面条的结构、风味和口感, 也可以采用预糊化、面团发酵和真空和面等改良方法来强化面团结构, 改善杂粮面条的感官和食用品质。针对杂粮面条制作过程中改良剂的使用和杂粮面条品质改良方法的应用的研究进展进行了分析、整理和归纳, 并探讨了杂粮面条的现存问题以及发展前景, 以期为提高杂粮面条品质提供一定参考。

关键词 杂粮面条; 改良剂; 改良方法

杂粮是小品种谷物、小品种豆类以及薯类的总称, 主要包括小米、大麦、荞麦、燕麦、高粱、绿豆、豌豆、黑豆、紫薯等^[1]。杂粮中富含蛋白质、不饱和脂肪酸、膳食纤维、多种维生素和矿物质, 是良好的营养强化原料。

随着人类生活水平的提高, 糖尿病、高血压、高血脂等代谢异常类慢性病已越来越影响人类健康。而在疾病预防与营养上, 杂粮的营养成分与生理活性物质的协同增效作用远远优于精加工食物。目前市场上的杂粮食品主要有杂粮面条、杂粮糕点、可冲调杂粮面糊、杂粮豆浆、杂粮茶、杂粮酸奶等。面条是中国的传统主食, 制作简单, 食用方法多样, 深受人们喜爱^[2], 但由于杂粮本身没有面筋蛋白, 在加工杂粮面条过程中, 为了提高面条的烹调、感官品质, 往往需要添加部分的面条改良剂。本文阐述了目前杂粮面条加工过程中改良剂和面条品质改良技术的研究进展, 以为后续杂粮面条的研究提供参考。

1 杂粮面条的品质改良剂

由于杂粮粉不含面筋蛋白, 较难形成稳定的网络结构, 当面条中杂粮含量增大时, 面条的润滑度、弹性、咀嚼性以及面条的风味、口感都会有所下降, 煮熟

的面条比较容易混汤, 蒸煮损失率升高, 营养损失较多, 不利于人体吸收。为了提高杂粮面条的营养价值和食用品质, 可以在面条制作过程中加入面条改良剂来增加杂粮含量并保证杂粮面条的色泽、风味、口感。目前常用的面条改良剂有无机盐类、增稠剂、酶制剂、营养强化剂等。

1.1 无机盐类

无机盐类面条改良剂一般为食盐、碱类和复合磷酸盐。食盐可以提高面条的糊化度并且降低面条的断条率; 碱类能够增强面团中湿面筋的黏弹性和延伸性; 复合磷酸盐不仅可以通过降低水的硬度来提高和面效果, 还可以在面筋蛋白和淀粉之间进行架桥结合, 强化面筋结构, 改善面条口感^[3], 复合磷酸盐一般与碱类结合使用来调节面条的持水性、黏弹性和酸碱缓冲性。陈霞等^[4]研究发现, 食盐对面条的质构和蒸煮品质均产生了显著影响, 当食盐的添加量为0.75%时, 面条整体品质最佳, 并发现, 随着食盐添加量的增加, 面条的吸水率升高, 蒸煮损失率下降, 面条的硬度、胶黏性、黏结性显著增大, 改善了面条的质构。

1.2 面条增稠剂

面条增稠剂主要包括食品胶类和变性淀粉。食品胶类主要为黄原胶、瓜尔豆胶、沙蒿胶、卡拉胶、魔芋粉、海藻酸钠等, 其中沙蒿胶尤其适用于不含面筋的燕麦、荞麦等杂粮。食品胶可以与面筋网络交叉贯穿, 形成稳定的网络结构, 增加面团拉伸特性, 减少面条断条。石磊等^[5]研究发现在苦荞面条中添加沙蒿

第一作者: 硕士研究生(孙元琳教授为通讯作者, E-mail: sylwts@aliyun.com)。

基金项目: 国家现代农业(燕麦荞麦)产业体系建设专项(CAR S-08-E-2); 山西省重点研发计划重点项目(201703D211001-06-02); 山西省重点研发计划项目(201803D221013-2)

收稿日期: 2018-10-22, 改回日期: 2019-01-18

胶、瓜尔豆胶、魔芋粉均可降低面条的蒸煮损失率和断条率,其中沙蒿胶的效果最好。宋莲军等^[6]在面条中加入 0.5% 黄原胶和 1.0% 羧甲基纤维素钠,使制得的苦荞面条中苦荞含量达到了 50%,且面条弹性好,断条率低。

淀粉是面条制作中用量最大的改良剂,常用的淀粉有小麦淀粉、玉米淀粉、马铃薯(变性)淀粉、木薯(变性)淀粉等,研究发现,变性淀粉与其原淀粉相比,糊化温度低、黏度大、更易与面筋形成致密的网络结构,减少面条蒸煮后的营养损失^[7]。岳晓霞等^[8]通过研究发现,玉米变性淀粉与玉米淀粉相比,淀粉极性增强,亲水能力好,还具有较高的膨胀度、透明度以及良好的冻融稳定性和抗凝结性。李丽^[9]研究发现木薯(118C)和马铃薯(017B)醋酸酯淀粉均可增强面团的强度和拉伸特性,提高荞麦挂面的吸水率,降低面条蒸煮损失,增强荞麦挂面的蒸煮品质。

1.3 营养强化剂

营养强化剂一般有小麦蛋白、蛋清、酪蛋白、大豆蛋白等。由于杂粮粉中面筋蛋白含量少,面团弹力不够,面条难以成型,加入这些营养强化剂可显著增加面条中蛋白质的含量,提高杂粮粉的比例,促进面筋网络结构的形成,增大面条硬度,改善面条品质。

小麦蛋白又称谷朊粉,是制作杂粮面条时常见的添加剂,可以增加面粉中的面筋蛋白,改变面团的流变学特性。高维等^[10-11]在纯绿豆粉中添加 15% 谷朊粉,和面水温 30 ℃、微波去腥 3 min 所制作的纯绿豆面条感官品质最佳;以苦荞粉和谷朊粉为实验原料制作的荞麦面条中苦荞含量高达 90%。蛋清是一种很好的纯天然面条改良剂,具有良好的乳化性和起泡性,可以有效增加面条的爽滑性和可泡性,还可以改善面条的色香味形,酪蛋白可以代替蛋清来增加面条的吸水性,减少蒸煮损失。李向阳等^[12]发现,适量的大豆蛋白可以增加挂面的吸水率和最佳蒸煮时间,减少挂面蒸煮损失,改善挂面的品质。

1.4 酶制剂

酶制剂是一种绿色环保的食品添加剂,包括谷氨酰胺转氨酶、葡萄糖氧化酶、木聚糖酶、脂肪酶等,在面条中加入酶制剂可以增强面团筋力,改善面筋网络结构,提高面条的品质。葡萄糖氧化酶和脂肪酶能够将面筋蛋白中的硫醇基氧化为二硫键,增强面筋强度和面团弹性^[13]。单成俊等^[14]的实验表明,在面粉中添加 40 mg/kg 葡萄糖氧化酶或 60 mg/kg 脂肪酶都可改良面条的品质,且二者具有协同作用。转谷氨酰

胺酶可使面团中蛋白质发生交联,稳定面团结构并增加面团保气性,改善新鲜面条筋力,显著增加熟面条的硬度、拉断力和拉伸距离,降低面条的蒸煮损失^[15]。靳志强等^[16]研究发现转谷氨酰胺酶能更好地将淀粉颗粒包裹在面团结构中,降低小米面条的蒸煮损失并且能够提高面条弹性,延长储存时间。

1.5 复合改良剂

由于不同种类的面条改良剂的作用原理不同,将无机盐类、增稠剂、营养强化剂、酶制剂等改良剂复配使用,可以使不同改良剂的单一改良效果综合起来,更好地改善杂粮面条的品质。刘亚丽等^[17]通过研究得出,面条最佳复合改良剂配方为 100 g 面粉中添加 12.50 g 复合卡拉胶、52.08 g 海藻酸钠、20.83 g 聚丙烯酸钠、14.58 g 复合磷酸盐,添加了最佳配方的复合改良剂的面条感官评价和质构评分较高,说明复合改良剂可显著提高面条品质。任欣等^[18]在对青稞全粉面条的品质改进过程中发现,由 71% 藏青 320 青稞全粉、12% 谷朊粉、2% NaCl、15% 马铃薯淀粉所制得的青稞面条有良好的适口性和咀嚼性,表面光滑,品质最佳。梁卓然等^[19]在面粉中添加 20% 红稗、4% 鸡蛋、2% 食盐和 0.2% 海藻酸钠得到的红稗面条的色泽、口感、韧性、光滑性等都有改善。

2 杂粮面条的品质改良方法

压延法是市售生鲜面条的传统制作方法,主要工序有和面、熟化、压延和切条,由于杂粮粉的粉质特性影响,采用压延法制作杂粮面条时,杂粮面条中的杂粮比例一般不超过 30%。若增大面条中的杂粮含量,面团的弹性、延展性和可塑性都会下降,影响杂粮面条的后续加工,面条容易出现成型难、易断条、表面不光滑、蒸煮损失过多等现象影响杂粮面条的品质和口感。为了更好地利用杂粮面条中所含杂粮的营养功能,满足消费者对杂粮面条的口感以及质量的要求,可以通过改良杂粮面条的制作工艺来提高杂粮面条的品质。

2.1 杂粮粉的预糊化

淀粉预糊化是指在水或亲水溶剂存在的条件下对原淀粉进行加热,使其分子间氢键断裂,破坏原淀粉的胶束结构,进而改变其物理特性^[20],常用的预糊化方法有蒸制法、滚筒干燥法和挤压膨化法^[21]。杂粮粉中面筋含量虽少,但淀粉含量相对较多,对其进行预糊化后可以增加杂粮粉的吸水性、膨胀性、胶凝性和黏弹性,促进膳食纤维溶解,强化面条结构,改进

风味。孙晓静等^[22]对挤压预处理后的苦荞面团的流变性进行了研究后发现,预糊化可以增强苦荞面团的结合力,并且能够降低苦荞面团的苦味。张海芳等^[23]在预糊化加水量 15%,预糊化时间 2.5 min,预糊化和面温度 45 ℃ 的条件下对荞麦粉进行蒸制预糊化后,按 30% 的比例添加到小麦粉中,研制出了无需添加任何面条改良剂的速冻荞麦面条。张敏等^[24]研究发现,青稞粉经预糊化后淀粉的稳定性有所增加,所制得的青稞面条青稞含量达到 60%,吸水性好且蒸煮损失较少。

2.2 自然发酵

自然发酵可以改变杂粮淀粉的化学成分及结构,增强淀粉的胶凝强度和面团弹性和延展性,赋予面条特殊的发酵风味,改善杂粮面条的感官和食用品质^[25]。韩立宏等^[26]研究发现,自然发酵能够增加荞麦淀粉的膨胀度和溶解度,加快糊化过程中淀粉颗粒的膨胀速度和直链淀粉的溶出速度,增强发酵荞麦面条的凝胶强度,使面条结构更加紧密。侯普馨等^[27]在小麦粉中加入 40% 玉米粉作为发酵原料,添加 60% 水、12% 谷朊粉、0.8% 酵母,在发酵时间为 3.5 h、醒发时间为 40 min 的条件下生产的玉米发酵面条具有较好的弹性、韧性和适口性,并且拥有浓郁的玉米香味。

2.3 真空和面

和面是指将含有杂粮粉和小麦粉的混合粉在有水的参与下在和面装置中搅拌揉搓成面团的过程,可以使面粉中的面筋蛋白充分吸水形成面筋网络结构,同时淀粉也吸水膨胀,使面粉形成相互黏连,具有弹性、延伸性和可塑性的面团以便于面条的后续成型操作^[28]。

普通的和面方式都是在常压下进行操作,制作的面条质地比较疏松且弹性较差。如果使用普通的和面方法制作高含量的杂粮面条时,则会出现面团松散或难以成团的现象,无法进行后续加工。真空和面是一种新的和面方式,能够在真空负压状态下将面粉和水进行混合搅拌,促使水分加速溶入到面粉颗粒中,促进面筋结构的形成,改善面团的延展性和可塑性,使面条具有紧密的结构,提高面条质量^[29]。骆丽君等^[30]通过实验得出,真空和面可以使生鲜面条的颜色更加鲜亮,提高熟面条的硬度和弹性;刘锐等^[31]的研究结果表明,真空和面能显著提升生鲜面、冷藏面的感官质量,减少面条的蒸煮损失。单珊^[32]制作紫薯面条时发现,真空和面可以使面筋网络结构更加紧

密,使淀粉颗粒更好地包裹在面筋蛋白中,改善紫薯面条的颜色和蒸煮品质。

2.4 挤压成型

在面条制作过程中,面条的成型工艺对面条外形、颜色以及口感都有一定影响。传统加工工艺中,主要通过压延操作将和好的面团压成具有一定厚度的面片,使面团中的面筋形成精密的网状结构,在面带中均匀分布,然后再切条,将面片切成表面光滑,厚度均匀,宽度一致的面条。但是,杂粮中结构蛋白含量少,压延工艺并不适用于杂粮面条的制作,要想提高杂粮面条中杂粮的含量并保证面条紧密、光洁、有弹性的结构组织,使用传统的加工方式很难达到,因此需要寻找更为合适、有效的方法来改良杂粮面条的成型环节。

食品挤压技术是将物料混合、搅拌、破碎、加热、蒸煮、杀菌、膨化及成型融为一体的新型技术^[33]。挤压制面是将配料与适量水混合后揉搓成可手握成团、一碰就散的面团,送入挤压机入料口,通过对物料的摩擦、剪切作用使物料形成均匀、紧密的组织结构^[34]。通过挤压技术可以促进面条内淀粉糊化、提高蛋白质消化率、增加杂粮面条中杂粮的含量、强化面条结构,从而提高杂粮面条的质量^[35]。樊环环等^[36]以具有保健功能的苦荞与海带为试验材料,在苦荞粉中添加 7.97% 海带粉、98.80% 水、1% 盐,50 ℃ 醒发 29 min,通过挤压技术所制作的苦荞海带面条品质好,煮制损失率小。

杂粮挤压面条加工过程中,原料含水量、进料量、螺杆转速和挤压温度等参数都会影响到杂粮面条的品质,因此,挤压参数的控制对杂粮面条的生产也至关重要。魏益民等^[37]研究发现,原料含水量和挤压温度对荞麦挤压面条和玉米挤压面条的蒸煮品质都产生影响,当挤压温度与杂粮淀粉最大糊化温度相近时,挤压面条的品质较好。高峰等^[38]运用挤压非膨化法制作荞麦方便面时发现,挤压温度低于 95 ℃ 时,荞麦方便面容易断条和混汤;挤压温度高于 95 ℃ 时,面条复水时间长,在 100 ℃ 时会出现酥条现象,最终确定最佳制作工艺为:螺杆转速(主频) 18 Hz、挤压温度 95 ℃、原料加水量 36%、挤压后蒸制 4 min。

在众多工艺参数中,挤压温度的控制尤为重要,当挤压温度较低时,挤压出来的面条会有夹生感;若挤压温度过高,则会破坏杂粮面条的功能成分,降低面条营养品质,为了保证杂粮面条中营养成分和活性物质的保存率和吸收率,可以采用水冷循环的方法来

降低物料挤压成型过程中的温度,使杂粮面条在较低的温度下挤压成型,也就是冷挤压。冷挤压可以有效避免面条复水后的黏连现象,提高杂粮面条的食用品质。

3 杂粮面条的现存问题及发展前景

目前市场上销售的杂粮面条种类较少,且所含杂粮含量不高,不足以满足消费者的需求,因此在杂粮面条改良剂和改良方法的研究上还有很大空间;杂粮面条工业化生产能力较弱,有品质保障的品牌企业不多,保证不了杂粮面条的质量水平;我国对杂粮面条的标准化和质量监控不够完善,导致很多低质量的杂粮面条流入市场,鱼目混珠,欺骗消费者。

随着消费者对杂粮的认识和对健康饮食的重视,杂粮面条的需求量会越来越大,消费者对杂粮面条的品质要求也会越来越高。在以后的杂粮面条研究中需丰富杂粮面条的种类,为消费者提供更多的选择;研制更适合杂粮面条的优良、天然的改良剂,优化杂粮面条的生产工艺,提高杂粮面条中杂粮的含量以及面条的品质;不断完善相关国家标准,规范杂粮面条的制作。

参 考 文 献

- [1] 沙敏,武拉平. 杂粮研究现状与趋势[J]. 农业展望, 2015, 11(2): 53-56;60.
- [2] 彭伟,周惠明,朱科学,等. 杂粮面条研究进展[J]. 粮食与食品工业, 2014, 21(2): 12-14.
- [3] ZHOU Y, HOU G G. Effects of phosphate salts on the pH values and rapid visco analyser (RVA) pasting parameters of wheat flour suspensions[J]. Cereal Chemistry, 2012, 89(1): 38-43.
- [4] 陈霞,王文琪,朱在勤,等. 食盐对面粉糊化特性及面条品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(2): 98-101.
- [5] 石磊,周柏玲,孟婷婷,等. 增筋剂对苦荞面条品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2014, 22(2): 9-21.
- [6] 宋莲军,赵秋艳,乔明武,等. 高含量荞麦面条的品质改良研究[J]. 粮食与饲料工业, 2008(2): 32-33.
- [7] 张豫辉,陆启玉. 淀粉及其结构、性质对面条品质影响的研究进展[J]. 粮食与油脂, 2014, 27(12): 20-23.
- [8] 岳晓霞,毛迪锐,赵全,等. 玉米淀粉与玉米变性淀粉性质比较研究[J]. 食品科学, 2005, 26(5): 116-118.
- [9] 李丽. 醋酸酯变性淀粉对苦荞一小麦混合粉加工特性的影响研究[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2013.
- [10] 高维,刘刚. 纯荞麦面条制作工艺研究[J]. 粮食科技与经济, 2016, 41(3): 64-66.
- [11] 高维. 纯绿豆面条的制作工艺研究[J]. 粮食科技与经济, 2016, 41(1): 56-58.
- [12] 李向阳,刘传富,刁恩杰,等. 大豆分离蛋白对面团特性及挂面品质的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(9): 19-22.
- [13] STEFFOLANI M E, RIBOTTA P D, PEREZ G T, et al. Effect of glucose oxidase, transglutaminase, and pentosanase on wheat proteins: Relationship with dough properties and bread-making quality[J]. Journal of Cereal Science, 2010, 51(3): 366-373.
- [14] 单成俊,周剑忠. 葡萄糖氧化酶和脂肪酶对面条品质的影响研究[J]. 江西农业学报, 2008, 20(10): 65-67.
- [15] EDWARDS N M, BILIADERIS C G, DEXTER J E. Textural characteristics of whole wheat pasta and pasta containing non-starch polysaccharides[J]. Journal of Food Science, 1995, 60(6): 1321-1324.
- [16] 靳志强,白变霞,赵晋峰,等. 谷氨酰胺转氨酶对小米制面性能及淀粉体外消化的影响[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(1): 26-32.
- [17] 刘亚丽,叶玉稳,胡国华. 复合改良剂在面条中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2018(3): 148-154.
- [18] 任欣,闫淑琴,沈群. 青稞全粉面条品质改进研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(21): 115-118;123.
- [19] 梁卓然,苏伟,母应春. 挤压红稗营养面条的加工工艺研究[J]. 食品科技, 2014, 39(2): 162-166.
- [20] 郭玉. 预糊化淀粉的制备及其在冷冻面条中的应用[D]. 郑州:河南工业大学, 2013.
- [21] 刘少广,邹恩坤,张立军. 预糊化小麦粉的热力学和糊化特性研究[J]. 粮食与食品工业, 2017, 24(6): 73-77.
- [22] 孙晓静,彭飞,许妍妍,等. 挤压预糊化对苦荞面团流变学性质及芦丁降解的影响[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(6): 46-51.
- [23] 张海芳,栗丽萍,赵丽芹,等. 预糊化对速冻荞麦面条品质的影响[J]. 北方农业学报, 2012(6): 38-39.
- [24] 张敏,刘明,谭斌,等. 青稞挤压改性处理及青稞面条的试验研究[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(2): 62-67.
- [25] 王磊鑫,吕莹果,陈洁,等. 发酵拉制面条发酵工艺及品质研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018, 39(6): 36-40;46.
- [26] 韩立宏,郝学良,程永强,等. 自然发酵对荞麦挤压面条拉伸性能的影响效应研究[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(4): 28-31.

- [27] 侯普馨, 靳焯, 侯艳茹, 等. 玉米发酵面条的研制[J]. 食品科技, 2018(3): 154-158.
- [28] 杨玉玲. 不同和面方式对面团流变特性和面条品质的影响[D]. 郑州:河南工业大学, 2018.
- [29] LI M, LUO L J, ZHU K X, et al. Effect of vacuum mixing on the quality characteristics of fresh noodles [J]. Journal of Food Engineering, 2012, 110(4):525-531.
- [30] 骆丽君, 李曼, 朱红卫, 等. 真空和面对生鲜面品质特性的影响研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(3): 129-131.
- [31] 刘锐, 任晓龙, 邢亚楠, 等. 真空和面工艺对面条质量的影响及参数优化[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(9): 6-12.
- [32] 单珊. 紫薯—小麦混合粉的性质及面条品质研究[D]. 无锡:江南大学, 2012.
- [33] 刘兴信. 挤压技术在谷物加工中的应用[J]. 粮油食品科技, 2011, 19(2): 1-5.
- [34] 刘章武, 雪芳军, 武军. 挤压法生产玉米面条的工艺探讨[J]. 粮食与饲料工业, 2001(10): 42-43.
- [35] MUKHOPADHYAY N, BANDYOPADHYAY S. Extrusion cooking technology employed to reduce the anti-nutritional factor tannin in sesame (Sesamum indicum) meal [J]. Journal of Food Engineering, 2003, 56(2-3): 201-202.
- [36] 樊环环, 牛晓峰, 王丽静, 等. 苦荞海带挤压湿面条研制及其抗氧化性[J]. 食品工业科技, 2016, 37(8): 276-280.
- [37] 魏益民, 张明晶, 王锋, 等. 荞麦和玉米面条挤压生产工艺探讨[J]. 中国粮油学报, 2004, 19(6): 39-42.
- [38] 高峰, 陈洁, 王春, 等. 荞麦方便面的研究[J]. 食品科技, 2009(7): 131-134.

Research progress on improved technology for producing non-staple-cereal noodles

YAN Meijiao¹, LI Yunlong², YI Xin², FAN Sanhong¹, SUN Yuanlin^{3*}

1(College of Life Sciences, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)2(Institute of Agricultural Products Processing, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China)3(College of Life Science, Yuncheng University, Yuncheng 044000, China)

ABSTRACT In recent years, as the outstanding nutritional values and health effects of cereals have been recognized by consumers, cereal noodles have been popular among food industries for research and development. Due to the poor gluten network formed by miscellaneous grain flour, the quality of cereal noodles is affected. It has been found that some inorganic salts, noodle thickeners, nutritional fortifiers, enzyme preparations can be used as modifiers to improve the structure, flavor and taste of cereal noodles. In addition, improved methods such as pre-gelatinization, dough fermentation, and vacuum mixing can be used to enhance the dough structure and improve the sensory and mouth feel quality of cereal noodles. The research progress on using modifiers and applying quality improvement methods when producing cereal noodles was reviewed, and existing problems and development prospects of cereal noodles were discussed in order to provide some references for improving their quality.

Key words cereal noodles; modifiers; improved methods