

挂面生产工艺及设备研发进展

A review of production technology and equipment of dried Chinese noodle

刘 锐^{1,2,3} 张影全¹ 武 亮¹ 邢亚楠² 魏益民¹

LIU Rui^{1,2,3} ZHANG Ying-quan¹ WU Liang¹ XING Ya-nan² WEI Yi-min¹

(1. 中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193; 2. 河北金沙河食品产业技术研究院, 北京 100068;
3. 农业部食物与营养发展研究所, 北京 100081)

(1. *Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agriculture Science, Beijing 100193, China;*
2. *Hebei Jinshahe Institute of Food Industrial Technology, Beijing 100068, China;*
3. *Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China*)

摘要:中国挂面生产设备和工艺水平快速提高,已初步具备现代食品工业的特征。文章系统阐述了挂面生产工艺及其主要技术参数,介绍了各工艺环节的不同设备及其应用特点,分析了各工艺环节影响产品质量的主要因素,展望了中国挂面生产设备与技术研发方向。

关键词:挂面;设备;和面;熟化;压延;干燥

Abstract: The level of process and production equipment of dried Chinese noodle already has the characteristics of the modern food industry. This paper systematically states the dried noodle producing process and main technological parameters. And the characteristics and application of various types of equipments were also introduced. Furthermore, the main factors affecting noodle quality were analyzed. Finally, the development of processing technology and equipment of dried noodle was prospected.

Keywords: dried Chinese noodle; equipment; dough mixing; resting; sheeting; noodle drying

挂面是中国传统主食,也是产值较大的面制品之一。近年来中国挂面产量持续增加^[1],2014 年挂面总产量逾 600 万 t,约消化全国 10% 的小麦粉^[2]。

中国挂面加工技术从最初的手工制作、半机械化生产已发展成为现在的大批量自动化生产^{[3][4-5]}。近年来,消费者对挂面质量有了更高的要求,同时生产企业对自动化设备也有了更迫切的需求。为此,挂面生产企业不断优化工艺,设备制造企业在不断改进和创新制面设备。中国挂面生产

设备和工艺水平快速提高,已初步具备现代食品工业的特征。然而,挂面生产过程的智能化和高效化尚未实现,整条生产线的自动化程度和工艺水平还有待进一步提高。

挂面生产工艺主要包括和面、压延、熟化、干燥等,每一道工序均对生产过程和产品质量有重要影响。本文综述了挂面生产工艺与设备发展现状及其对产品质量的影响,以期开展工艺研究、设计和制造制面设备、提高生产水平提供理论和技术参考。

1 和面工艺及设备

和面工序是面条生产的关键环节,其过程是使小麦粉与水在适当强度的搅拌下均匀混合,形成面团。在面团制作过程中,随着水分的渗入,通过机械搅拌作用和二硫键交联,谷蛋白肽链伸展呈线状,线性谷蛋白分子相互缠结,醇溶蛋白填充其中^[6]。挂面工业生产中的面团是一种含水率仅为 30%~35% 的松散絮状物。挂面和面工艺要求制作的面团吸水适当、均匀,颗粒松散、大小一致,面筋的黏弹性和延展性适宜^{[7][68][8]}。

1.1 和面设备

挂面工业生产中,和面设备有立式、卧式、单轴、双轴、高速连续及真空(非连续和连续)和面机等多种类型。

(1) 双轴卧式和面机:这是中国挂面生产企业中最常用的和面机型,根据其搅拌杆构型,可分为棒状搅拌杆、角度桨叶状搅拌杆、曲线状搅拌桨等。刘锐等^[9]研究表明,棒状杆在搅拌时只能使小麦粉做圆周运动,轴向运动能力弱,和面均匀性有待提高;角度桨叶状搅拌杆可提供较好的和面效果,和面均匀,面筋形成也较为充分,面条硬度大、咀嚼性较好。

(2) 曲线状搅拌桨和面机:该机模仿人手工和面动作设计,能对面团起揉搓和捏合等作用;搅拌速度控制在 20 r/min 左右,避免了对面团中面筋质破坏性的剪切作用和

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303070);现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-03)

作者简介:刘锐,男,农业部食物与营养发展研究所助理研究员,博士。

通讯作者:魏益民(1957—),男,中国农业科学院农产品加工研究所教授,博士。E-mail: weiyimin36@hotmail.com

收稿日期:2015—11—20

升温,因此,其和面时间较长,约需 30 min^[10]。由于制造成本和运行效率等问题,卧式曲线状搅拌浆和面机在中国挂面生产企业中应用很少。

(3) 高速连续和面机:小麦粉与水按照一定的比例进入和面机腔体,搅拌轴在 800~1 500 r/min 的高速旋转下产生气流,使两者以雾状接触,短时间内混合均匀,物料在底端卸出,实现了连续生产^{[7]93[8]}。

(4) 真空和面机:其搅拌过程在真空状态下进行。Li 等^[11]研究表明,真空和面可以改善生鲜面条的色泽^[12],使其形成更加致密的面筋结构,降低烹调损失,增强熟面条的硬度和拉伸强度^[13]。刘锐等^[14]研究了真空度、加水量、和面时间对生鲜面条的烹调特性和感官质量的影响,证实了真空和面可以改善面条质量,最佳和面真空度为-0.06 MPa。真空和面可以提高面条质量,主要是因为可以促进蛋白质和淀粉的均匀分布,促进蛋白质与水的相互作用,降低水分流动性,有利于面筋网络在和面、熟化及压延过程中的充分形成^[15-17]。

1.2 和面工艺及其主要影响因素

(1) 加水量:加水量是影响和面效果的关键因素。科学合适的加水量需要根据面粉自身的吸水特性来确定。较多研究^[18-22]表明,机制面条面团的最适含水率为 35%左右。Ye 等^[20]研究了加水量对中国白盐面条质量的影响,结果表明,加水量由 33%增加至 37%,面片色泽 L^* 值显著降低,而色泽 a^* 值增加;煮制后面条的表观状态、硬度、黏弹性、光滑性和总评分等感官评分显著增加。Park 等^[23]研究表明,随着和面加水量的增加(31%~39%),面片色泽 a^* 值和熟面条的硬度显著降低。Hatcher 等^[24]研究表明,加水量从 28%增加到 34%,生面条的色泽 L^* 值、厚度及烹调时间变小,熟面条的回复性、压缩抵抗力和最大剪切力也显著降低。

(2) 和面时间:和面时间对面团的形成和面条质量有重要影响。实践^[25]表明,大容量(单次加 325 kg 小麦粉)双轴卧式和面机的和面时间一般为 15 min 左右,最少不应低于 10 min。刘锐等^[15,26]研究了真空和面时间对面条面团结构特性和水分结合状态的影响,结果表明,和面 8 min 时,面团表现出较好的质构特性和更加致密、均匀的内部结构,此时水分与非水物质的结合也最为紧密。和面时间不足(4 min)会导致面团结构不均匀,面筋形成不充分,尤其对弱筋小麦粉的影响最为明显。和面时间过长(12 min)会导致面筋延展过度,水分流动性增加,表层蛋白质减少或局部聚集。小麦粉蛋白质特性不同,受和面时间的影响也不相同,强筋小麦粉制作的面条面团相对耐揉混。合适的和面时间与和面机的类型、容量、和面速度、小麦粉品质有关。

(3) 和面速度:和面速度分为恒速和面和调速和面。在实验室进行面条品质的相关研究时,较多学者^[11-15,27-30]采用高速搅拌与低速搅拌交替的方法和面。张艳等^[19]认为,若在和面前期,长时间地低速搅拌,不易将加水不均匀形成的大块打碎,导致小麦粉着水不均匀,松散的面团轧制成的面片上易出现白纹。和面速度与和面效果关系密切。和面速度较慢,小麦粉与水接触不均匀;速度较快,搅拌杆的冲击力较大,温度升高,已形成的面筋结构容易受到破坏,且能耗

较多^[31]。

2 熟化工艺及设备

小麦粉中的蛋白质等成分与水分作用需要一定的时间,熟化可使面团中的水分分布更均匀,面筋蛋白水合更充分,形成较好的面筋网络结构,并消除部分内部应力。传统的手工挂面制作工艺中,有 3~5 次的熟化,从而保证手工挂面的顺利制作和成品质量。Cuq 等^[32]研究了和面条件和熟化时间对高水分面团(含水率 45%)毛细管流变特性的影响。结果表明,当和面时间较短(≤ 15 min)时,熟化会使面团质地变软;而和面时间较长(≥ 30 min)时,熟化会使其质地变硬。师俊玲等^[33]研究发现,松散的絮状面团熟化 10 min 后,蛋白质逐渐从淀粉粒的表面部分脱离,彼此粘连,形成一个连续、不定向的蛋白质基质群。

2.1 熟化设备

挂面加工过程中的熟化包括面团熟化和面片熟化。面团熟化设备上连和面机,下接复合压延机,工业生产中常用的有圆盘式熟化机、卧式输送带式熟化机和单轴式熟化机。圆盘式熟化机在搅拌杆缓慢搅动的过程中,絮状面团易结块,且和面机中新落下的面团和已熟化一段时间的面团混合在一起,导致面团的熟化时间不一致^{[7]111-113}。输送带式熟化机主要结构为一条输送带,和面机中的松散面团落在输送带上,在相对静止的条件下缓慢向复合机喂料口移动,输送带末端安装有搅拌拨杆,将结块的面团击碎后送入复合机喂料口,此类型熟化机可以较好控制熟化时间,保证物料的熟化时间一致。

面片熟化设备一般配置在复合压延机和连续压延机组之间,主要有吊杆式和卧式网带式,其运行速度缓慢,面带在其上相对静止。面片熟化机一般是封闭式的,保持了一定的温度和相对湿度,减少了物料中的水分散失,但对熟化过程中的温、湿度缺乏调控。

2.2 熟化工艺及其主要影响因素

影响熟化效果的因素主要包括时间、温度和相对湿度等。孟专等^[34]认为,在僵硬状态下对面片进行连续压延加工,轧辊的载荷因为没有缓和会时间会逐渐减小,面片因连续受压,面筋组织受到破坏,使面片失去抗拉性;面团熟化时间以 5 min 为宜,面片熟化以 15~30 min 为宜。刘婧竟^[35]研究结果表明,面片熟化时,温度控制在 30℃、相对湿度 80%~90%、时间 60 min,加工出的面条具有好的硬度、黏合性和咀嚼性。杨宏黎等^[36]研究了熟化条件对面条质构特性的影响,认为温度 35℃、相对湿度 80%~85%、时间 60 min 为面片熟化的最佳条件;其进一步研究^[37]发现,面片熟化过程中,醇溶蛋白提取量减少,而麦谷蛋白提取量增加,推测熟化使小分子蛋白通过—S—S—结合,使蛋白质相对分子质量变大^[38],面筋蛋白组分的变化是熟化能够改善面条质量的内在原因之一。

熟化工艺对面条色泽的影响主要是由于多酚氧化酶(PPO)的褐变作用^[39-41]。Kruger 等^[39]研究表明,小麦粉中 PPO 活性与生鲜面条的色泽 ΔL^* 值、 Δb^* 值(0~24 h)高度相关($r=0.81$ 和 0.75 , $P<0.001$)。Bhattacharya 等^[42]研究

认为,无论白盐面条或是黄碱面条,在制作后 0~2 h 的色泽变化最明显, L^* 值快速降低, b^* 值大幅度升高。熟化温度也会影响到面团中 PPO 的活性,温度较高会促进褐变^[41]。Morris 等^[43] 研究认为,面团熟化对黄碱面条的色泽有显著影响,但并不是特别明显,而熟化作用对于面条质地的改善是非常必要的。考虑到生产效率、设备容积和色泽变化,面片熟化时间为 15~30 min 较为适宜。

3 压延工艺及设备

压延是通过轧辊的碾压作用,将松散的面团轧成面片,使疏松、散乱的面筋形成连续、细密的网络组织,将淀粉粒包围起来,并促进水分的均匀分布。

3.1 压延设备

在挂面工业生产中,压延包括复合压延和连续压延两部分,压延道数通常为 6~9 道。传统上的复合压延是指,将松散的面团轧成两条面带,再复合成一条面带。Sutton 等^[44] 研究了此种复合压延的道数对面团面团流变特性的影响,结果表明,试验初期,复合道数增加,面团的断裂应力和延伸黏度快速增加,复合 10 道时断裂应力最大,复合 20 道时延伸黏度最大,继续增加复合道数,断裂应力和延伸黏度均会明显下降。另一种复合压延是指,直接用大辊径的轧辊将颗粒状的松散面团一次即轧成较厚的面带。压延设备主要由机座、多组轧辊、动力传动系统、轧距调节机构、喂料和接料装置等组成。复合压延一般采用波纹双向压延机,该设备模拟手工擀面,其轧辊表面呈现规则的光滑弧状凸起和凹陷,轧面时可使面带径向、轴向同时受力,轧出的面片面筋网络结构更加致密,黏弹性提高。

3.2 压延工艺及其主要影响因素

影响压延效果的因素主要有压延比和压延速度^{[3]7-8}。压延比是指面片通过某道轧辊的厚度差与进入前厚度的比值。压延比越大,轧辊对面片施加的压力也越大。适当的压力可以促进面筋网络结构的细密化,但压延比过高,面片承受的压力和延展力过大,会对面片中的面筋结构产生破坏。若压延比太小,则对面片施加的压力不足,且压延道数太多,设备庞大。压延速度关系到面片受压力的时间,从而影响到面片的表现光滑程度以及黏弹性等工艺性能。实际生产的连续压延过程中,要使面带处于“不余不绷”的状态。

4 干燥工艺及设备

干燥不仅对挂面质量有重要影响,而且与产量、厂房建设以及能源消耗等经济指标密切相关。干燥工序要求成品含水率控制在 14.5% 以下,内外水分分布均匀,条型平直、色泽光亮,具有一定的机械强度和良好的烹调特性,不产生酥面、断面^[8]。

4.1 干燥方式

传统自然干燥,指利用大自然的热和风对湿面条进行晾晒,使其缓慢脱水,其生产效率低,且受气候限制,挂面质量和卫生难以保障。工业生产中的挂面干燥基本都采用热空气对流干燥法,利用热源将干燥介质—空气加热,利用风扇等装置使热空气发生对流,使空气介质中的热量传递给湿面条,同时带走面条中汽化而出的水分,这一过程中包含复杂

的湿热传递和能量传递。

4.2 干燥过程研究

挂面干燥通常分为预干燥、主干燥和完成干燥 3 个阶段^[45-48]。预干燥的主要目的是除去面条表面的部分水分,固定组织,增加湿面条的强度,减少因自身重力导致的面条拉长或断裂^{[7]189-190[47]}。主干燥的前期是内蒸发阶段,又称为保潮发汗,即增加烘房的温度和相对湿度,使面条内部水分向表层迁移的速度增大,同时降低表层水分的汽化速度,使面条水分的内蒸发速度大于或等于外蒸发速度。主干燥的后期是全蒸发阶段,又称为升温降潮,此阶段要进一步升温,降低湿度,快速除去面条表层水分^{[7]190-191}。主干燥阶段既是面条脱水的主要阶段,又是防止产品出现质量问题的关键阶段。完成干燥属于降温散热阶段,靠流动空气的风力作用,降低挂面温度,脱去小部分水分,平衡面条内外水分和温度^[47,49]。

4.3 干燥方法及相关设备

(1) 高温快速干燥法:此方法由中国传统挂面干燥方法演变而来,主干燥区的温度为 50 ℃ 左右,干燥时间为 2.0~2.5 h,这种干燥方法的温度较高,耗时较短、产量大,设备投资少;但稳定性差,挂面质量难以保证,控制不当容易导致酥面^{[50]3[51]}。

(2) 低温慢速干燥法:20 世纪 80 年代由日本引进,该方法的最高温度在 35 ℃ 以下,干燥时间为 7~8 h,产品质量良好且稳定,设备配套性好,温、湿度便于控制;但干燥时间长,生产效率低,烘房占地面积大^{[50]3[51]}。

(3) 中温中速干燥法:该方法是目前挂面生产企业的主流干燥方法,主干燥区的最高温度接近 45 ℃,干燥时间为 3.5~4.0 h,挂面质量较稳定,干燥效率较高^{[47,52][50]3-6};此干燥方法被列入行业标准 SB/T 10072—1992《挂面生产工艺技术规程》。

挂面干燥设备主要由烘房、供热系统、通风系统、传动机械等组成。目前,挂面烘房的结构主要有索道式和隧道式 2 种。在索道式烘房中,单排挂面在传动链条的作用下往复式运行,运行距离长(约 500 m),转弯处易掉杆。隧道式烘房两端开放,挂面多排并列进入,全程直线运行,烘房长度一般为 60 m 左右。挂面工业生产中,烘房内温度和湿度的控制主要是通过人工控制导热油或热水的温度和流量、排潮口的开合及排量、风扇的转速来调节。

4.4 干燥工艺及其主要影响因素

面条为内部扩散控制型物料,干燥过程的速率取决于内部水分向表层迁移的速率,因此,提高内部水分迁移速率、降低表面水分蒸发速率是提高干燥效率、保证挂面质量的关键。

温度、相对湿度、风速等是影响挂面干燥效果的主要因素。传热传质理论认为,温度越高,物料干燥速率越快,而干燥速率过快是导致产品质量劣变的重要原因^[53]。普遍应用的挂面干燥方法其主干燥区段的最高温度在 45 ℃ 左右。而王春等^[54] 研究结果表明,干燥温度为 70 ℃ 时,挂面的弯曲度、扭转力和煮后拉伸力较好。

调节相对湿度可以控制面条表层水分的蒸发速率,使面

条保持合理的脱水速率。沈再春等^[55]认为,相对湿度是影响挂面干燥的主要因素,主干燥阶段前期保持较高的相对湿度(75%左右),保持外扩散与内扩散的速率基本平衡,可以防止面条表面结膜,防止酥面。

烘房内风速不仅影响面条表面水分的蒸发速率,还影响烘房内温、湿度的分布,且在各干燥区段的影响方向和大小有所不同^[52]。Chen 等^[56]研究乌冬面的热风干燥模型时,考虑到湿面条的强度,风速恒定为 1.8 m/s。Inazu 等^[57]研究表明,从经济低耗角度考虑,风速在初始干燥阶段宜为 2 m/s,主干燥阶段宜为 1 m/s。

武亮等^[49]研究表明,影响挂面干燥速率的最主要因素是相对湿度,其次是温度和风速。而 Inazu 等^[58]研究表明,相对湿度对乌冬面表面水分扩散的影响小于温度。王杰等^[59]研究了索道式烘房挂面干燥工艺对产品质量的影响,结果表明,烘房 I 区温度和 IV 区湿度是挂面干燥的关键控制点。

5 挂面生产技术及设备开发趋势

目前,原材料和能源价格不断上涨,人力成本急剧增高,生产企业对于高效低耗型自动化设备的需求快速增长。生产过程自动化程度的提高,也有助于改善生产环境和稳定产品质量。中国农业机械化科学研究院设计的一种全封闭智能控制挂面干燥系统,利用自动化控制系统和空气集中处理系统对空间内的温度、相对湿度、风速等参数进行调节,有利于干燥工艺标准化和质量控制^[60]。2014 年,中国农业科学院农产品加工研究所、河北金沙河面业集团等单位通过挂面产业优势技术集成创新,实现了“小麦收储、制粉、挂面加工、产品储运一体化和自动化模式”;设计了原粮自动检测分级系统,创新了连续真空和面、干燥双排柔性上架、节能降耗干燥、挂面自动送料和分料包装等技术^[61-63],其发展对于挂面产业的提升意义重大。

未来挂面生产设备与技术的发展必然向着优质高效、节能减排的自动化或智能化方向发展。和面技术将得到进一步优化提升和集成创新,根据小麦粉品质和面团质量要求而自动调节的智能化加水方式是技术研发的一个重要方向。干燥过程是能源消耗的主要环节,发展绿色节能的干燥技术是必然趋势。目前,以太阳能、地热等清洁能源为热源的新型烘房已在一些企业得到应用,排潮余热的回收利用问题也已被关注和研究^[64]。此外,提高挂面包装机械化和自动化水平,完成从前段加工到后段包装的自动化对接,也是提高挂面生产全过程技术水平的重要环节^[65]。未来几年,挂面生产设备与技术将快速发展,各部分单机的性能将得到持续改进和创新,全自动化控制的、可以根据产品特性(形状、规格、配料等)智能调节的成套生产设备将得到研发和推广。

参考文献

[1] 孟素荷, 席炎. 中国挂面大跃进中的高峰与险滩——对 2013 年中国挂面行业的分析[J]. 中国面制品, 2014(3): 8-15.
[2] 中国食品科学技术学会面制品分会. 2014 年中国挂面行业洗牌加速[J]. 中国面制品, 2015(3): 4-10.
[3] 刘锐. 挂面质量调查与质量安全控制方案分析[D]. 北京: 中国

农业科学院, 2012.
[4] 王震. 我国挂面行业分析及中粮集团挂面业务发展概要[J]. 粮食与食品工业, 2009, 16(3): 3-6.
[5] 高亚军, 陈洁, 王春, 等. 挂面生产设备发展概述[J]. 粮油加工, 2011(2): 101-104.
[6] 刘锐, 魏益民, 张影全, 等. 谷蛋白大聚体在小麦加工中的作用[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(1): 119-122.
[7] 陆启玉. 挂面生产工艺与设备[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
[8] Fu Bin-xiao. Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing[J]. Food Research International, 2008, 41(9): 888-902.
[9] 刘锐, 卢洋洋, 邢亚楠, 等. 双轴卧式和面机的和面效果及其对面条质量的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(21): 264-270.
[10] 刘绍文. 卧式曲线状搅拌桨和面机的分析与设计[J]. 粮食与油脂, 1993(3): 8-11.
[11] Li Man, Luo Li-jun, Zhu Ke-xue, et al. Effect of vacuum mixing on the quality characteristics of fresh noodles[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 110(4): 525-531.
[12] Solah V A, Crosbie G B, Huang S, et al. Measurement of color, gloss, and translucency of white salted noodles: effects of water addition and vacuum mixing [J]. Cereal Chemistry, 2007, 84(2): 145-151.
[13] 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.
[14] 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.
[15] 刘锐, 武亮, 张影全, 等. 基于低场核磁和差示量热扫描的面条面团水分状态研究[J]. 农业工程学报, 2015, 31(9): 288-294.
[16] Li Man, Zhu Ke-xue, Peng Jing, et al. Delineating the protein changes in Asian noodles induced by vacuum mixing[J]. Food Chemistry, 2014, 143: 9-16.
[17] Liu Rui, Zhang Ying-quan, Zhang Bo, et al. Influence of vacuum mixing on structural characteristics and physical properties of noodle dough[J]. Cereal Chemistry, 2016, 93(3): 226-233.
[18] 雷激, 张艳, 王德森, 等. 中国干白面条品质评价方法研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(12): 2 000-2 005.
[19] 张艳, 阎俊, Yoshida H, 等. 中国面条的标准化实验室制作与评价方法研究[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(1): 158-165.
[20] Ye Yi-li, Zhang Yan, He Zhong-hu, et al. Effects of flour extraction rate, added water, and salt on color and texture of Chinese white noodles [J]. Cereal Chemistry, 2009, 86(4): 477-485.
[21] 叶一力, 何中虎, 张艳. 不同加水量对中国白面条品质性状的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(4): 795-804.
[22] 李韦谨. 面粉品质和工艺对面条感官质量的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2011: 19-30.
[23] Park C S, Baik B K. Flour characteristics related to optimum water absorption of noodle dough for making white salted noodles[J]. Cereal Chemistry, 2002, 79(6): 867-873.
[24] Hatcher D W, Kruger J E, Anderson M J. Influence of water absorption on the processing and quality of oriental noodles[J]. Cereal Chemistry, 1999, 76(4): 566-572.
[25] 刘锐, 魏益民, 张波. 基于统计过程控制(SPC)的挂面加工过程

质量控制[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 43-47.

[26] Liu Rui, Xing Ya-nan, Zhang Ying-quan, et al. Effect of mixing time on the structural characteristics of noodle dough under vacuum[J]. Food Chemistry, 2015, 188: 328-336.

[27] Lu Qi-yu, Guo Si-yuan, Zhang Shaobing. Effects of flour free lipids on textural and cooking qualities of Chinese noodles[J]. Food Research International, 2009, 42(2): 226-230.

[28] Baik B K, Lee M R. Effects of starch amylose content of wheat on textural properties of white salted noodles[J]. Cereal Chemistry, 2003, 80(3): 304-309.

[29] Choy A L, Morrison P D, Hughes J G, et al. Quality and antioxidant properties of instant noodles enhanced with common buckwheat flour[J]. Journal of Cereal Science, 2013, 57(3): 281-287.

[30] Barak S, Mudgil D, Khatkar B S. Effect of Compositional variation of gluten proteins and rheological characteristics of wheat flour on the textural quality of white salted noodles[J]. International Journal of Food Properties, 2014, 17(4): 731-740.

[31] 李韦谨, 张波, 魏益民, 等. 机制面条制作工艺研究综述[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(6): 86-90.

[32] Cuq B, Yildiz E, Kokini J. Influence of mixing conditions and rest time on capillary flow behavior of wheat flour dough[J]. Cereal Chemistry, 2001, 79(1): 129-137

[33] 师俊玲, 魏益民, 张国权, 等. 蛋白质与淀粉对挂面和方便面品质及微观结构的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2001, 29(1): 44-50.

[34] 孟专, 郭新文. 挂面熟化工艺优化研究[J]. 发明与创新: 综合版, 2009(2): 42-43.

[35] 刘婧竟. 面片熟化工艺对面条品质的影响[J]. 消费导刊, 2007(5): 207-208.

[36] 杨宏黎, 陆启玉, 韩旭, 等. 熟化对面条产品质量影响的研究[J]. 食品科技, 2008(2): 118-120.

[37] 杨宏黎, 陆启玉, 韩旭, 等. 面筋蛋白组分在面团熟化过程中的变化[J]. 粮油加工, 2007(10): 101-103.

[38] 王灵昭, 陆启玉. 面筋蛋白组分在制面过程中的变化及与面条质地差异的关系[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2005, 26(1): 11-14.

[39] Kruger J E, Hatcher D W, Depauw R. A whole seed assay for polyphenol oxidase in Canadian Prairie Spring wheats and its usefulness as a measure of noodle darkening[J]. Cereal Chemistry, 1994, 71(4): 324-326.

[40] 王培慧, 陈洁, 王春, 等. 面粉粗蛋白、粗淀粉、多酚氧化酶活性对鲜面片色泽的影响[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2012, 33(2): 48-51.

[41] 葛秀秀, 何中虎, 杨金, 等. 我国冬小麦品种多酚氧化酶活性的遗传变异及其与品质性状的相关分析[J]. 作物学报, 2003, 29(4): 481-485.

[42] Bhattacharya M, Luo Q, Corke H. Time-dependent changes in dough color in hexaploid wheat landraces differing in polyphenol oxidase activity [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(9): 357 9-358 5.

[43] Morris C F, Jeffers H C, Engle D A. Influence of mixing conditions and rest time on capillary Flow behavior of wheat flour dough[J]. Cereal Chemistry, 2001, 77(1): 77-85.

[44] Sutton K H, Larsen N G, Morgenstern M P, et al. Differing effects of mechanical dough development and sheeting development methods on aggregated glutenin proteins [J]. Cereal Chemistry, 2003, 80(6): 707-711.

[45] 中华人民共和国商业部. SB/T 10072—1992 挂面生产工艺技术规范[S]. 北京: 中华人民共和国商业部, 1992.

[46] 居然, 秦中庆. 简论挂面三段干燥法[J]. 食品科技, 1996(5): 26-27.

[47] 王杰, 张影全, 刘锐, 等. 隧道式烘房挂面干燥工艺特征分析[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(3): 84-89.

[48] Hou G G, Otsubo S, Okusu H, et al. Noodle processing technology[M]// Hou G G. Asian noodles: Science, technology, and processing. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2010: 99-140.

[49] 武亮, 刘锐, 张波, 等. 干燥条件对挂面干燥脱水过程的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(9): 191-197.

[50] 王杰. 挂面干燥工艺及过程控制研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.

[51] 张伟. 挂面烘干工艺的研究与应用[J]. 西部粮油科技, 1999, 24(1): 12-14.

[52] 武亮, 刘锐, 张波, 等. 隧道式挂面烘房干燥介质特征分析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(增刊 1): 355-360.

[53] 潘永康, 王喜忠, 刘相东. 现代干燥技术 [M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2007: 10-11.

[54] 王春, 高飞, 陈洁, 等. 温度对挂面干燥工艺品质的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2010(6): 33-35.

[55] 沈再春. 现代方便面和挂面生产实用技术[M]. 北京: 科学技术出版社, 2001: 363-369.

[56] Chen Jie-yu, Isobe K, Zhang Han, et al. Hot-air drying model for udon noodles[J]. Food Science and Technology Research, 2000, 6(4): 284-287.

[57] Inazu T, Iwasaki K, Furuta T. Effect of air velocity on fresh Japanese noodle (udon) drying [J]. LWT-Food Science and Technology, 2003, 36(2): 277-280.

[58] Inazu T, Iwasaki K, Furuta T. Effect of temperature and relative humidity on drying Kinetics of fresh Japanese noodle (udon) [J]. LWT-Food Science and Technology, 2002, 35(8): 649-655.

[59] 王杰, 张影全, 刘锐, 等. 挂面干燥工艺研究及其关键参数分析[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(10): 88-93.

[60] 李世岩, 杨金枝. 国内挂面市场分析及生产方式的变革[J]. 粮油加工, 2012(2): 31-33.

[61] 雷克鸿. 挂面产业装备水平实现突破性提升[N]. 中国食品报, 2013-12-09(007).

[62] 梁宝忠. 科技让传统与现代完美对接[EB/OL]. (2014-12-08) [2015-07-20]. http://www.moa.gov.cn/zwllm/zwtdt/201412/t20141208_4285141.htm.

[63] 刘昊宇. 2014 年度方便食品行业创新趋势发布[J]. 中国面制品, 2014(5): 43-49.

[64] 武亮, 刘锐, 于晓磊, 等. 太阳能辅助供热挂面烘房热能构成与应用潜力分析[J]. 粮油加工, 2015(11): 30-34.

[65] 刘凡, 张永林. 挂面自动包装技术的研发现状[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 269-271.