

油脂对面团特性及面制品品质影响研究进展

Research progress on the effect of oil on dough properties and quality of dough products

马启昱^{1,2} 刘忠义^{1,2} 付 满² 庞庭才²

MA Qi-yu^{1,2} LIU Zhong-yi^{1,2} FU Man² PANG Ting-cai²

(1. 广西大学, 广西 南宁 530004; 2. 北部湾大学, 广西 钦州 535011)

(1. Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China;

2. Beibu Gulf University, Qinzhou, Guangxi 535011, China)

摘要:文章综述了油脂类别、添加量及油脂饱和度对面团特性及面制品品质的影响,指出后续可对有关油脂的内在组分与结构对面团的作用机理,以及油脂、淀粉与蛋白质体系的作用机制进行探究。

关键词:油脂;面团特性;面制品

Abstract: The effects of fat and oil category, fat and oil addition, and fat and oil saturation on dough properties and quality of flour products were reviewed in this study. It was pointed out that the action mechanism of internal component and structure of fat and oil on the dough, the action mechanism of fat and oil component, and starch and protein system could be explored in the future.

Keywords: fat and oil; dough properties; flour product

面制品是人体每日摄入基础营养的重要膳食,影响其品质的因素较多,包括面团及其成分特性,原材料种类^[1]、油脂种类及其品质等。小麦粉与其他原料相互作用形成面团的机理主要包括蛋白质溶胀作用、淀粉糊化作用、吸附作用和粘结作用^[2]。面粉中的麦谷蛋白和麦胶蛋白吸水溶胀,面筋蛋白颗粒体积增大,分散空间减少,粒子接触形成面筋后通过不断挤压作用产生面筋网络(如图 1 所示),在面团结构搭建过程中,其他原料对小麦粉起到吸附和粘结作用,从而稳定面团骨架结构。部分种类的面团形成条件为温热水,会对小麦粉中的淀粉颗粒产生影响,使其吸水破裂溶胀糊化形成均匀的糊状体,黏性增强而粘结其他成分形成面团^[3]。

影响面团品质的众多因素中,脂类的调节作用非常

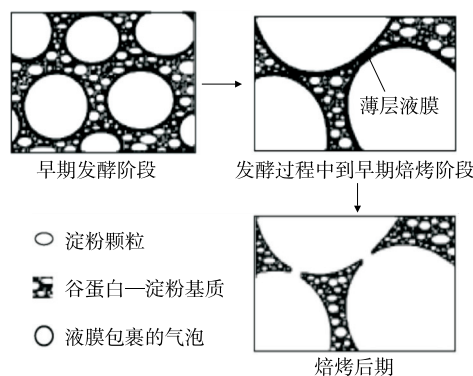


图 1 面团发酵过程的内部结构^[4]

Figure 1 The internal structure of a dough during fermentation

重要。在面团制作环节中加入油脂,油脂会附着在蛋白质和淀粉等其他成分上,在其周围形成不透性油膜,限制小麦粉的吸水性,调节面筋的胀润性,增强面团的延伸性和持气性,防止面团干燥和老化^[5]。通过改变油脂添加的品种、添加量以及油脂饱和度、熔点等条件,调节面团的流变学特性,最终影响面制品品质。同时,油脂自身具有多种功能特性,添加油脂在食品的感官和营养等方面具有辅助性作用^[6]。文章拟综述油脂的种类、脂类添加量及油脂饱和度对面团及其成分的特性和面制品品质的影响,为面制品加工提供一定的理论性指导,以便促进相关食品工艺改良和生产的创新发展。

1 油脂种类对面团特性及制品品质的影响

油脂在食品应用中通常分为油和脂肪两种类型,一般情况下的油为植物油,呈液态;而脂肪为动物脂肪,呈固态。面制品中的油脂来源包括内源脂和外源脂,小麦面粉自身含有约 2.0%~2.5% 的脂类,小麦脂类可分为极性和非极性脂类,小麦籽粒的大部分极性脂质存在于淀

基金项目:广东省天然产物绿色加工与产品安全重点实验室开放基金项目(编号:201610);北部湾大学高层次人才启动计划项目(编号:2018KYQD33)

作者简介:马启昱,女,广西大学在读硕士研究生。

通信作者:刘忠义(1964—),男,北部湾大学教授,广西大学硕士生导师,博士。E-mail: lzly08@126.com

收稿日期:2021-04-18

粉胚乳中,非极性脂质主要存在于小麦籽粒的胚芽和糊粉组织中。一般来说,极性脂质占小麦面粉总脂质的 70%~75%^[7]。小麦面粉的内源脂含量相对较少,多采用添加外源脂的方式改良面团特性,添加的油脂主要包括天然动植物油和改性动植物油等。然而油脂种类众多,其对应的品质特性不一,对面团特性的影响方向和作用程度均存在一定的差异,因此制作面制品过程中选取的外源脂要视情况考虑,根据最终产品的品质需求添加合适的油脂。

小麦粉中的脂类可对面团中空气的进入、气泡的扩大和面筋蛋白间的作用起到促进效果,从而影响面筋网络结构的延展性。针对烘焙食品的细化分类研究^[8]显示,在面包制作过程中促进外源脂发挥作用的主要是小麦面粉中的极性脂,而在饼干制作中小麦面粉中的极性脂和非极性脂均为必需成分,不可或缺。

通过探究以大豆油与棕榈油为原料制备的专用油脂对面团特性和面团烘焙品质的影响,葛瑞宏等^[9]认为添加的专用油脂可以使乳化剂、脂类和面粉等在形成面团的过程中相互作用,从而增加面团内面筋及淀粉的光滑程度,使面筋结构形成较细密网状结构,延长面团的稳定时间,保证成品品质的稳定性。

Debonne 等^[10]比较了黑醋栗、孜然种子、百里香和小麦胚芽油对面团吸水率、揉混性能、弹性、淀粉糊化性的影响,并对面包感官品质进行评估,发现孜然籽油导致面团稳定性和面团强度显著降低,黑醋栗、孜然种子和小麦胚芽的油能促进面团醒发,改善烘焙性能,小麦胚芽和百里香油对小麦面包具有抗真菌活性。Özcan^[11]研究了香精油对面团的作用效果,结果表明不同精油对面团的拉伸参数有一定程度的影响,其中迷迭香、腌制药草和月桂油对应的面团具有较高的延展性,可改善面团的醒发特性,而夏季香茅、大叶草和鼠尾草等提取油的面团稳定性较其他油的低。

王然^[12]对比了添加橄榄油、黄油、人造奶油和玉米油的面团特性和面包品质,与未添加油脂的面团相比,添加油脂的面团硬度降低且弹性增强,说明油脂的添加可延缓成品老化。

Jacob 等^[13]探究了 4 种不同油脂类型(乳化油、人造黄油、氢化油脂、葵花籽油)对饼干面团流变学及其饼干质量的影响,发现添加葵花籽油的面团出现延伸现象的时间较早且状态稳定,粉质曲线是处于稳定区域较宽的波段,可能是添加油的面团中有大量的游离水,而这些水没有与油充分混合形成乳液,这种自由水被作用于面筋蛋白的骨架搭建延伸,需提供阻力将其加以混合,使面团更有弹性所致。Devi 等^[14]也证实了葵花籽油适合应用于饼干生产,通过分析 6 种油脂(黄油、氢化油脂、棕榈油、椰子油、花生油和葵花籽油)的脂肪酸组成和微观结构,并测定其面团的质构特性和其对应的饼干品质,发现

葵花籽油和椰子油的黏结力最强,黄油最弱,用油制成的面团比脂肪更具凝聚力,有更强的黏结性、黏合性和柔软性,同时饱和脂肪酸对饼干的延展性和硬度有不利影响,相较于其他油脂如葵花籽油和花生油,用其生产的饼干硬度程度比其他油脂的高。

根据面团特性及微观结构对比发现,加入油脂对面团的形成及稳定时间和流变特性等有一定程度的提升,面团中的蛋白质颗粒显著增多,提高了外观效果^[15]。张忠慧等^[16]研究发现,添加流态起酥油比添加普通塑性起酥油和大豆油的面团结构稳定,且可弥补冷冻过程中烘焙品质的降低。黄婷玉^[17]发现起酥油面团相对于大豆油面团来说其内聚性、回复性、咀嚼性及胶黏性较高,同时饼干成品的感官品质也更好,根据成品的实际情况,在生产上可选择添加起酥油。

Mancebo 等^[18]指出添加葵花籽油可降低面团弹性模量、黏性模量和复数模量,而起酥油对其几乎无影响;葵花籽油可降低面团硬度,而起酥油的影响小,但过量可能导致硬度增大。Renzetti 等^[19]发现油脂的可塑性在很大程度上有助于面团形成均匀的层状结构,同时膨化面团的烘焙质量与脂肪层和面团层均匀结构的形成密切相关,油酥糕点(低饱和脂肪酸含量类)面团发育和烘焙性能的变化受所使用油脂类型的调节,特别是受初始油脂稠度和工作过程中油脂软化间相互作用的显著影响。

2 油脂饱和度及其存在状态对面团特性及制品品质的影响

同一脂类中脂肪酸组成和饱和度等存在较大差异,油脂饱和度会影响油脂存在状态,导致所形成的面团特性可能会有所改变。利用油脂氢化反应,使不饱和脂肪酸的双键与氢发生加成反应,降低不饱和脂肪酸含量^[20-21],可以调节所需油脂的饱和程度。然而,由于氢化油中的反式脂肪酸不利于人体健康^[22-24],因此需要寻找其他调整食用油脂脂肪酸饱和度的方法与途径。

王显伦等^[25]发现脂肪酸饱和度高的油脂可促进油脂与空气结合,增大面团体积,面团持气能力和起酥性与脂肪酸的饱和程度呈正相关。利用氢化改变小麦胚芽油的饱和程度及物理状态后制成面团,面粉沉降值及面筋指数随油脂饱和度的增加而上升,饱和度较低的液态油脂促进面筋网络结构的形成,碘价在 115 左右时的面团结构紧密,稳定时间最长,但油脂的饱和程度对面条的蒸煮特性无显著影响^[26]。

Culetu 等^[27]将不同固体脂肪指数的 6 种脂肪(人造黄油、黄油、猪油、精制棕榈油、精制硬脂酸棕榈油和氢化棕榈油)应用于无麸质燕麦面团中,油脂的饱和脂肪酸组成与饼干断裂强度有关,而面团硬度和黏性受脂肪酸组成的影响较小,面团硬度和饼干断裂强度受油脂的固体脂肪指数影响显著且呈正相关,饼干断裂强度依次下降:

氢化棕榈油>黄油>精制硬脂酸棕榈油>人造黄油>精制棕榈油>猪油,说明猪油和精制棕榈油在生产软面团和无麸质燕麦曲奇方面具有良好效果。

通常情况下,用脂肪和油制得的固体脂肪指数较高的饼干具有较高的破碎力,而液态油脂提供的润滑效果可改善混合过程,使大量的空气进入面团,成品的体积效果会更佳^[28]。Manohar 等^[29]使用不同类型的脂肪作为研究对象,发现氢化脂肪制成的面团具有较高的稠度、硬度,而用油制成的面团则更有凝聚力和黏性。具有较高固体脂肪指数的氢化脂肪面团最硬,其次是烘焙起酥油和油,在弹性恢复方面恰恰相反,在使用的脂肪类型中,油的流变特性变化最大,其次为烘焙起酥油和氢化脂肪,说明了固体脂肪指数在油脂影响面团特性方面的重要性。

而油脂对面包的影响效果与曲奇的相反,Watanabe 等^[30]用流变仪和扫描电镜研究了固态脂肪和油脂等非极性脂质对面筋淀粉面团和小麦面粉面团的物理状态的影响,在粉质测定过程中,脂肪的添加使混合阻力立即下降到较低值,而液态油的加入并没有导致如此大的下降,认为脂肪提供了均匀分布的面团成分和光滑的面筋表面,面团易膨胀漏气少,可产生较大的面包体积,而液态油使面团成分分布不均匀,许多孔洞存在于面筋凝胶表面导致面包体积差。

3 油脂添加量对面团特性及其制品品质的影响

孟丹丹^[31]运用分离重组的方法使试验原料粉中游离脂含量异于常范围,指出游离脂可促进面筋的延展性,随着其含量的增加,面粉最低黏度及稳定时间等显著降低,而衰减值和回升值增加,当添加量为 3% 时弹性最好,耐揉性得到较好改善。王晓曦等^[32]将麦胚脂类添加量作为变量,发现面粉白度、面团吸水率和延伸度随脂类添加量的增加呈下降趋势,粉质质量指数、面团形成时间、拉伸面积和拉伸比随脂类添加量的增加而上升,而面团稳定时间则先增加后减少,在麦胚脂类添加量为 6% 时面条感官品质最高。

盖争艳^[33]研究了不同熔点棕榈油及其添加量对面团特性的影响,发现随着不同熔点棕榈油添加量的增加,对应面团的吸水率、拉伸面积、稳定时间、拉伸面积和蒸煮食品品质均有一定的增加,而面团的延伸度略有下降趋势。白建民等^[34]发现,随着乳化油脂添加量的增加,面团的吸水率和弱化度下降,稳定时间和粉质质量提高,当添加量为 4% 时面团的各项特性均为最佳,馒头感官品质最高。

Zoulikha 等^[35]研究表明,油脂可以软化面团,降低黏度和松弛时间,有助于延展面积,并减少饼干的厚度和重量,同时成品的脆性(或短脆结构)与油脂含量密切相关,其含量越大,烘焙后得到的饼干越易碎。Farmani 等^[36]认为添加芝麻油可改善粉质特性,提高面团的混合耐受

性,当芝麻油添加量为 2% 时,对面团的微观结构、质构和流变特性及塔夫通面包的感官品质影响显著($P<0.05$)。

小麦面筋蛋白是以膜状的网络结构存在,蛋白体积随油量的增加而增大,气孔空洞则相反,因而小麦面筋蛋白—油脂复合结构更稳定^[37]。沈忱等^[38]向高筋和低筋面粉中分别加入 1.0%、1.5%、2.0%、2.5% 的大豆油和猪油,在油脂添加量范围较窄(1.0%~2.5%)的情况下,随着油脂用量的增多,面团的黏性和弹性降低,而韧性增大。

将分离提取的小麦内源脂与麦胚油、花生油和猪油分别加入小麦粉中测定其对应面团的面筋含量及面团粉质特性,发现添加油脂的面粉湿面筋含量均有不同程度的降低;花生油在 3% 的添加量时沉降值下降明显,而猪油在 1% 时沉降值略高于对照组,随其添加量的增加沉降值开始降低;麦胚油与花生油可改善面团形成时间、稳定时间和粉质指数,而其他两种油脂则相反^[39]。

Katyal 等^[40]评估了花生油和氢化油脂的添加对高筋和低筋面粉的混合、糊化以及面团流变特性的影响,添加花生油和氢化油脂可逐渐降低两种面粉类型的糊化参数,随添加量的增加,两种面粉的揉混峰值均有所下降。面团混合过程中添加的油脂改变了面团的发育和流变特性,随着花生油和氢化油脂含量的增加,面团的储能模量和损耗模量均降低,而面团的损耗角正切 $\tan\delta$ 与氢化油脂添加量呈正相关,与花生油则相反。

4 油脂对面制品感官品质的影响

油脂在食品行业中主要应用于煎炸、蒸煮和烘烤等加工方面,油脂通过与面团中不同成分的相互作用,产生不同的影响效果,进而不断提高面制品品质。食品煎炸制作中,煎炸食品的感官要求是重要评价标准,但相比于其他加工方式,在评价煎炸食品成品时,会加入反式脂肪酸指标。何天宇等^[23]在研究植物油面制品时,着重考虑了反式脂肪酸的含量,在棕榈油、大豆油、葵花籽油和氢化棕榈油 4 种油脂中,选取棕榈油作为煎炸油最为适合。

在蒸煮食品品质方面,王瑾等^[41]重点探究了菜籽油和茶籽油添加量对面条的影响,通过对蒸煮特性、成品外观质构特点和吸水率以及蒸煮时间的评判,得出菜籽油面条的硬度、剪切功等随其添加量的增加先减小后增大;而茶籽油面条的剪切功与之相反,硬度呈降低趋势;不饱和脂肪酸含量较高的茶籽油在面条的吸水率、蒸煮损失率指标上均较菜籽油面条的低,而最佳蒸煮时间偏高。

陈洁等^[42]对比了添加不同乳化油脂面条的外观品质、质构数据、内在特性和微观结构,发现质构指标随油脂添加量的增加呈先升后降的趋势,而蒸煮损失率和面条吸水率则均在不同程度上出现降低现象;面条成品中面筋网络结构因其添加会更加致密,在添加量为 0.5% 时面条的品质改良较好。王凤成等^[43]研究证明,固态油脂(起酥油和精制猪油)比液态油脂添加的感官效果更好,

可以促进馒头的性质改良,延长食品货架期,而液态油脂作用不明显甚至在某些方面出现负面影响。

中国对焙烤食品中油脂添加的标准没有严格的规定,植物油、动物油、氢化油、人造奶油均可用作焙烤油脂^[44]。因油脂在烘烤面制品中具有软化起酥、蓬松充气、稳定质构特性、改善风味和提高营养价值等作用,食品行业对烘烤类食品的研究发展空间较大。王然^[12]发现,富含马铃薯泥的面包比容与感官评分的所有指标呈显著正相关,面包硬度与除形态之外的所有感官评分指标呈极显著负相关,其中添加黄油的面包感官评分最高,但添加人造奶油的面包贮藏中老化速率最慢,货架期最长。

金俊等^[45]研究表明,当5℃棕榈液油的添加量达到混合油脂的75%,24℃棕榈液油的添加量达到50%或45℃棕榈硬脂的添加量达到25%时,制成的金华酥饼与传统产品各方面相似,但是,棕榈油添加过量会出现负面效果,降低酥饼品质。谢新华等^[46]制定了不同熔点棕榈油之间复配的设计方案,着重分析了感官评价和氧化稳定性两个指标,添加油脂复配比为 $m_{52℃\text{棕榈硬脂}}:m_{24℃\text{棕榈液油}}:m_{5℃\text{超级棕榈液油}}=35:60:5$ 的鲜花饼具有更好的抗氧化效果,所以选取其替代猪油开发生产鲜花饼市场。

5 结论与展望

不管是面粉中的内源脂还是添加的外源脂,对面团特性和面制品品质均有显著性影响。油脂的存在会限制面筋蛋白的吸水能力,降低面团的弹性和韧性,使可塑性、延展性和黏性等在不同程度上得到了改善,提高面粉粉质特性和面团稳定时间。面团形成阶段,油脂会将空气带入到混料中,产生大量均匀的气泡,使面制品蓬松,体积增大,同时油脂的润滑作用可在面团发酵过程中减少面筋结构间的摩擦阻力,利于呈现更好的面团感官品质。但目前研究多集中于油脂类型和其添加量等对面团特性影响的研究,而有关油脂的内在组分与结构对面团的作用机理,以及油脂、淀粉与蛋白质体系的作用机制方面的探究较少,外源脂对面制品品质的影响研究中未针对面制品种类进行全面细致的划分,后续可对这些内容进行研究探讨,以便在油脂对面制品作用影响的方向上给予科学合理的指导,为改良面制品品质和发展食品工艺提供理论性支持。

参考文献

[1] 雍雅萍,高翠霞,王艳茹,等.不同品种小麦粉品质特性对馒头品质的影响[J].食品与机械,2020,36(11):27-32.
YONG Ya-ping, GAO Cui-xia, WANG Yan-ru, et al. Effects of different wheat flour quality characteristics on steamed bread quality[J]. Food & Machinery, 2020, 36(11): 27-32.
[2] 郭兴凤,张莹莹,任聪,等.小麦蛋白质的组成与面筋网络结构、面制品品质关系的研究进展[J].河南工业大学学报(自然科学版),2018,39(6):119-124.

GUO Xing-feng, ZHANG Ying-ying, REN Cong, et al. Studies on the relationship between the composition of wheat protein and the structure of gluten network and the quality of wheat products[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2018, 39(6): 119-124.
[3] 崔会娟,郭兴凤.面团流变学特性与面制品品质的关系[J].粮食加工,2015,40(2):28-31.
CUI Hui-juan, GUO Xing-feng. Relationship between rheological properties of dough and quality of flour products[J]. Grain Processing, 2015, 40(2): 28-31.
[4] 岳颖,佟立涛,周素梅,等.发酵面团气室结构稳定性调控理论研究进展[J].中国粮油学报,2021,36(4):169-176.
YUE Ying, TONG Li-tao, ZHOU Su-mei, et al. Research progress on stability control theory of gas chamber of fermented dough[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 36(4): 169-176.
[5] 李鹏,王凤成,王刚.油脂对面粉烘焙制品的作用及影响[J].农产品加工,2006(4):34-36.
LI Peng, WANG Feng-cheng, WANG Gang. Effect and influence of oil on flour baking products[J]. Agricultural Products Processing, 2006(4): 34-36.
[6] 刘佳敏,姚迪,何新益,等.低硬度调和牛油的制备及品质分析[J].食品与机械,2020,36(3):200-202.
LIU Jia-min, YAO Di, HE Xin-yi, et al. Preparation and quality analysis of low hardness blended butter[J]. Food & Machinery, 2020, 36(3): 200-202.
[7] PAREYT B, FINNIE S M, PUTSEYS J A, et al. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality [J]. Journal of Cereal Science, 2011, 54(3): 266-279.
[8] 郝育忠,王文周.小麦粉中的脂肪对食品烘焙特性的影响[J].粮食加工,2008(3):80-81.
HAO Yu-zhong, WANG Wen-zhou. Effects of fat in wheat flour on baking characteristics of food[J]. Grain Processing, 2008(3): 80-81.
[9] 葛瑞宏,吴文民,王德志,等.专用油脂对冷冻面团焙烤品质的影响[J].食品科学,2010,31(13):114-117.
GE Rui-hong, WU Wen-min, WANG De-zhi, et al. Effect of special oil on baking quality of frozen dough[J]. Food Science, 2010, 31(13): 114-117.
[10] DEBONNE E, DE LEYN I, VERWAEREN J, et al. The influence of natural oils of blackcurrant, black cumin seed, thyme and wheat germ on dough and bread technological and microbiological quality[J]. Food Science & Technology, 2018, 93: 212-219.
[11] ÖZCAN M M. Effect of some essential oils on rheological properties of wheat flour dough [J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2009, 60(2): 176-181.
[12] 王然.不同油脂对富含马铃薯泥的面包品质影响[J].中国油脂,2019,44(3):141-145.
WANG Ran. Effects of different oils on the quality of bread containing potato mash[J]. China Oils and Fats, 2019, 44(3): 141-145.
[13] JACOB J, LEELAVATHI K. Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(1):

- 299-305.
- [14] DEVI A, DEVI A, KHATKAR B S, et al. Effects of fatty acids composition and microstructure properties of fats and oils on textural properties of dough and cookie quality[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2018, 55(1): 321-330.
- [15] 马传国, 盖争艳, 娄丽娟. 油脂对面团特性及微观结构的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(11): 43-46.
MA Chuan-guo, GAI Zheng-yan, LOU Li-juan. Effect of oil on the properties and microstructure of dough[J]. *Food Science*, 2012, 33(11): 43-46.
- [16] 张忠慧, 黄卫宁. 冷冻面团专用流态起酥油及其对冷冻面团微结构影响研究[J]. *粮食与油脂*, 2006(7): 23-25.
ZHANG Zhong-hui, HUANG Wei-ning. Study on special liquid shortening for frozen dough and its effect on microstructure of frozen dough[J]. *Grain and Oils*, 2006(7): 23-25.
- [17] 黄婷玉. 焙烤食品组分与面筋质构的关系及应用[D]. 南昌: 江西农业大学, 2015: 17-37.
HUANG Ting-yu. The relationship between the composition of baked food and the texture and its application[D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2015: 17-37.
- [18] MANCEBO C M, MARTÍNEZ M M, MERINO C, et al. Effect of oil and shortening in rice bread quality: Relationship between dough rheology and quality characteristics[J]. *Journal of Texture Studies*, 2017, 48(6): 597-606.
- [19] RENZETTI S, DE HARDER R, JURGENS A. Puff pastry with low saturated fat contents: The role of fat and dough physical interactions in the development of a layered structure[J]. *Journal of Food Engineering*, 2016, 170: 24-32.
- [20] 赵影, 郑环宇, 许慧, 等. 低反式脂肪酸氢化油脂研究进展[J]. *中国油脂*, 2012, 37(12): 38-43.
ZHAO Ying, ZHENG Huan-yu, XU Hui, et al. Research progress of low trans fatty acid hydrogenated fats[J]. *China Oils and Fats*, 2012, 37(12): 38-43.
- [21] 仪凯, 彭元怀, 李建国. 我国食用油脂改性技术的应用与发展[J]. *粮食与油脂*, 2017, 30(2): 1-3.
YI Kai, PENG Yuan-huai, LI Jian-guo. Application and development of edible oil modification technology in China[J]. *Grain and Oils*, 2017, 30(2): 1-3.
- [22] DE SOUZA R J, MENTE A, MAROLEANU A, et al. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: Systematic review and meta-analysis of observational studies[J]. *BMJ: British Medical Journal*, 2015, 351: h3978.
- [23] 何天宇, 刘春英, 康丹, 等. 不同植物油油炸面制品中反式脂肪酸含量的研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2017, 29(2): 149-154.
HE Tian-yu, LIU Chun-ying, KANG Dan, et al. Study on the content of trans fatty acids in different vegetable oil fried flour products[J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2017, 29(2): 149-154.
- [24] 何仔颖, 吴超. 食品中反式脂肪酸的风险评价[J]. *食品与机械*, 2011, 27(4): 94-97.
HE Zai-ying, WU Chao. Risk assessment of trans fatty acids in food[J]. *Food & Machinery*, 2011, 27(4): 94-97.
- [25] 王显伦, 罗晓岚, 阁向阳. 油脂对饼干生产影响的探讨[J]. *粮食与油脂*, 1997(2): 26-27.
WANG Xian-lun, LUO Xiao-lan, GE Xiang-yang. Study on the effect of grease on biscuit production[J]. *Grain and Oils*, 1997(2): 26-27.
- [26] 郭孝源. 油脂对面团及面条品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2013: 31-44.
GUO Xiao-yuan. Effect of grease on quality of dough and noodles[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2013: 31-44.
- [27] CULETU A, STOICA GUZUN A, DUTA D E. Impact of fat types on the rheological and textural properties of gluten-free oat dough and cookie [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2021, 56(1): 126-137.
- [28] DEVI A, KHATKAR B S. Physicochemical, rheological and functional properties of fats and oils in relation to cookie quality: A review[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 53(10): 3 633-3 641.
- [29] MANOHAR R S, RAO P H. Effect of emulsifiers, fat level and type on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1999, 79(10): 1 223-1 231.
- [30] WATANABE A, LARSSON H, ELIASSON A C. Effect of physical state of nonpolar lipids on rheology and microstructure of gluten-starch and wheat flour doughs[J]. *Cereal chemistry*, 2002, 79(2): 203-209.
- [31] 孟丹丹. 小麦粉中的脂类对面团特性和面条品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2012: 36-47.
MENG Dan-dan. Effect of lipid in wheat flour on dust characteristics and noodle quality[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2012: 36-47.
- [32] 王晓曦, 曲艺, 雷宏, 等. 小麦胚中脂类对小麦粉品质的影响[J]. *粮食与饲料工业*, 2009(3): 13-16.
WANG Xiao-xi, QU Yi, LEI Hong, et al. Effects of lipid in wheat embryo on wheat flour quality[J]. *Grain and Feed Industry*, 2009(3): 13-16.
- [33] 盖争艳. 专用油脂对蒸煮食品品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2011: 41-51.
GAI Zheng-yan. Influence of special oil on quality of cooked food[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2011: 41-51.
- [34] 白建民, 刘长虹, 韩禅娟. 乳化油脂对面团流变特性和馒头品质的影响[J]. *粮食加工*, 2009, 34(6): 46-48.
BAI Jian-min, LIU Chang-hong, HAN Chan-juan. Effect of emulsified oil on rheological properties of dough and quality of steamed bread[J]. *Grain Processing*, 2009, 34(6): 46-48.
- [35] MAACHE-REZZOUG Z, BOUVIER J, ALLAF K, et al. Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits[J]. *Journal of Food Engineering*, 1998, 35(1): 23-42.
- [36] FARMANI J, MIARKIANI F, MAGHSOUDLOU Y. Dough characteristics, baking performance, and staling of taftoon bread as affected by supplementation with sesame oil[J]. *Journal of Culinary*

- Science & Technology, 2016, 14(4): 318-331.
- [37] 秦逸飞. 挤压处理对小麦面筋蛋白—油脂体系改性的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2018: 18-31.
- QIN Yi-fei. Effect of extrusion treatment on modification of wheat gluten gluten-oil system [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2018: 18-31.
- [38] 沈忱, 蒋予箭, 林家莲. 油脂对面团物理特性的影响[J]. 食品与机械, 2007, 23(3): 45-47.
- SHEN Chen, JIANG Yu-jian, LIN Jia-lian. Effect of grease on physical properties of dough[J]. Food & Machinery, 2007, 23(3): 45-47.
- [39] 郭孝源, 陆启玉, 章绍兵, 等. 不同种类油脂对面粉品质的影响研究[J]. 食品科技, 2013, 38(4): 160-164.
- GUO Xiao-yuan, LU Qi-yu, ZHANG Shao-bing, et al. Effects of different oils and fats on flour quality[J]. Food Science and Technology, 2013, 38(4): 160-164.
- [40] KATYAL M, SINGH N, SINGH H. Effects of incorporation of groundnut oil and hydrogenated fat on pasting and dough rheological properties of flours from wheat varieties[J]. Journal of Food Science and Technology, 2019, 56(2): 1 056-1 065.
- [41] 王瑾, 杨占威, 肖建辉, 等. 不同油脂的添加对面条品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(5): 37-39.
- WANG Jin, YANG Zhan-wei, XIAO Jian-hui, et al. Effects of different oil additions on quality of noodles[J]. Grain and Oils, 2015, 28(5): 37-39.
- [42] 陈洁, 莫松成, 王春, 等. 乳化油脂对面条品质影响的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2008(3): 4-7.
- CHEN Jie, MO Song-cheng, WANG Chun, et al. Study on the effect of emulsified oil on the quality of noodles[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2008(3): 4-7.
- [43] 王凤成, 李鹏, 王显伦. 油脂对馒头品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2006(3): 238-240.
- WANG Feng-cheng, LI Peng, WANG Xian-lun. Effects of oil on the quality of steamed bread[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2006(3): 238-240.
- [44] 王德志, 马传国, 王高林. 专用油脂在食品工业中的应用[J]. 中国油脂, 2008(4): 7-11.
- WANG De-zhi, MA Chuan-guo, WANG Gao-lin. Application of special oils and fats in food industry[J]. China Oils and Fats, 2008(4): 7-11.
- [45] 金俊, 揭良, 李泓勇, 等. 棕榈油在金华酥饼皮中的应用研究[J]. 中国油脂, 2016, 41(3): 70-73.
- JIN Jun, JIE Liang, LI Hong-yong, et al. Study on the application of palm oil in Jinhua crisp cake crust[J]. China Oils and Fats, 2016, 41(3): 70-73.
- [46] 谢新华, 潘开林, 杨峻豪, 等. 棕榈油基鲜花饼的研制[J]. 农产品加工, 2021(2): 10-12.
- XIE Xin-hua, PAN Kai-lin, YANG Jun-hao, et al. Development of palm oil-based flower cake[J]. Agricultural Products Processing, 2021(2): 10-12.
- (上接第 226 页)
- [55] 刘盼盼, 任广跃, 段续, 等. 微波处理技术在食品干燥领域中的应用[J]. 食品与机械, 2020, 36(12): 194-202.
- LIU Pan-pan, REN Guang-yue, DUAN Xu, et al. Application of microwave treatment technology in the field of food drying[J]. Food & Machinery, 2020, 36(12): 194-202.
- [56] 张是, 夏浪. 西红柿粉的加工技术[J]. 河北农业科技, 2002(6): 45.
- ZHANG Shi, XIA Lang. Processing technology of tomato powder[J]. Hebei Agricultural Science and Technology, 2002(6): 45.
- [57] TOOR R K, SAVAGE G P. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes[J]. Food Chemistry, 2006, 94(1): 90-97.
- [58] DROUZAS A E, SCHUBERT H. Microwave application in vacuum drying of fruits[J]. Journal of Food Engineering, 1996, 28(2): 203-209.
- [59] GOULA A M, ADAMOPOULOS K G, CHATZITAKIS P C, et al. Prediction of lycopene degradation during a drying process of tomato pulp[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 74(1): 37-46.
- [60] 付露莹, 原双进, 陈浩, 等. 喷雾干燥与真空冷冻干燥对核桃粕红枣复合粉品质的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(1): 204-208.
- FU Lu-ying, YUAN Shuang-jin, CHEN Hao, et al. Effect of spray drying and vacuum freeze-drying on quality of walnut meal and jujube compound powder[J]. Food & Machinery, 2019, 35(1): 204-208.
- (上接第 234 页)
- [88] 古鑫宇, 郎乐, 王建伟, 等. 基于磁珠—适配体的高效液相色谱—串联质谱法检测食品中的黄曲霉毒素 B₁ [J]. 应用化学, 2020, 37(11): 1 324-1 332.
- GU Xin-yu, LANG Le, WANG Jian-wei, et al. Determination of aflatoxin B₁ in food by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry based on magnetic beads-aptamer[J]. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2020, 37(11): 1 324-1 332.
- [89] 邵坤. 基于适配体纳米磁珠的黄曲霉毒素 B₁ 萃取及检测方法研究[D]. 成都: 西华大学, 2019: 59-60.
- SHAO Kun. Extraction and determination of aflatoxin B₁ based on aptamer and magnetic nanoparticles [D]. Chengdu: Xihua University, 2019: 59-60.
- [90] 张琼, 冉丛聪, 陈丹, 等. 复合前处理方法净化-HPLC-FLD 用于复方板蓝根颗粒中黄曲霉毒素 B₁, B₂, G₁, G₂ 的测定[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(19): 3 780-3 785.
- ZHANG Qiong, RAN Cong-cong, CHEN Dan, et al. Determination of aflatoxin B₁, B₂, G₁, G₂ in Ben Lamge granules by HPLC-FLD after multi-pretreatment clean-up[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2015, 40(19): 3 780-3 785.