

糊的组成成分 对挂糊油炸肉制品品质影响的研究进展

计红芳, 张令文*, 王 方, 娄世垚, 马汉军, 孙俊良
(河南科技学院食品学院, 河南新乡 453003)

摘 要: 挂糊油炸肉制品作为一类重要的传统食品, 具有色泽金黄、外壳酥脆等特点, 深受消费者的喜爱。随着人们消费水平的提高和健康意识的增强, 具有低吸油率和高食用品质(外脆里嫩)的油炸制品引起了科研人员的广泛关注。糊的组成、油炸工艺条件、油炸用油等都会影响挂糊油炸肉制品的品质。其中, 糊的组成成分是重要的影响因素。通过查阅国内外大量文献, 详述了淀粉、蛋白质、食用胶等糊的组成成分对挂糊油炸肉制品品质影响的研究进展, 可为油炸食品的原料选择提供一定的科学依据, 从而利于挂糊油炸肉制品的工业化生产。

关键词: 挂糊油炸肉制品; 糊; 组成成分; 品质

Research progress of effects of batter composition on edible quality of deep-fat-fried battered meat product

JI Hong-fang, ZHANG Ling-wen*, WANG Fang, LOU Shi-yao, MA Han-jun, SUN Jun-liang

(School of Food Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

Abstract: The deep-fried battered (DFB) meat product having golden color and crisp crusts is one of the important traditional foods and welcomed by consumers. With the improvement of people's consumption level and the enhancement of health consciousness, the final products with low oil content and high index (crispness of crusts and tenderness of meat) had aroused people's wide concern. Batter formula, frying temperature, frying time, heating method and frying oil would influence the quality of DFB meat product. And batter component was one of the most important factors which could affect the quality of DFB meat product. Based on a large number of domestic and foreign documents, the effects of batter components (starch, protein, edible gum and so on) on quality of DFB meat product were comprehensively reviewed. This paper could provide some theoretical guide for materials selection and was conducive to industrial production of DFB meat product.

Key words: deep-fried battered meat product; batter; component; quality

中图分类号: TS202.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)04-0384-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.04.064

我国传统食品是中华饮食文化的结晶, 具有悠久的历史和丰富的内涵, 分布广泛、口味多样。近年来, 国内对传统食品的工业化、现代化、方便化等生产理论和技术的研究非常重视, 促进了我国传统食品的长足发展, 仅主食产业国内将有超过 10 万亿的市场, 全球将有超过 70 万亿级的市场^[1]。

作为一类重要的传统食品的挂糊油炸肉制品, 具有色泽金黄、外壳酥脆等特点, 深受消费者的喜爱^[2]。但挂糊油炸肉制品具有制作工艺复杂、家庭油炸污染大、油脂含量高等缺点。随着人们生活水平的提高和对健康意识的逐步增强, 一些消费者对油炸食品产生了戒备心理, 担心摄入油炸食品容易发

胖, 增加患有心脑血管疾病甚至癌症的风险等。因此, 如何降低吸油率, 提高食用品质是挂糊油炸肉制品研究领域亟待解决的问题。

影响挂糊油炸肉制品品质的因素很多, 如糊的成分^[3-6]、油炸工艺(油炸温度、油炸时间等)^[7-10]、甚至油炸用油^[11]。其中, 糊的成分是影响挂糊油炸肉制品质量的重要因素。因此, 从糊的成分方面开展研究进而提高挂糊油炸肉制品品质是十分必要的。本文简要介绍了糊的分类, 重点综述了淀粉、蛋白质、食用胶等糊的组成成分对挂糊油炸肉制品品质的影响, 以期为挂糊油炸食品的原料选择提供科学依据, 进而利于挂糊油炸肉制品的工业化生产。

收稿日期: 2016-08-12

作者简介: 计红芳(1978-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 食品加工技术, E-mail: jhf300@126.com。

* 通讯作者: 张令文(1977-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 传统食品技术机理, E-mail: lingwen2008@163.com。

基金项目: 国家自然科学基金项目(U1504329); 河南省科技厅科技攻关项目(142102110040); 河南省高校科技创新团队支持计划项目(13IRTSTHN006)。

1 糊及组成成分

近年来,伴随我国食品工业的飞速发展,作为我国传统食品之一的挂糊油炸肉制品也得到了长足发展,已广泛涉及快餐食品、速冻食品和微波食品等领域。

1.1 挂糊

挂糊是指在经过刀工处理的原料表面均匀挂上一层粘性糊浆的技术措施,是挂糊油炸食品重要的加工工序之一^[12]。由于糊在油炸时受热而凝成一层保护层,形成最终产品的外壳,使包裹的食物原料不直接与高温油接触,因此既可以保持原料内部的水分和风味,又可以保护其营养成分,利于成品具有松、香、脆、嫩的食用品质。

从饮食美学的角度,挂糊能改善制品的嗅觉特性(嗅美)、视觉特性(色美、形美)、营养特性(质美)、触觉特性(触美)和味觉特性(味美)^[13]。

1.2 糊的分类

在某种程度上,糊可认为是液体面团^[14]。根据原料性质和产品特色的要求,国内将糊的种类分为水粉糊、发粉糊、蛋清糊、蛋黄糊、全蛋糊、酥皮糊等。根据糊的作用,国外学者将糊分成两类:一类是粘附/连接糊(Adhesion/interface batter),另一类是脆皮/天麸罗糊(puff/tempura batter)^[15]。

1.3 糊的组成成分

最简单的糊是由面粉和水组成的。在实际使用过程中,糊的组成成分很多,如淀粉、小麦蛋白、鸡蛋(全蛋、蛋清、蛋黄)、发酵剂、调味料、食用胶及其他成分。糊的组成成分变得高度复杂,各成分的特性及成分之间的相互作用变化很大,对糊进行研究和定性的难度将逐渐加大。国内外学者在糊的组成——淀粉、蛋白质、食用胶、膨松剂等对油炸食品品质的影响方面产生了极大的兴趣,也得到了许多有指导意义的结果^[4-5,16]。

2 糊的组成成分对挂糊油炸肉制品品质的影响

2.1 淀粉

淀粉和改性淀粉可作为糊的组分之一,提高糊的流变特性^[14,17-19],在热处理过程中发生糊化,在原料外层形成致密性的保护层,从而改善糊的质构,改变油炸食品的含油量^[20]。国内外学者在淀粉及其衍生物对挂糊油炸食品外壳品质影响方面开展了大量深入的研究工作,并取得了较多的研究成果。

Altunakar等^[21]研究了预糊化木薯淀粉、蜡质玉米淀粉、玉米淀粉、高直链玉米淀粉对深层油炸鸡肉块品质的影响,发现糊中添加淀粉后增加了终产品的脆度;当糊中添加预糊化木薯淀粉时,终产品的含油量最低,水分含量最高,挂糊率和体积也最大;当糊中添加玉米淀粉时,产品外壳的多孔性最好,含油率也最高。翟金玲等^[22]研究表明,糊中添加适量的玉米淀粉可改善油炸外裹糊鱼块的持水能力,降低油脂含量,提高挂糊率,使油炸外裹糊鱼块富有弹性和咀嚼性。Zhang等^[23]研究了绿豆淀粉、木薯淀粉、

豌豆淀粉、小麦淀粉、玉米淀粉、马铃薯淀粉和红薯淀粉等对油炸挂糊猪肉片品质的影响,结果表明,不同植物源淀粉对挂糊油炸猪肉片外壳的硬度、脆度和易碎性的影响不同。含豌豆淀粉的样品硬度最高,其次是含绿豆淀粉的样品。含绿豆淀粉的样品易碎性最高,含木薯淀粉的样品易脆性最低。添加绿豆淀粉的样品外壳具有最高的黄度和最低的吸油率。Sanz等^[24]研究显示,添加抗性淀粉能显著提高挂糊油炸鱿鱼圈的硬度和酥脆性,表面的金黄色也较好;当抗性淀粉添加量为20%时,消费者仍能接受终产品。Primo-Martín^[5]研究表明,随着小麦淀粉交联度的增加,油炸食品的脆性得到了改善。Zhang等^[25]研究报道超高压处理的绿豆淀粉增加了挂糊油炸猪肉片外壳的硬度,提高了脆度和易碎性;增加了外壳的水分含量,降低其含油率。

不同植物来源的淀粉颗粒大小存在较大差异,淀粉颗粒的粒径大小对油炸食品品质也有影响。Zhang等^[23]研究了绿豆淀粉、马铃薯淀粉、木薯淀粉、玉米淀粉、小麦淀粉、豌豆淀粉和红薯淀粉等对挂糊油炸猪肉片品质的影响,结果表明,淀粉粒径大小与挂糊油炸猪肉片外壳的硬度具有显著正相关($r=0.766$, $p<0.05$),而与 L^* 值具有极显著负相关($r=-0.928$, $p<0.01$)。

直链淀粉含量与挂糊油炸猪肉片外壳硬度和易碎性存在正相关关系($r=0.931$, $p<0.01$; $r=0.844$, $p<0.05$),而与含油率和 L^* 值具有显著负相关($r=-0.769$; $r=-0.827$, $p<0.05$)^[23]。Mohamed等^[26]的研究也得到类似的结论,他们发现油炸食品的脆度与直链淀粉的含量正相关,吸油率与直链淀粉的含量呈负相关关系。直链淀粉含量的增加将提高多糖与多糖间的相互作用,从而能够赋予油炸食品较高脆度和较低的吸油率。与支链淀粉相比,直链淀粉成膜的均一性好,强度相对较高^[27]。Fiszman等^[14]研究发现,含直链淀粉较多的改性淀粉具有较好的成膜性,可通过形成保护膜而降低最终产品的含油率。然而,太多的直链淀粉将导致终产品太硬而不易咀嚼。由此可以看出,糊的组成中直链淀粉/支链淀粉的比例对于产品的质量来说是非常重要的。

此外,糊精通常具有中高的黏度,能够形成连续的、规则的糊^[27]。在糊的配方中使用糊精主要与提高油炸食品的脆度有关^[28]。添加麦芽糊精可降低油炸壳层5%左右的含油量。

2.2 蛋白质

添加蛋白质的糊能够改善挂糊油炸肉制品的组织形态、增强凝胶性能、提高黏度,从而提高产品的持水能力,在不同加工条件下可起到控制油吸收的作用,从而可减少挂糊油炸肉制品油脂的摄入^[29-31]。

小麦面粉是糊粉系统中最常用的成分^[32],具有改善糊的黏度、增强糊的弹塑性、赋予终产品外壳良好的色泽,这与小麦面粉中含有大量的蛋白质有关^[33]。与软质小麦面粉相比,硬质小麦面粉含有较高的蛋白质,要获得具有可比较的黏性糊时,硬质小麦粉需要添加更多的水分,这与面筋蛋白具有较强

的持水能力有关^[34]。在天妇罗糊中,面筋蛋白能够提高糊的持气能力,赋予终产品较低的密度、良好的多孔性和脆性。小麦面粉中较高的蛋白质含量与挂糊油炸食品较好的脆度和较深的色泽有关^[35]。

Dogan^[16]等在研究小麦分离蛋白、大豆分离蛋白及鸡蛋蛋白对深层油炸鸡肉块外壳品质影响时发现,3种蛋白均能降低终产品的含油量,其中鸡蛋蛋白能显著降低鸡肉块的含油量但产品松软;添加3%小麦蛋白最能改善挂糊油炸鸡肉块外壳的表观色泽和质构参数(硬度最大,脆性最好),同时能显著降低产品吸油率。Albert等^[36]比较了小麦分离蛋白、大豆分离蛋白和谷朊粉等对挂糊油炸食品降低吸油率的效果,结果表明,谷朊粉不适合作为单一的挂糊原材料,小麦分离蛋白以及大豆分离蛋白可作为降低产品吸油率的最好原材料,这与上述原料能提供较厚膜有关。与添加小麦淀粉、变性玉米淀粉、糊精和蛋粉的糊相比,添加面筋蛋白的糊具有最高的挂糊率,这与面筋蛋白具有较高的稠度指数有关;此外,含有面筋蛋白的挂糊油炸鱿鱼圈外壳的含油率最低^[37]。

经谷氨酰胺转移酶处理后的小麦面粉糊具有较高的粘弹性和挂糊率,获得的油炸食品外壳水分含量高、吸油率低,这可能与谷氨酰胺转移酶引起的小麦蛋白的交联有关^[38]。与不同程度添加大米粉的糊相比,完全由小麦面粉组成的糊加工的油炸食品外壳具有数量最多的破裂,从而影响了制品外壳的脂肪含量,这可能与面筋蛋白能够形成较强的阻挡膜有关^[32]。

高酶大豆蛋白粉可增加产品的脆度、改善产品的色泽及减少含油量^[30]。大豆分离蛋白能够显著增加面包虾的裹粉率,有效降低油炸面包虾终产品的水分损失和吸油量;添加8%大豆分离蛋白的面包虾具有最好的质构特性且获得较高的综合感官评分。另外,添加大豆分离蛋白到裹浆中并不会极显著影响油炸面包虾的亮度、黄度及红度^[39]。潘广坤等^[40]也得到类似的结论,在相同的油炸条件下,含油10%的大豆分离蛋白能显著降低面包虾的含油量。另有研究表明,大豆改性蛋白-Ca结合11S蛋白能有效延缓制品外壳的短期回生和长期回生特性^[41]。

Brannan等^[42]研究表明,在油炸前使用含油11%蛋清蛋白溶液进行浸渍样品,鸡胸肉含油量能够减少15%~27%,鸡肉饼含油量能够降低37%,最终产品具有鲜嫩的口感。翟金玲等^[43]研究报道,当乳清蛋白添加量为4%时,研制出的油炸外裹糊鱼块感官品质较佳,内部的鱼块水分含量较高,气孔明显变小,分布均匀;外壳的结构变得紧密,油脂含量较低。添加适量的乳清蛋白可阻止油炸过程中油的吸收,显著降低油炸外裹糊鱼块的油脂含量。齐力娜等^[44]研究发现,鱼鳞胶原蛋白可改善油炸壳层的金黄色泽;2%与7.5%的鱼鳞胶原蛋白添加量可改善油炸壳层和微波复热壳层的脆性。两种南极磷虾分离蛋白组均能够降低预油炸裹面鳕鱼的含油量,其中肌肉蛋白组分对含油量的降低更为显著。当肌肉蛋白添加在最外层时,对预油炸裹面鳕鱼产品含油量的

降低最为显著^[30]。

可以看出,蛋白质能够影响挂糊油炸肉制品的品质,这可能与不同的蛋白质能在制品表面形成凝胶层,从而可以阻止水分的迁移、提高了终产品的脆性及降低了含油量等因素有关^[45-47]。与淀粉相比,蛋白质对挂糊油炸肉制品品质影响方面研究相对较少,尤其是蛋白质结构、性质对产品品质的影响机理研究还是相当肤浅的。

2.3 食用胶

许多胶体物质作为辅料使用到糊中,其中广泛使用的是树胶。胶体控制着糊的黏度和持水能力;一些树胶具有参与形成凝胶或膜的能力,进而可以结合其他成分^[48]。

2.3.1 纤维素及其衍生物 化学上,纤维素与淀粉的区别体现在,前者由 β -1,4糖苷键组成,而后者是由 α -1,4糖苷键组成^[49]。纤维素通过化学改性可以形成纤维素胶。如甲基纤维素(MC)、羧甲基纤维素(CMC)、羟丙基甲基纤维素(HPMC)等都是改性纤维素。

纤维素及其衍生物在油炸食品中的使用引起了国内外学者的广泛关注^[50-52]。甲基纤维素(MC)、羟丙基甲基纤维素(HPMC)在加热时形成凝胶,在冷却时能恢复到开始的黏性。由于具有此种特性,它们适合使用于油炸食品中,形成保护层而阻碍油的吸收^[53]。

含有纤维素和小麦面粉的油炸糊的糊化特性受到纤维素的类型、分子量和浓度的影响。羟丙基甲基纤维素能降低酥皮糊的糊化温度、峰值黏度以及冷黏度;显微观察显示,当羟丙基甲基纤维素存在时,淀粉颗粒具有较高的糊化度;羟丙基甲基纤维素亦能辅助保留水分;导致终产品具有较高韧性和酥松结构^[54]。添加HPMC可降低油炸壳层1%的吸油量^[44]。鸡肉丸裹上HPMC糊得到的终产品,能降低外层的含油率,增加内层的含水量^[55]。HPMC具有降低挂糊油炸鸡肉片、鱼及蔬菜等食品吸油率的能力,它们能阻碍食品中原有水分损失,也可以提高糊粘结能力和蒸煮得率^[50]。HPMC具有可逆热凝胶特性,加热时呈现凝胶状态,冷却时可以恢复液体连续状态,具有较好的锁水能力,从而减少水分损失,降低含油量^[56]。甲基纤维素提高裹浆的热定型特性和粘附特性以及产品的裹面率,增加产品的脆性、改善产品的色泽和降低含油量^[6]。添加CMC可降低油炸壳层5%左右的含油率^[44]。

2.3.2 黄原胶 黄原胶由于其增稠、悬浮及稳定性而广泛适用于很多产品中。黄原胶不带有电荷,即便在挂糊成分中有食盐的存在,其不带电荷的性质也不会被影响^[48]。

Hsia等^[57]研究了黄原胶、CMC和瓜尔豆胶对糊的流变学性质的影响,发现添加黄原胶得到的糊的黏度最高,其次是瓜尔豆胶、CMC。Xue等^[53]研究发现黄原胶能降低糊的流动指数,赋予糊更高的假塑性。含有黄原胶的糊能增加终产品的水分含量与黄原胶的水结合能力有关^[53,58]。Altunakar^[59]研究发现

含有1%黄原胶的脆皮糊能显著降低油炸鸡肉块的吸油量,但同时造成终产品的体积增加。黄原胶可以提高裹浆的黏度和产品的裹面率,但在对裹面虾品质的影响上却无优势^[6]。

2.3.3 瓜尔豆胶 瓜尔豆胶不能形成凝胶,但在较低的浓度下仍能达到很高的黏性。因此,其主要用于增稠剂、稳定剂和保水剂。另外,由于其是非离子型,糊中即使有食盐的存在对其也无负面影响。Patil等^[60]研究发现,与对照相比,当糊含有0.25%~1%的瓜尔豆胶时,能降低9.7%~22%的油含量。瓜尔豆胶能够显著增加面包虾的裹粉率($p < 0.05$),降低油炸制品的水分损失量和吸油量,能够有效改善产品的脆性,使终产品具有相对较好的可接受度^[61]。

此外,黄原胶与瓜尔豆胶等半乳甘露聚糖具有协同作用。当瓜尔豆胶和黄原胶混合使用于深层油炸胡萝卜片时,与对照相比,最大能降低53%的吸油量^[62]。瓜尔豆胶和黄原胶的混合物不能正常形成凝胶,但能形成很高的黏性,与单一的树胶相比,差异显著^[63]。

2.4 其他成分

2.4.1 谷物类粉体 大米粉、玉米粉等谷物类食品配料在油炸食品的糊中也能够起着重要的作用^[64-66],上述配料的添加,可使糊的黏度发生不同程度的变化,影响挂糊率及糊的厚度,以及糊在油炸过程中水分的蒸发与含油率,从而影响挂糊油炸制品外壳的食用品质。

张令文等^[66]研究了长糯米、东北长粒香米、泰国香米和稻花香米等4种米粉对挂糊油炸食品外壳的影响,结果表明,当米粉添加量为16%时,稻花香米粉外壳吸油率最低,外壳剪切力最大;当添加量为32%时,泰国香米粉的外壳吸油率最低;当米粉添加量为16%时,泰国香米粉外壳 L^* 值最大。

玉米粉由于其含有的胡萝卜素的颜色而具有黄色,可以作为天然黄色素的来源^[58, 67]。Nasiri等^[4]研究表明,糊中含有5%玉米粉时,得到的油炸虾块水分含量最低,含油率最高,这与玉米粉能够降低糊的保水能力有关。

2.4.2 膨松剂 挂糊油炸肉制品高温处理时,淀粉微晶粒中的水分能够急剧汽化,引起产品形成空隙、疏松的组织结构;也常需借助膨松剂来促进膨化,进而使制品产生多孔的海绵状结构、酥脆可口的品质。

随泡打粉含量的增加,挂糊油炸猪肉片外壳 L^* 值逐渐减小, a^* 值和 b^* 值增大^[68]。黄亮等^[69]研究了碳酸氢钠对含有蕨根、葛根和马铃薯淀粉的油炸膨化食品色泽的影响,结果表明,随碳酸氢钠添加量的增加,终产品的颜色进一步加深。汪磊等^[70]也报道了类似的结论,油炸制品外壳的颜色随化学膨松剂的添加量增大而加深;当泡打粉添加量为0.5%时,产品颜色较白,而添加量为2.5%时,产品颜色则较深。

张令文等^[68]研究表明,随泡打粉添加量增加,挂糊油炸猪肉片外壳的硬度逐渐降低,脆度增大,含油量逐渐增大。当泡打粉添加量过少时,制品外壳膨

胀小而且不脆;当泡打粉添加过多时,制品外壳膨胀过度,易破碎且碱味突显。

2.4.3 食盐 食盐加入糊中可使油炸制品有一个基本味。适量的食盐还可利于糊中的蛋白质吸水润胀,且相连更紧密,从而可以提高糊的粘弹性和延伸性^[71]。

随食盐添加量的增加,挂糊油炸猪肉片外壳的含油率先迅速降低后趋于平稳;制品外壳的硬度增大;脆度随食盐添加量的增加先升高后有所降低。终产品的易碎性随食盐添加量的增加,先略有降低后逐步增加。当食盐添加量较低时,制品外壳呈金黄色、膨胀适度、形状较规则,硬度适中;当食盐添加量较高时,制品外壳颜色分布不均匀,局部呈黄褐色,膨胀度较低,硬度较高,咸味出现,总体接受度降低^[68]。

3 展望

糊的组成成分对挂糊油炸肉制品品质的影响近年来已成为油炸食品研究的热点问题。淀粉和变性淀粉可用于提高制品的质构和降低吸油率。尽管国内外学者开展了一些淀粉及其衍生物对油炸食品品质影响的研究工作,也取得了一些成果,但有关淀粉的精细结构对油炸食品品质的影响如何,淀粉的精细结构与油炸食品品质间是否具有某种相关关系等方面的研究开展的较少,因此仍需进一步探究淀粉对油炸食品品质的影响机制。

从目前的研究来看,有关蛋白质对挂糊油炸肉制品品质影响的研究进展缓慢,多集中在蛋白质含量对产品质量宏观参数的影响,而从分子水平上研究蛋白对挂糊油炸肉制品品质影响机理尚未见文献报道。这也导致了在挂糊油炸肉制品专用粉制作、产品质量控制等方面缺乏行之有效的有关蛋白质方面的科学依据。因此,从分子层面上探讨蛋白质对挂糊油炸肉制品品质的影响机理是相当必要的。

参考文献

- [1]王小萱.围绕国家营养健康战略需求 中国主食加工产业提速升级[N].中国食品报,2016.7.12.
- [2]张令文,杨铭铎,计红芳,等.淀粉对油炸挂糊猪肉片品质的影响[J].食品工业科技,2013,34(8):114-117.
- [3]Sabanis D, Tzia C. Effect of rice, corn and soy flour addition on characteristics of bread produced from different wheat cultivars [J]. Food and Bioprocess Technology, 2009, 2: 68-79.
- [4]Nasiri F D, Mohebbi M, Yazdi F T, et al. Effects of soy and corn flour addition on batter rheology and quality of deep fat-fried shrimp nuggets [J]. Food Bioprocess Technology, 2012, 5(4): 1238-1245.
- [5]Primo-Martin C. Cross-linking of wheat starch improves the crispness of deep-fried battered food [J]. Food Hydrocolloids, 2012, 28: 53-58.
- [6]韩晓银,张莉莉,田鑫,等.不同成分裹浆的流变学特性及其对裹面虾品质的影响[J].食品工业科技,2012,33(18): 135-138.
- [7]Diamante L M, Presswood H A, Savage G P, et al. Vacuum

fried gold kiwifruit: Effects of frying process and pretreatment on the physico-chemical and nutritional qualities [J]. International Food Research Journal 2011, 18: 632-638.

[8] 张令文, 计红芳, 马汉军, 等. 油炸过程中挂糊油炸猪肉片外壳食用品质的变化 [J]. 现代食品科技, 2016, 32(5): 180-185.

[9] 张令文, 鄂正博, 计红芳, 等. 远红外辅助油炸对挂糊油炸猪肉片食用品质的影响 [J]. 湖北农业科学, 2014, 53(2): 404-406.

[10] 姜万舟, 汪倩, 王瑞花, 等. 挂糊鳊鱼块油炸工艺优化及不同工艺对非挥发性呈味物质的影响 [J]. 食品工业科技, 2016, 37(7): 182-187.

[11] 吴时敏. 煎炸用油和油炸食品的质量安全问题及对策 [J]. 食品科学技术学报, 2015, 33(1): 6-12.

[12] 杨铭铎. 中式烹调师培训教材 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1995: 300-302.

[13] 杨铭铎. 中国现代快餐 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 48-51.

[14] Fiszman S, Salvador A. Recent developments in coating batters [J]. Trends in Food Science and Technology, 2003, 14: 399-407.

[15] Varela P, Fiszman S M. Hydrocolloids in fried foods. A review [J]. Food Hydrocolloids 2011, 25(8): 1801-1812.

[16] Dogan S F, Sahin S, Sumnu G. Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep fat-fried chicken nuggets [J]. Journal of Food Engineering 2005, 71: 127-132.

[17] Miyazaki M, Van Hunga P, Maeda T, et al. Recent advances in application of modified starches for bread making [J]. Trends in Food Science & Technology 2006, 17: 591-599.

[18] Wang Y, Zhang M, Mujumdar A S. Effect of cassava starch gel fish gel and mixed gels and thermal treatment on structure development and various quality parameters in microwave vacuum-dried gel slices [J]. Food Hydrocolloids 2013, 33(1): 26-37.

[19] Pongjaruvat W, Methacanon P, Seetapan N, et al. Influence of pregelatinised tapioca starch and transglutaminase on dough rheology and quality of gluten-free jasmine rice breads [J]. Food Hydrocolloids 2014, 36: 143-150.

[20] Ahamed N T, Singhal R S, Kulkarni P R, et al. Deep-fat fried snacks from blends of soy flour and corn, amaranth and chenopodium starches [J]. Food Chemistry, 1997, 58: 313-317.

[21] Altunakar B, Sahin S, Sumnu G. Functionality of batters containing different starch types for deep-fat frying of chicken nuggets [J]. European Food Research and Technology, 2004, 218(4): 318-322.

[22] 翟金玲, 陈季旺, 肖佳妍, 等. 玉米淀粉对油炸外裹糊鱼块品质的影响 [J]. 食品科学, 2015, 36(21): 20-25.

[23] Zhang L, Yang M, Ji H, et al. Some physicochemical properties of starches and their influence on color, texture and oil content in crusts using a deep-fat-fried model [J]. CyTA-Journal of Food 2014, 12(4): 347-354.

[24] Sanz T, Salvador A, Fiszman S M. Resistant starch (RS) in battered fried products: Functionality and high-fibre benefit [J]. Food Hydrocolloids 2008, 22: 543-549.

[25] Zhang L, Ji H, Yang M, et al. Effects of high hydrostatic pressure treated mung bean starch on characteristics of batters and crusts from deep-fried pork nuggets [J]. International Journal of Food Engineering 2014, 10(2): 261-268.

[26] Mohamed S, Hamid N A, Hamid M A. Food components affecting the oil absorption and crispiness of fried batter [J]. Journal of Food Science and Agriculture, 1998, 78: 39-45.

[27] Gennadios A, Hanna M A, Kurth L B. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: A review [J]. LWT-Food Science and Technology, 1997, 30(4): 337-350.

[28] Shinsato E, Hippleheuser A L, Van Beirendonck K. Products for batter and coating systems [J]. The World of Ingredients, 1999, 1-2: 38-42.

[29] 孙敬, 董赛男. 食品中蛋白质的功能性质 [J]. 肉类研究, 2009, 23(9): 70-80.

[30] 韩晓银, 张莉莉, 张金昂. 南极磷虾分离蛋白对降低预油炸裹面鳊鱼含油量的影响 [J]. 食品科学, 2013, 34(11): 100-104.

[31] 张国治. 油炸食品生产技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 27-34.

[32] Rahimi J, Ngadi M O. Surface ruptures of fried batters as influenced by batter formulations [J]. Journal of Food Engineering 2015, 152: 50-56.

[33] Amboon W, Tulyathan V, Tattiyakul J. Effect of hydroxypropyl methylcellulose on rheological properties, coating pick-up and oil content of rice flour-based batters [J]. Food and Bioprocess Technology 2012, 5(2): 601-608.

[34] Loewe R. Role of ingredients in batter systems [J]. Cereal Foods World, 1993, 38: 673-677.

[35] Olewnik M, Kulp K. Factors influencing wheat flour performance in batter systems [J]. Cereal Foods World, 1993, 38(9): 679-684.

[36] Albert S, Mittal G S. Comparative evaluation of edible coating to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product [J]. Food Research International 2002, 35: 445-458.

[37] Salvador A, Sanz T, Fiszman S M. Effect of the addition of different ingredients on the characteristics of a batter coating for fried seafood prepared without a pre-frying step [J]. Food Hydrocolloids 2005, 19: 703-708.

[38] Jeon S, Lim J, Inglett G E, et al. Effect of enzymatic treatments on the rheological and oil-resisting properties of wheat flour-based frying batters [J]. Journal of Food Engineering 2013, 115: 215-219.

[39] 吉宏武, 潘广坤, 刘书成, 等. 添加大豆分离蛋白对油炸面包虾品质的影响 [J]. 现代食品科技, 2014, 30(4): 104-111.

[40] 潘广坤, 吉宏武, 刘书成, 等. 大豆分离蛋白和油炸条件对面包虾品质的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(8): 143-148.

[41] 陈卫, 范大明, 赵建新, 等. 大豆改性蛋白对可微波预油炸面食品糊化及回生特性的影响 [J]. 食品工业科技, 2008, 29(8): 74-78.

[42] Brannan G R, Myers A S, Herrick C S, et al. Reduction of fat content during frying using dried egg white and fiber solutions

- [J]. European Journal of Lipid Science and Technology ,2013 , 115(8) : 946-955.
- [43] 翟金玲, 陈季旺, 肖佳妍, 等. 乳清蛋白减少油炸外裹糊鱼块油脂含量的研究[J]. 食品科学, 2015, 36(23) : 53-57.
- [44] 齐力娜, 程裕东, 金银哲. 鱼鳞胶原蛋白对油炸壳层品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12) : 291-295.
- [45] 徐志宏. 几种蛋白功能性质的比较研究[J]. 食品科学, 2006, 27(12) : 249-252.
- [46] 赵健. 蛋白在食品加工中的变化[J]. 肉类研究, 2009, 23(11) : 64-67.
- [47] Moreira R G, Palau J, Sweat V E, et al. Thermal and physical properties of tortilla chips as a function of frying time [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 1995, 19(3) : 175-189.
- [48] Loewe R. Ingredient selection for batter systems. In Kulp K, Loewe R, editors. Batters and breadings in food processing [M]. St. Paul, Minn. AAAC, 1990: 11-28.
- [49] Sanderson G R. Polysaccharides in foods [J]. Food Technology, 1981, 7: 50-58.
- [50] Maskat M Y, Yip H H, Mahali H M. The performance of a methyl cellulose-treated coating during the frying of a poultry product [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2005, 40: 811-816.
- [51] Albert A, Perez-Munuera I, Quiles A, et al. Adhesion in fried battered nuggets: Performance of different hydrocolloids as preducts using three cooking procedures [J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(5) : 1443-1448.
- [52] Salvador A, Sanz T, Fisman S M. Performance of methyl cellulose in coating batters for fried products [J]. Food Hydrocolloids, 2008, 22: 1062-1067.
- [53] Xue J, Ngadi M. Effects of methylcellulose, xanthan gum and carboxymethylcellulose on thermal properties of batter systems formulated with different flour combinations [J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23: 286-295.
- [54] Sudha M L, Rao G V. Influence of hydroxypropyl methylcellulose on the rheological and microstructural characteristics of whole wheat flour dough and quality of puri [J]. Journal of Texture Studies, 2009, 40: 172-191.
- [55] Primo-Martin C, Sanz T, Steringa D W, et al. Performance of cellulose derivatives in deep-fried battered snacks: oil barrier and crispy properties [J]. Food Hydrocolloids, 2010, 24: 702-708.
- [56] Chen C L, Li P Y, Chen H H. Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: water barrier effect of HPMC [J]. Food Hydrocolloids, 2008, 22(7) : 1337-1344.
- [57] Hsia H Y, Smith D M, Steffe J F. Rheological properties and adhesion characteristics of flour-based batters for chicken nuggets as affected by three hydrocolloids [J]. Journal of Food Science, 1992, 57: 16-19, 24.
- [58] Xue J, Ngadi M. Thermal properties of batter systems formulated by combinations of different flours [J]. LWT - Food Science and Technology, 2007, 40: 1459-1465.
- [59] Altunakar B. Functionality of different batters in deep-fat fried chicken nuggets [D]. Ankara: Middle East Technical University, 2003.
- [60] Patil S L, Singhal R S, Kulkarni P R. Screening of different hydrocolloids for improving the quality of fried papad [J]. European Journal of Lipid Science Technology, 2001, 103: 722-728.
- [61] 潘广坤, 吉宏武, 刘书成, 等. 食用胶对深度油炸面包虾品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(12) : 305-310.
- [62] Akdeniz N, Sahin S, Sumnu G. Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 75: 522-526.
- [63] Katzbauer B. Properties and applications of xanthan gum [J]. Polymer Degradation and Stability, 1998, 59: 81-84.
- [64] Chen S D, Chen H H, Chao Y C, et al. Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets [J]. Journal of Food Engineering, 2009, 95: 359-364.
- [65] Xue J, Ngadi M. Rheological properties of batter systems formulated using different flour combinations [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77: 334-341.
- [66] 张令文, 计红芳, 杨铭铎, 等. 大米粉对油炸挂糊食品外壳食用品质的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(9) : 87-90, 94.
- [67] Salvador A, Sanz T, Fisman S M. Rheological properties of batters for coating products-effect of addition of corn flour and salt [J]. Food Science and Technology International, 2003, 9: 23-27.
- [68] 张令文, 计红芳, 杨铭铎, 等. 糊的组成成分对挂糊油炸猪肉片外壳食用品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(17) : 87-89.
- [69] 黄亮, 孙昌波, 李忠海, 等. 蕨根、葛根和马铃薯淀粉油炸膨化加工性质的比较研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(6) : 139-142, 145.
- [70] 汪磊. 新型油炸食品外裹层材料的开发及应用 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [71] 李宏梁, 唐孟忠, 魏耀辉. 油炸方便面面身复合食品添加剂的应用研究[J]. 陕西科技大学学报, 2003, 21(4) : 30-33.

欢迎订阅《食品工业科技》