

食用涂膜对油饼含油量和油脂渗透的影响及机理分析

何叶, 刘国琴

(华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

摘要: 降低含油量是油炸食品健康发展的保证。本研究探讨了甲基纤维素 (MC) 和大豆分离蛋白 (SPI) 两种不同种类涂膜物质对油饼含油量和抑油率的影响; 通过扫描电镜 (SEM) 和苏丹红染色后光学显微镜 (OM) 观察研究 MC 涂膜对油脂渗透和迁移的影响, 并探究 MC 涂膜降低含油量的机理; 通过色差仪和 TPA 研究了涂膜对油饼感官品质的影响。结果表明: 与对照组相比, 两种涂膜均能显著降低油饼含油量 ($p < 0.05$), MC 涂膜抑油效果优于 SPI, 当 MC 浓度为 1% 时抑油效果最佳, 抑油率为 53.77%; 表面油和内部油分别降低 58.66% 和 45.43%; 通过微观结构分析发现涂膜能够使得油饼表面光滑, 减少孔洞, 同时能显著降低其渗透深度。这表明, 涂膜可以有效降低油饼含油量, 使得油饼表面结构致密, 抑制油脂的渗透和迁移; 且研究表明 MC 涂膜对样品油炸后色泽及质构影响较小, 为进一步生产低油高品质油饼奠定理论基础和技术指导。

关键词: 可食用膜; 油饼; 含油量; 品质; 油脂迁移

文章编号: 1673-9078(2020)01-192-197

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.1.027

Effect of Edible Coatings on Oil Content and Permeation of Chinese Deep-fried Dough Cake and Elucidation of the Underlying Mechanism

HE YE, LIU Guo-qin

(College of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Reducing oil content is a guarantee of the healthy development of fried food. This study investigated the effects of two different types of coating materials, methylcellulose (MC) and soybean protein isolate (SPI), on the oil content and inhibition of oil absorption in Chinese deep-fried dough cake (CFDC). Scanning electron microscopy (SEM) and optical microscopy (OM) with Sudan red staining were used to examine the effects of different MC coating on oil penetration elucidate the underlying mechanism of reducing oil content by MC coating. The influence of coating on the sensory quality of CFDC was studied by colorimeter and TPA. The results showed that compared with the control, the two coatings could significantly reduce the oil content of CFDC ($p < 0.05$), with MC performing better in inhibition of oil absorption than SPI. When the MC concentration was 1%, the inhibition of oil absorption was the greatest, with the inhibition rate being 53.77%, and the contents of the surface oil and internal oil decreasing by 58.66% and 45.43%, respectively. Microstructural analysis showed that edible coating could make the surface of CFDC smoother with fewer holes, and while significantly reducing oil penetration depth; All these results indicated that the coating can effectively reduce the oil content of CFDC, make the surface structure denser, and inhibit oil penetration and migration. This study also showed that MC coating had little influence on the color and texture of CFDC, which provides theoretical foundation and technical guidance for further production of CFDC with a low oil content but high quality.

Key words: edible coating; Chinese fried dough cake; fat content; quality; oil penetration

油炸食品由于其特有的色、香、味是大众喜爱的传统食品之一, 但由于其高含油量 (10%~40%)^[1,2], 经常食用会增加肥胖、高血压和冠心病等疾病的风险

收稿日期: 2019-03-18

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFD0400401-5; 2017YFC1600405-2);

国家自然科学基金资助项目 (31771895; 31471677)

作者简介: 何叶 (1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 油脂营养与安全

通讯作者: 刘国琴 (1962-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 油脂营养与安全

^[3,4], 使消费者望而生畏。因此, 如何有效控制油炸食品含油量并保持油炸食品的品质成为目前的研究热点问题之一。

目前, 可食用膜越来越多得应用于改善新鲜、冷冻以及加工食物的品质, 同时增加其货架期。研究人员发现利用可食性涂膜可以阻止油炸产品水分损失, 从而使得其具有降低油脂吸收的潜能^[5]。常用于油炸产品的涂膜物质主要有三种, 即多糖基涂层^[6,7]、蛋白

类涂层^[8,9]以及胶质涂层^[10,11]。特别是多糖基涂层以及蛋白类涂层,由于其制作方便、粘度低、价格便宜等优点,在实际的油炸过程中应用较多^[12]。在所有的涂膜物质中,纤维素衍生物如甲基纤维素(MC)等由于其具有良好的成膜能力而被广泛用作涂层物质^[13],已有研究报道甲基纤维素能够降低油炸产品 35%~99.8%含油量^[14,15]。对于蛋白类涂膜物质来说,大豆分离蛋白(SPI)因其丰富的来源和较高的产量而日益受到人们的关注^[16]。Rayner 等研究发现 10%的 SPI(添加 0.5%的结冷胶为增塑剂)涂膜能够降低薯条 55.12%含油量,同时对产品品质有积极影响^[17]。

综上所述,尽管利用 MC 和 SPI 涂膜对降低薯条类油炸食品油脂含量有较多的研究,但其对于谷物类油炸制品的研究较少,也未见到关于这两种涂膜材料对油炸谷物制品抑油能力的比较;同时,关于涂膜对油炸食品中油脂渗透和迁移以及机理的研究鲜见报道。因此,本文拟通过研究 MC 和 SPI 两种不同种类的涂膜物质对油炸面饼含油量和抑油率的影响及渗透和迁移的研究,为在降低含油量的同时保持油炸食品的品质提供理论基础和技术指导。

1 材料与amp;方法

1.1 实验材料

中筋面粉,新良粮油加工有限责任公司;无铝油条膨松剂,安琪酵母股份有限公司;食盐,广东省盐业有限公司;大豆油,益海(广州)粮油工业有限公司;甲基纤维素、大豆分离蛋白,上海源叶生物科技有限公司;苏丹红 B,上海阿拉丁生化科技股份有限公司;石油醚、氢氧化钠、甘油,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 实验设备

HMJ-D3826 和面机,广东小熊电器有限公司;DELTA1-24/LSC 真空冷冻干燥机,德国 CHRIST 公司;LC-83 油炸锅,佛山市乐创网络科技有限公司;eXactTM 色差分析仪,美国 x-rite 爱色丽公司;AL204 电子分析天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;EN0474 电子天平,上海民桥精密科学仪器有限公司;TP3001 电子温度计,博洋仪器仪表有限公司;DF-101S 水浴锅,巩义市予华仪器有限责任公司;TA-XT2i 质构分析仪,英国 Stable Micro System 公司;光学显微镜,凤凰光学股份有限公司;EVO18 扫描电镜,德国卡尔蔡司公司

1.3 实验方法

1.3.1 可食性涂膜液的制备

MC 涂膜液^[15]: 70 g 热水(80 °C),加入 6 g 甘油,缓慢搅拌同时缓慢加入 1 g、2 g、3 g 甲基纤维素,接下来缓慢加入 130 g 冰水,全部溶解后,4 °C 冰箱放置 24 h,待用。

SPI 涂膜液^[18]: 分别称取 2 g、4 g、6 g、8 g 大豆分离蛋白,加入 100 mL 蒸馏水,按 SPI:甘油为 2.5:1 的比例加入甘油,充分混匀溶解后调节 pH 至 8.0,95 °C 下水浴 30 min,冷却后 4 °C 冰箱放置 24 h,待用。

1.3.2 油炸面饼的制备

按表 1 配方称取面粉、食盐、膨松剂于和面机中,混匀后加入水,和面至光滑不粘手的面团后取出置于铁盘内,盖上两层湿纱布外加一层干毛巾,室温醒发 1 h 后取出。压面至厚度约为 0.5 cm 后,用模具制成直径为 5.7 cm 的面饼。涂膜后室温下晾干,未涂膜样品作对照组,将对照组与经不同涂膜液处理后的样品放入 180 °C 的大豆油中油炸 2 min,捞出后沥油,冷却 10 min 后作为待测样品。

表 1 油饼的基本配方

Table 1 Basic recipe of the Chinese fried dough cake

原料	中筋面粉	盐	膨松剂	水
比重	100 g	1.5 g	3 g	55 g/50 °C

1.3.3 含油量的测定

含油量的测定参照 GB/T 5009.6-2003《食品中脂肪的测定》,测得含量为总油含量;

表面油含量参照 Wang^[19]的方法,油饼从油锅中取出后,浸入石油醚中 20 s 后取出,通过旋蒸将石油醚蒸发后得到的油脂为表面油;

内部油含量=总油含量-表面油含量;

抑油率(%)=(1-涂膜样品含油量/未涂膜样品含油量)×100%;

1.3.4 油饼表面结构的观察

油炸后的样品取 5 mm×5 mm×1 mm 的小块,利用索氏提取脱油后冷冻干燥,将样品置于带有双面透明胶带的样品台上,镀金,通过扫描电镜放大成像,观察,放大倍数为 400 倍。

1.3.5 染色油炸实验

制备 1 g/L 含有苏丹红的煎炸油,60 °C 加热使染色剂充分溶解,混匀后作煎炸油备用。按 1.3.2 的方法制备油饼后取 2 mm 厚薄片,光学显微镜 4 倍物镜下观察。

渗透深度:上述薄片在光学显微镜下观察,测定

样品截面呈现红色部分的长度，每个截面取多点测量后取其平均值，即为油脂渗透深度。

1.3.6 色泽的测定

校正色差仪后，测定油炸后冷却至室温的油饼表皮的色度 L 值、a 值、b 值。

1.3.7 硬度、咀嚼性的测定^[20]

采用 P/36R 的探头测定油饼的硬度和咀嚼性，测定条件为：测前速度 1.0 mm/s，测试速度 1.0 mm/s，测后速度 2.0 mm/s，下压距离 40%，两次压缩时间间隔 5 s，触发力 5 g，实验重复 4 次。

1.3.8 数据统计分析

实验结果采用平均值±标准偏差形式表示。采用 Origin 8.5 进行图表绘制，样品之间的差异及显著性分析采用 SPSS 19.0 软件进行，显著性水平 $p < 0.05$ 。

2 结果与讨论

2.1 MC 和 SPI 涂膜对油饼含油量及抑油率的影响

影响

2.1.1 MC 和 SPI 涂膜对油饼含油量的影响

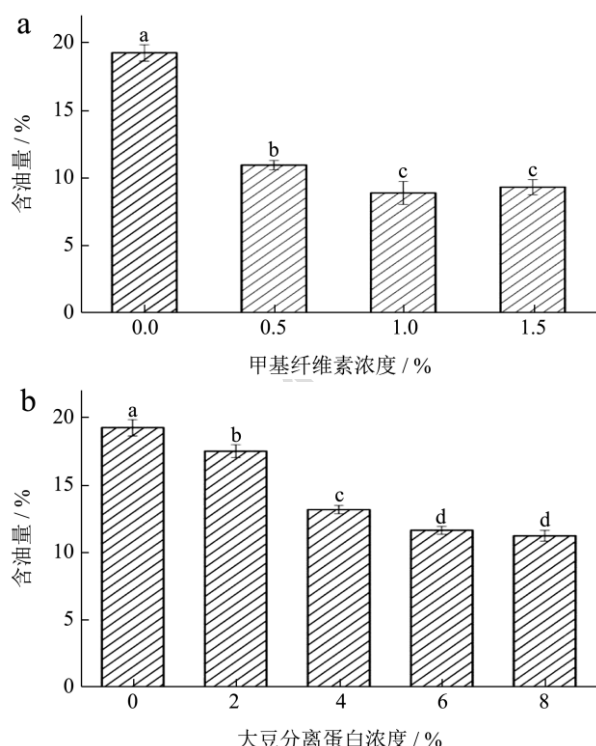


图 1 涂膜物质浓度对油饼含油量的影响

Fig.1 Effect of coating concentration on the fat content of Chinese fried dough cake (a: MC; b: SPI)

注：以上测定指标以干基计，相同字母表示差异不显著 ($p > 0.05$) 字母不同表示差异显著 ($p < 0.05$)。

对于油炸产品而言，最重要的品质参数之一是其

在油炸过程中所吸收油的量。油脂摄入已经被确定为导致特定健康风险的关键因素之一，研究发现涂膜能够作为脂肪的物理屏障应用于油炸食品^[21]。不同涂膜处理对油饼含油量的影响见图 1。选取涂膜浓度为 0% 的处理为对照组，与对照组相比，各浓度涂膜处理均能显著降低油饼含油量 ($p < 0.05$)。如图 1a 所示，随着 MC 浓度的增加，油饼含油量显著下降，其中 1% MC 涂膜油炸后的样品含油量最低。但当涂膜液浓度达到 1.5% 后，其样品含油量略有增高，可能原因是由于 1.5% MC 浓度大，溶液较粘稠，导致涂膜的均匀性变差；或者由于过厚的外膜在高温的热油中易鼓泡破裂，使得膜结构的完整性变差，油脂通过破裂处进入样品内部。如图 1b 所示，随着 SPI 浓度的增加，油饼含油量显著下降，原因是由于随着浓度增加，大豆分离蛋白能够形成更加均匀稳定的膜，使得其阻油效果增加。但浓度增加至 6% 后，其含油量不再显著降低。涂膜降低油饼含油量的原因可以归为两方面，一方面是涂膜具有作为水分和脂质屏障的能力，减少水分蒸发，通过保留样品中的水分来防止水被油取代，使得其具有减少油炸食品含油量的可能^[22]；另一方面，涂膜能够使油脂与食物之间的表面张力降低，从而降低油脂的吸油率^[23]。

2.1.2 MC 和 SPI 涂膜对油饼抑油效果的影响

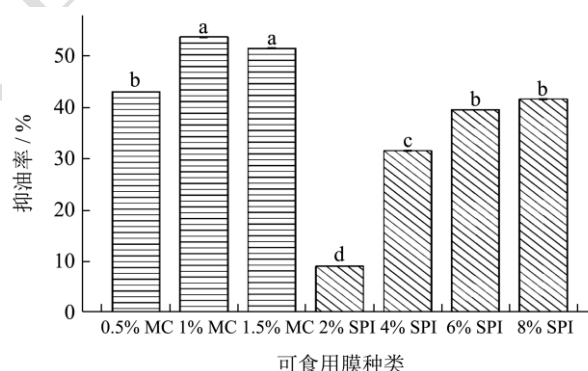


图 2 MC 和 SPI 涂膜对油炸面饼抑油率的影响

Fig.2 Effect of MC and SPI coating on oil uptake inhibition rate of Chinese fried dough cake

注：相同字母表示差异不显著 ($p > 0.05$) 字母不同表示差异显著 ($p < 0.05$)。

MC 和 SPI 涂膜对油饼抑油效果如图 2 所示，1% 的 MC 涂膜的抑油效果最好，其抑油率可以达到 53.77%。不同涂膜的抑油效果有较大差异，对比两种类型涂膜物质而言，MC 涂膜的阻油性能较 SPI 涂膜好。García^[15]曾报道 MC 是最有效的涂层物质，能够降低产品 35%~40% 的含油量。因此在后续的实验中选择 MC 为本研究所使用的涂膜物质。

2.2 MC 涂膜对油饼表面含油和内部油脂含量的影响

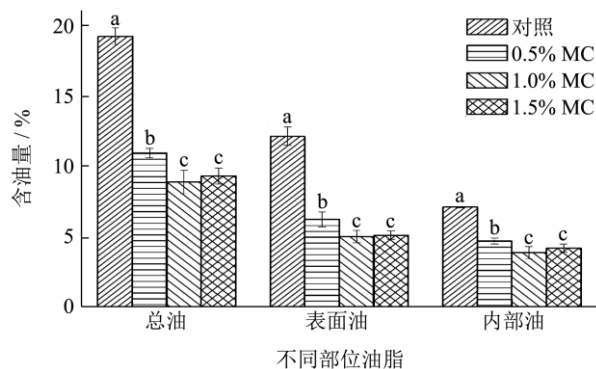


图3 甲基纤维素涂膜对油饼油脂组分的影响

Fig.3 Effect of methylcellulose on the oil fractions of Chinese fried dough cake

注：不同小写字母之间表示差异显著 ($p < 0.05$)。

对 MC 涂膜处理后油饼的不同油脂组分进行测定，涂膜对于油饼内部及表面的油脂含量的影响如图3所示。由图3可知，油饼表面油的含量随着 MC 浓度的增加而降低，但其内部油的含量随着 MC 浓度的增加下降缓慢。与未涂膜对照相比，1%涂膜后的油饼其表面油及内部油分别降低了 58.66%和 45.43%。因此可以得出，涂膜对于油饼不同部分油脂含量的影响效果不同，利用涂膜降低油饼含油量的作用主要发生在表面部分，涂膜对于油炸样品含油量的降低主要是由于表面油的降低导致的。根据 Pedreschi^[24]的研究结果，样品从炸锅中取出后，由于表面与内部间温度差异的存在，从而产生较大的压力差，导致油脂渗透到样品的内部。涂膜处理能够产生膜屏障，从而阻止油脂的渗入，降低其内部油含量。同时，表面油含量的降低表明油脂吸收是一种表面现象，与油脂的粘附与排出平衡有关^[25]。

2.3 MC 涂膜对油饼表皮微观结构的影响

对未涂膜与涂膜后油炸产品取样后进行扫描电镜观察，在扫描倍数为 400 倍电镜下对油饼表面结构进行观察。观察结果如图4所示，未涂膜对照组样品其表面结构如图4a所示，表面粗糙，同时能够观察到大的孔洞和断层；观察 MC 涂膜后的样品，可以发现油饼表面结构随着浓度增加变得光滑；0.5% MC 涂膜（图4b）相较于对照组而言呈现出较小的孔洞；当利用 1% MC（图4c）涂膜后，样品表面变得光滑，没有明显的孔洞，表面结构规整；1.5% MC 涂膜（图4d）样品与 1%涂膜样品有相似的表面结构，但其表面会

存在一些小的孔洞，较 1% MC 涂膜后样品略粗糙，可能原因是由于涂膜液粘度较大，涂膜后外膜较厚，在油炸过程中易鼓泡破裂。不同处理的油炸样品表面微观结构与其对应的含油量结果相一致。SEM 结果显示，油脂吸收与样品表面结构密切相关，对照组样品含油量高主要与表面较粗糙以及较大的断层及孔洞有关。涂膜能够在样品表面形成一层膜，使得样品表面光滑，形成较少的通道，可阻止油炸过程中油脂通过上述通道进入样品内部^[10]。

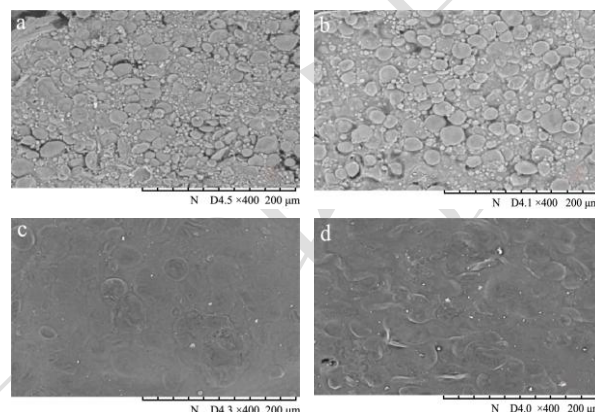


图4 不同浓度 MC 涂膜处理的油饼表皮微观结构扫描电镜图片

Fig.4 Scan electron microscope photograph of Chinese fried dough cake with different MC concentration treatment

注：a、b、c、d 分别代表对照、0.5%MC 涂膜、1%MC 涂膜、1.5%MC 涂膜油饼表面电镜照片。

2.4 MC 涂膜对油脂渗透情况的影响

利用光学显微镜对油饼截面染色情况进行观察。实验中采用溶有苏丹红 B 的油样进行油炸，苏丹红 B 可随着煎炸油一同进入到油饼样品中。因此，可以利用观察苏丹红染色区域来代表油脂的渗透^[26]。观察可得，随着涂膜浓度的增加，苏丹红 B 染色的区域面积逐渐缩小，这与 MC 涂膜对油饼含油量的影响结果相一致。同时，观察发现油饼中染色区域即油脂的分布主要集中在油饼的表层，靠近内部的部分，苏丹红染色程度逐渐降低，说明对应的含油率减少；这是由于 MC 能够在油饼表面形成膜，阻碍油脂的进入，油饼中油脂含量由外到内逐渐降低。

在光学显微镜观察苏丹红染色的基础上，对其渗透深度进行测定。测定结果如表2所示，随着 MC 涂膜浓度逐渐升高，苏丹红渗透深度显著降低 ($p < 0.05$)，表明 MC 能够在样品表面形成膜，抑制油脂的渗透，从而降低油饼含油量，其中 1% MC 涂膜苏丹红渗透深度最小。当浓度为 1.5%时，其渗透深度略有增加，根据前文油饼表面微观结构结果分析，1.5% MC 涂膜会使得样品表面产生小的孔洞，从而使得油脂从小孔

处进入，导致苏丹红渗透深度的增加。同时，渗透深度结果也与前文 MC 涂膜对油饼内部油含量结果相一致。

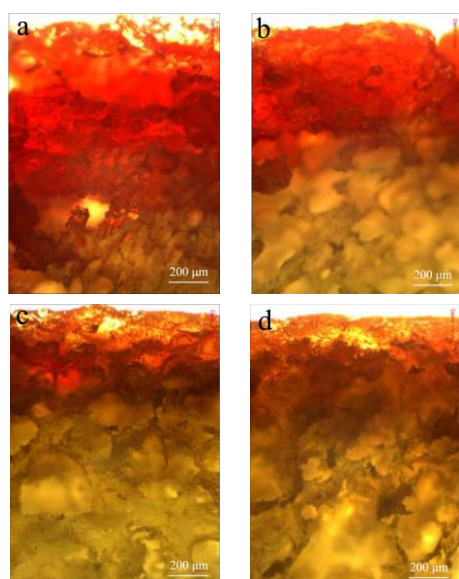


图 5 不同浓度 MC 涂膜的油饼苏丹红染色图

Fig.5 Sudan red-dyed figure of the section of Chinese fried dough cake with different MC concentration treatment

注：a、b、c、d 分别代表对照组、0.5% MC 涂膜、1% MC 涂膜、1.5% MC 涂膜油饼苏丹红染色照片。

表 2 不同浓度 MC 涂膜对油饼苏丹红渗透深度影响

Table 2 Effect of MC coating with different concentration on penetration depth of Chinese fried dough cake

组别	对照	0.5% MC	1% MC	1.5% MC
渗透深度/mm	0.98±0.01 ^a	0.73±0.02 ^b	0.51±0.02 ^c	0.53±0.01 ^c

注：结果表示平均值±标准偏差，同行不同小写字母表示差异性显著 ($p < 0.05$)。

2.5 MC 涂膜对油饼色泽的影响

表 3 MC 涂膜对油饼色泽的影响

Table 3 Effect of MC coating on color of the Chinese fried dough cake

组别	亮度值/L	红度值/a	黄度值/b
对照	62.63±0.18 ^a	6.14±1.05 ^a	36.46±1.87 ^a
0.5%MC	64.08±0.83 ^b	7.91±1.23 ^{ab}	37.94±0.29 ^a
1%MC	66.34±0.21 ^c	7.34±1.48 ^a	38.83±0.26 ^a
1.5%MC	63.60±0.36 ^{ab}	9.64±0.33 ^b	39.25±0.85 ^a

注：结果表示为平均值±标准偏差，同一列的不同字母表示差异性显著 ($p < 0.05$)。表 4 同。

颜色是影响消费者选择产品的第一印象，对于油炸食品而言，亮度值 L 常被用作质量控制参数^[27]，L 值较高则表示样品颜色更浅，对于油炸食品来说是有

利的。由表可知，利用甲基纤维素涂膜能够给样品提供一个更浅的颜色，此结果也与 Garcia^[28]等研究结果相似。a 值与 b 值随涂膜浓度增加呈现上升趋势，但差异性分析表明其差异不显著 ($p > 0.05$)。只有 1.5% MC 涂膜可导致油饼 a 值显著增加。因此可以认为，涂膜对油饼的色泽影响较小。

2.6 MC 涂膜对油饼硬度及咀嚼性的影响

表 4 MC 涂膜对油饼硬度及咀嚼性的影响

Table 4 Effect of MC coating on hardness and chewiness of Chinese fried dough cake

组别	硬度/g	咀嚼性
对照	341.66±31.71 ^a	253.08±7.97 ^a
0.5%MC	315.55±12.48 ^a	244.34±7.23 ^a
1%MC	284.54±21.45 ^a	239.38±4.90 ^a
1.5%MC	293.22±11.55 ^a	240.10±7.87 ^a

选择硬度和咀嚼性作为油饼的的质构评定指标^[29]。硬度是评价油炸产品质构的一个重要指标，同时，硬度与咀嚼性有一定的相关性。甲基纤维素涂膜对油饼的质构无显著性差异。对于不同处理，其咀嚼性基本不改变；利用甲基纤维素涂膜能够使其硬度下降，但没有显著性差异 ($p > 0.05$)。推测其原因可能是甲基纤维素涂层能够在样品表面形成一个阻隔水的屏障，在煎炸过程中能够保持水分，使其更为柔软，硬度略微下降。实验结果表明，利用甲基纤维素涂膜降低含油量的同时，不会对油饼的质构产生较大影响。这一结果也与 Garcia^[28]的研究结果相一致。

3 结论

结果显示在油饼表面涂覆 MC 和 SPI 均能有效降低油饼含油量。与对照组相比，MC 和 SPI 涂膜样品含油量分别降低了 53.77% 和 41.65%，MC 的抑油效果优于 SPI，且 MC 涂膜使得油饼表面及内部含油量均显著降低；MC 涂膜能够使得油饼表面光滑，减少孔隙，结构趋于规整，同时能够显著抑制油脂的渗透和迁移，其中 1% MC 涂膜油饼具有最佳的表面结构以及最好的抑制油脂渗透及迁移效果。涂膜在抑制油脂渗透迁移，降低吸油率的同时，对样品油炸后色泽和质构影响较小。研究结果将为降低油炸食品含油量奠定理论基础，为涂膜应用于生产低含油高品质油饼提供技术指导。

参考文献

[1] A Kita, G Lisińska, G Gołubowska. The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato

- crisps [J]. Food Chemistry, 2007, 102(1): 1-5
- [2] Mellema M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fried foods [J]. Trends in Food Science & Technology, 2003, 14(9): 364-373
- [3] Stier, Richard F. Ensuring the health and safety of fried foods [J]. European Journal of Lipid Science & Technology, 2013, 115(8): 956-964
- [4] C Sayon-Orea, M A Martinez-Gonzalez, A Gea, et al. Consumption of fried foods and risk of metabolic syndrome: the SUN cohort study [J]. Clinical Nutrition, 2014, 33(3): 545-549
- [5] SM Fiszman, A salvador. Recent developments in coating batters [J]. Trends in Food Science & Technology, 2003, 14(10): 399-407
- [6] 王文豪,张光玲,杨天奎,等.多糖涂膜对冷冻面团的保鲜研究[J].农产品加工,2018,1: 9-12
WANG Wen-hao, ZHANG Guang-ling, YANG Tian-kui, et al. Study of the preservation effect of polysaccharide coating on frozen dough [J]. Farm Products Processing, 2018,1: 9-12
- [7] Ganesan Archana, Packirisamy Azhagu Saravana Babu, Kasirajan Sudharsan, et al. Evaluation of fat uptake of polysaccharide coatings on deep-fat fried potato chips by confocal laser scanning microscopy [J]. International Journal of Food Properties,2016, 19(7): 1583-1592
- [8] Angor M M. Application of whey protein and whey protein isolate as edible coating films on potato pellets chips to reduce oil uptake during deep frying [J]. Contemporary Engineering Sciences, 2014, 7: 1839-1851
- [9] M Aminlari, R Ramezani, M H Khalili. Production of protein-coated low-fat potato chips [J]. Food Science and Technology International, 2005, 11(3): 177-181
- [10] YU Lin, LI Jin-wei, DING Shao-dong, HANG Feng, et al. Effect of guar gum with glycerol coating on the properties and oil absorption of fried potato chips [J]. Food Hydrocolloids, 2016, 54: 211-219
- [11] R M D Soares, A M F Lima, R V B Oliveira, et al. Thermal degradation of biodegradable edible films based on xanthan and starches from different sources [J]. Polymer Degradation & Stability, 2005, 90(3): 449-454
- [12] KurekMia, MarioŠčetar, Kata Galić. Edible coatings minimize fat uptake in deep fat fried products: A review [J]. Food Hydrocolloids, 2017, 71: 225-235
- [13] F Debeaufort, A Voilley. Methylcellulose-based edible films and coatings: 2. mechanical and thermal properties as a function of plasticizer content [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 1997, 45(3)
- [14] M A García, C Ferrero, A Campana, et al. Methylcellulose coatings applied to reduce oil uptake in fried products [J]. Food Science and Technology International, 2004, 10(5): 339-346
- [15] S Albert, GS Mittal. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product [J]. Food Research International, 2002, 35(5): 445-458
- [16] 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
PAN Guang-kun, JI Hong-wu, LIU Shu-cheng, et al. Effect of soy protein isolate and frying conditions on the quality of breaded shrimp [J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 39(8): 143-148
- [17] M Rayner, V Cioffi, B M aves, et al. Development and application of soy-protein films to reduce fat intake in deep-fried foods [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80: 777-782
- [18] 王君,咎艳君.可食性大豆分离蛋白保鲜膜的研制[J].包装与食品机械,2017,35(3):11-16
WANG Jun, ZAN Yan-jun. Preparation of edible soy protein isolated film [J]. Packing and Food Machinery, 2017, 35(3): 11-16
- [19] WANG Li, DENG Lu-lu, WANG Ying-yao, et al. Effect of whole wheat flour on the quality of traditional Chinese sachima [J]. Food Chemistry, 2014, 152(2): 184-189
- [20] 张慧慧.油条的品质改良和耐储存性能研究[D].广州:华南理工大学,2014
ZHANG Hui-hui. Study on quality improvement and storage characteristics of fried dough stick [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2014
- [21] Varela P, Fiszman S M. Hydrocolloids in fried foods: A review [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25: 1801-1812
- [22] Singthong J, Thongkaew C. Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips [J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(7): 1199-1203
- [23] Skurtys O. Food hydrocolloids edible films and coatings [Z]. New York: Nova Science Publishers, 2010
- [24] Predreschi F, Cocio C, Moyano P, Troncoso E. Oil distribution in potato slices during frying [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87(2): 200-212
- [25] DanaD, Saguy I S. Review: Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth [J]. Advances in Colloid and Interface Science, 2006, 128-130: 267-272

现代食品科技