

面糊组分对预油炸微波复热鸡米花品质及水分分布特性的影响

张 欢, 董福家, 陈 倩*, 孔保华*

(东北农业大学食品学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: 针对鸡米花在微波复热过程中水分“外迁”和油分“外浸”造成脆性降低的问题, 研究不同面糊组分, 羟丙基羧甲基纤维素(hydroxypropyl methylcellulose, HPMC)和麦芽糊精对预油炸及微波复热后鸡米花含油量、含水量及分布、脆性、颜色、感官品质的影响, 以期提高鸡米花微波复热后的脆性及品质特性。结果表明, 面糊中添加2% HPMC和6%麦芽糊精显著降低了微波复热后鸡米花外壳中含水量的增加以及内芯肉中含水量的减少($P < 0.05$), 同时使内芯肉 T_{22} 向快弛豫方向移动, 降低了自由水的移动性, 同时微波后 A_{22} 显著高于对照组($P < 0.05$), 抑制微波过程中内芯肉中自由水向外壳的迁移, 从而保证微波复热后鸡米花外壳脆性和内芯肉多汁性; 添加2% HPMC、6%麦芽糊精及两者复配的微波复热鸡米花外壳脆性较对照组均显著提高($P < 0.05$); 但添加2% HPMC的鸡米花外壳硬度最大, 添加6%麦芽糊精的鸡米花含油量最高($P < 0.05$)。当面糊中同时添加2%的HPMC和6%的麦芽糊精时, 鸡米花经微波后其外壳脆性最好, 硬度适中且无油腻感。该研究结果为裹粉类微波食品脆性及品质的改善提供了数据基础。

关键词: 微波复热; 鸡米花; 低场核磁共振技术; 水分分布; 品质特性

Influence of Different Batter Ingredients on the Quality Characteristics and Water Distribution of Pre-Fried Microwave Reheated Popcorn Chicken

ZHANG Huan, DONG Fujia, CHEN Qian*, KONG Baohua*

(College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Water migration and oil impregnation during microwave reheating can reduce the crispness of popcorn chicken. In order to solve this problem, the effect of addition of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and maltodextrin to batter on oil content, moisture and distribution, crispness, color and sensorial characteristics of popcorn chicken after pre-frying and microwave reheating were investigated. Our results showed that adding 2% hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and 6% maltodextrin to batter significantly reduced the increase of crust water content and the decrease of inner meat moisture in microwave reheated product ($P < 0.05$). Meanwhile, there was a decrease in the T_{22} of inner meat, indicating that the mobility of free water was reduced. The A_{22} of popcorn chicken prepared with HPMC and maltodextrin was significantly higher than that of the control ($P < 0.05$), indicating that the crust crispness and the inner meat juiciness could be improved by inhibiting water migration from the inner meat to the outer crust. The crispnesses of popcorn chicken prepared with 2% HPMC and/or 6% maltodextrin were all significantly higher than that of the control ($P < 0.05$). However, the crust hardness of popcorn chicken with 2% HPMC was the highest, and the crust of popcorn chicken with 6% maltodextrin had the highest oil content ($P < 0.05$). Popcorn chicken with 2% HPMC together with 6% maltodextrin had the best crispness and moderate hardness, without an oily taste. These results provide a basis for improving the crispness and quality of battered products.

Keywords: microwave; popcorn chicken; low field-nuclear magnetic resonance (LF-NMR); water distribution; quality characteristics

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201806010

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2018) 06-0057-06

收稿日期: 2017-02-28

基金项目: 黑龙江省应用技术与开发重点计划项目 (GA15B302)

第一作者简介: 张欢 (1992—), 女, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工。E-mail: zh1757616231@163.com

*通信作者简介: 陈倩 (1988—), 女, 讲师, 博士, 研究方向为畜产品加工。E-mail: chenqianego7@126.com

孔保华 (1963—), 女, 教授, 博士, 研究方向为畜产品加工。E-mail: kongbh@163.com

引文格式:

张欢, 董福家, 陈倩, 等. 面糊组分对预油炸微波复热鸡米花品质及水分分布特性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(6): 57-62. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201806010. <http://www.spkx.net.cn>

ZHANG Huan, DONG Fujia, CHEN Qian, et al. Influence of different batter ingredients on the quality characteristics and water distribution of pre-fried microwave reheated popcorn chicken[J]. Food Science, 2018, 39(6): 57-62. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201806010. <http://www.spkx.net.cn>

面糊裹粉类制品因其口感酥脆, 色泽诱人, 受到广大消费者的钟爱, 其中鸡米花更是餐桌不可或缺的休闲食品之一。传统的预油炸复热方式使得鸡米花含油量过大, 与现代低脂饮食观念相悖, 因而消费者开始逐渐追求更加健康、快捷的加工方式, 如微波加热^[1]。但是预油炸食品在经历预油炸、冷冻和微波加热后, 会丧失酥脆口感^[2]。为了满足消费者对饮食方便性和适口性的需求, 急需解决微波复热后产品酥脆性降低这一问题。目前最常采用的方法是在预油炸前通过在原料表层挂面糊, 形成一个连续、均一的外涂层有效阻止内芯水分向外壳迁移, 从而保证成品鸡米花内芯的鲜嫩多汁和外壳的酥脆^[3]。

关于改善裹粉类产品微波复热后外壳脆性的研究目前主要集中在面糊组成成分的筛选和优化方面, 包括蛋白质、变性淀粉、亲水胶体和纤维素衍生物等成分^[4-6]。其中疏水性蛋白质可以在油炸食品表面形成一层凝胶, 同时在加热过程中部分蛋白发生变性, 二硫键数量增加, 进一步提高膜强度, 阻止水分的外逸^[7]; 另外研究表明, 变性淀粉也可保持预油炸食品再微波复热后的脆性, 这与其自身的溶胀、糊化以及流变学性质密切相关^[8]。常用的变性淀粉与普通淀粉相比, 其耐热性、亲水性、抗老化以及成膜性等均有所提高, 可以改善食品的品质特性^[9-10], 研究表明在面皮中添加8%的食用醋酸酯马铃薯变性淀粉后, 可明显降低速冻水饺的蒸煮损失率, 有效改善了速冻水饺食用口感^[11]。亲水胶体与水作用能够生成黏稠、滑腻的大分子物质, 因而具有一定的持水性。研究表明其能够大大提高裹糊鱼块的外层酥脆口感和肉质的柔嫩多汁^[12]。此外, 麦芽糊精在保脆方面也有一定的应用, 麦芽糊精是一种糖类混合物, 具有黏性、吸湿性、溶解性以及着色性等与糖类相关的性质, 并且麦芽糊精与水分子间相互作用可形成网络凝胶结构, 具有一定的持水性^[13-14]。相关研究发现制作苹果干时外层涂抹一层麦芽糊精稀释液可显著提高产品脆性并延长保脆期^[15]。羟丙基羧甲基纤维素(hydroxypropyl methylcellulose, HPMC)是增脆物质和疏水性物质, 添加HPMC可以增加裹粉的保水性能^[16]。Primo-Martín等^[17]发现向面糊中添加羧甲基纤维素可有效阻止水分“外迁”和油分“外浸”, 从而显著提高微波复热后鸡米花外壳的脆性, 王尚玉等^[18]发现HPMC和预糊化淀粉可使裹粉夹藕微波后保持一定的脆性。可见, 内芯肉块外包

裹可以阻止水分外逸的面糊对外壳脆性的保持非常重要, 同时内芯肉块水分的变化情况对脆性以及肉的多汁性影响非常大, 但是目前关于加工过程中内芯肉块中水分迁移变化的研究甚少。

低场核磁共振(low field-nuclear magnetic resonance, LF-NMR)技术是指磁场强度在0.5 T以下的核磁共振, 主要通过对纵向弛豫时间 T_1 (自旋-晶格), 横向弛豫时间 T_2 (自旋-自旋)和自扩散系数的测量, 反映出质子(^1H)的运动性质^[19]。在肉品科学研究中, 多通过测定 T_2 弛豫时间来反映肌肉的水分分布及迁移情况, 因为 T_2 变化范围较大, 水分分布状态比 T_1 更加敏感。其中, T_{2b} 对应的是结合水的弛豫时间, T_{21} 对应的是不易流动水的弛豫时间, T_{22} 对应的是自由水的弛豫时间。另外, 许多报道利用LF-NMR能够快速准确地反映肉与肉制品中水分空间分布以及水分变化迁移情况, 而且 T_2 与肉的保水性、微观结构以及感官评定等指标密切相关。本研究以微波复热鸡米花为主要研究对象, 探究HPMC与麦芽糊精复配对接鸡米花脆性及品质的影响, 采用LF-NMR技术反映鸡米花内芯肉中的水分迁移变化情况。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

速冻鸡胸肉 黑龙江正大实业有限公司; 小麦面粉 沈青岛百乐麦食品股份有限公司; 木薯淀粉 曼谷国际食品有限公司; HPMC 百莱食品有限公司; 麦芽糊精 山东西王生化科技有限公司。

1.2 仪器与设备

JD500-2电子天平 沈阳龙腾电子称量仪器有限公司; AL-104精密电子天平 上海梅特勒-托利多仪器设备有限公司; P22A自动控温预油炸锅 ACA北美电器集团; ZE-6000电子色差仪 日本电色工业株式会社; DH-9070A电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司; TA-XT Plus质构仪 英国SMS公司; Mq-20 LF-NMR分析仪 德国布鲁克公司。

1.3 方法

1.3.1 原料肉的处理

将新鲜的鸡胸肉分装在保鲜袋中, 于 $(-18\pm 1)^\circ\text{C}$

冷冻贮藏,实验前将其置于4℃冰箱解冻24 h后剔除脂肪及结缔组织,切成1.5 cm×1.5 cm×1.5 cm的肉块备用。

1.3.2 鸡米花的加工

将食盐1.5 g、蔗糖1.4 g、椒盐0.1 g、五香粉2.5 g、酱油0.5 g、料酒3.0 g和水30.0 g混匀制成腌制液。于(4±1)℃温度条件下将肉腌制12 h。腌制后的鸡胸肉置于面糊中均匀上浆,于180℃预油炸2.5 min。将成品冷却,置于-18℃环境中速冻、冷藏。

1.3.3 面糊的制备

面糊组成成分主要包括小麦粉、木薯淀粉、碳酸氢钠、食盐、HPMC和麦芽糊精等,依据前期的单因素试验结果确定HPMC和麦芽糊精的添加量分别为2%和6%,按照不同比例制备4种面糊,见表1。将其充分混匀后与水按照质量比1:2进行混合,并进行搅拌,以混合均匀并不出现气泡为宜。

表1 面糊配方中各配料的添加量
Table 1 Different addition levels of ingredients in flour batter

配料	对照组	实验组1	实验组2	实验组3
小麦粉	67	65	61	59
木薯淀粉	30	30	30	30
HPMC		2		2
麦芽糊精			6	6
碳酸氢钠	1	1	1	1
食盐	2	2	2	2

1.3.4 微波复热时间

在一18℃条件下冷藏1周后,将冷冻预油炸的鸡米花放入2 450 MHz/700 W的微波炉中进行微波复热。每组样品复热时间分别设置为30、45、60、75、90 s,确定最佳微波时间。发现对经冷冻的鸡米花进行复热30 s后,部分鸡米花未能完全熟透;复热60 s,鸡米花的温度分布均匀,外壳酥脆,内芯鲜嫩多汁;而复热90 s后,鸡米花严重脱水。因此,采用60 s微波复热时间。每组放6个平行样,测定3次。

1.3.5 鸡米花品质测定

1.3.5.1 鸡米花外壳和内芯肉中含水量和含油量测定

含水量和含油量测定分别参照GB/T 9695.15—2008《肉与肉制品水分含量测定方法》和GB/T 9695.7—2008《肉与肉制品中总脂肪含量的测定方法》。将鸡米花外壳和内芯肉样品置于恒温干燥箱中,于105℃条件下干燥至恒质量以测定含水量。用石油醚对样品进行索氏抽提6 h,除去剩余石油醚,测定含油量。

1.3.5.2 鸡米花外壳颜色

使用ZE-6000电子色差仪对每组6个平行样品分别测定外壳色差值,包括亮度值(L^*)、红度值(a^*)和黄度值(b^*)。色差仪在使用前需进行30 min预热,然后进行零点、白板2次校正后,即可进行测量。将待测量的

鸡米花切半,去除内芯肉。将鸡米花外壳铺满色差杯底部,置于载样台上进行测量,每个试样按同一个方向旋转3次,测定3次,输出值为平均值。

1.3.5.3 鸡米花外壳脆性和硬度

鸡米花外壳的脆性和硬度测定需在预油炸和微波复热40 min后进行。选取大小一致的鸡米花,选用TA-XT Plus质构仪(P/100探头)测量。测定条件如下:测前速率2 mm/s;测试速率1 mm/s;测后速率2 mm/s,测量采取压缩模式,压缩距离5 mm,平行测定10次。物性测试仪测定乳化肠样品的硬度,单位为N。

1.3.5.4 鸡米花内芯肉水分的动态分布(T_2 测定)

参照戚军等^[20]的测试方法,略作修改。将预油炸后和微波后的鸡米花内芯肉放在直径18 mm的核磁管中进行自旋-自旋弛豫时间(T_2)测定。LF-NMR分析仪的磁场强度设置为0.47 T,质子共振频率为20 MHz。鸡米花内芯肉中的弛豫时间 T_2 使用Car-Purcell-Miniboom-Gill(CPMG)程序测定,通过CONTIN软件进行反演,反映出相应的弛豫时间(T_{2b} 、 T_{21} 和 T_{22})及峰面积(A_{2b} 、 A_{21} 和 A_{22})。

1.3.6 感官评定

参考Kang Hongyi等^[21]方法并做适当修改。邀请10名经过培训的有专业经验的品评人员参与评定,采用双盲法(随机对样品进行编号、检验样品也随机)。评定内容包括产品的色泽、外壳脆度、油腻程度、肉多汁性和整体可接受性。每项指标的最高得分为7分,最低为1分。其中对于色泽,7分为外壳金黄色有光泽,1分为外壳暗黑或发白无光泽;对于外壳脆度,7分为外壳酥脆,1分为外壳完全不酥脆甚至发黏;对于油腻程度,7分为口感油腻难忍,1分为外壳酥脆爽;对于肌肉多汁性,7分为肉多汁鲜美,1分为肉质发干咀嚼困难;对于总体可接受性,7分为可接受程度高,1分为可接受程度低。

1.4 统计分析

每个指标重复测定3次,结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示。数据经Excel 2007软件初步整理后,采用Statistix 8.1软件包中Linear Models程序进行统计分析,使用Tukey HSD程序进行差异显著性($P < 0.05$)分析。

2 结果与分析

2.1 鸡米花外壳和内芯肉中含油量测定

鸡米花中的含油量会对食用口感造成影响。由表2可知,微波后外壳含油量和内芯肉中含油量较预油炸后均有所降低,说明面糊涂层能够有效控制微波过程中油分的外溢。与对照组相比,实验组1和实验组3中外壳的含油量无论是在预油炸后还是微波复热后都降低了,而实验组2却升高($P < 0.05$);与外壳含油量类似,添

加麦芽糊精的实验组2内芯肉含油量较对照组显著增加 ($P<0.05$), 而实验组1和实验组3却未增加。这一结果与Akdeniz等^[22]的研究结果一致, 添加麦芽糊精会增加产品含油量, 这可能是因为麦芽糊精的成膜性较差, 而对油分的外迁阻碍作用较弱。含有HPMC的实验组1和实验组3外壳和内芯肉含油量均较低, 由此可知, 添加HPMC可以有效控制鸡米花在加工过程中含油量。这主要是HPMC具有可逆热凝胶性, 受热时呈现凝胶状态, 冷却时恢复液体连续状态, 较好的锁水能力可减少水分损失, 降低吸油量^[23], 另外在加热过程中HPMC分子间的甲氧基基团会发生疏水性相互作用^[24], 同时HPMC分子间相互作用也会变得剧烈, 进而形成防止水分子和油脂分子透过的不溶性薄膜, 有效阻止了鸡米花内芯肉中水分子和脂肪分子向外层面糊扩散, 从而降低了外壳中含油量^[25-26]。

表2 面糊中不同配料添加对预油炸和微波复热后鸡米花外壳和内芯肉含油量影响 ($n=3$)

Table 2 Effect of adding different ingredients in batter on oil contents in the crust and inner meat of pre-fried and microwave-reheated popcorn chicken ($n=3$)

组别	外壳含油量		内芯肉含油量	
	预油炸后	微波后	预油炸后	微波后
对照组	27.84±0.61 ^b	24.60±0.48 ^b	4.76±0.50 ^b	4.62±0.44 ^b
实验组1	22.20±0.69 ^c	20.11±0.53 ^c	3.87±0.02 ^b	3.93±0.04 ^c
实验组2	30.47±0.14 ^a	28.60±0.18 ^a	5.70±0.12 ^a	5.66±0.17 ^a
实验组3	27.32±0.91 ^b	20.07±2.17 ^c	4.70±0.19 ^b	4.29±0.18 ^c

注: 同列不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。表3、4、6同。

2.2 鸡米花外壳和内芯肉中含水量测定

表3 面糊中不同配料添加量对预油炸和微波复热后鸡米花含水量的影响 ($n=3$)

Table 3 Effects of addition of ingredients in batter on water contents in the crust and inner meat of pre-fried and microwave-reheated popcorn chicken ($n=3$)

组别	外壳含水量		内芯肉含水量	
	预油炸后	微波后	预油炸后	微波后
对照组	29.24±0.28 ^a	33.15±1.17 ^a	39.67±1.67 ^c	34.37±0.29 ^c
实验组1	22.62±0.93 ^c	29.41±0.57 ^b	58.34±0.18 ^a	52.71±0.37 ^a
实验组2	25.49±0.11 ^b	30.27±0.28 ^b	50.27±0.15 ^b	45.25±0.28 ^b
实验组3	21.65±0.91 ^c	27.36±0.09 ^c	57.74±1.56 ^a	53.34±0.18 ^a

水分是影响外壳脆性和内芯肉嫩度的重要因素, 本研究对鸡米花外壳及内芯肉含水量进行测定, 如表3所示。就外壳含水量而言, 3个实验组均比对照组的含水量低, 其中经微波复热后实验组3的含水量最低, 仅为27.36%, 相比于对照组降低了5.79% ($P<0.05$), 说明HPMC对水分扩散的阻碍能力最强。就内芯肉含水量而言, 3个实验组均比对照组的含水量高, 使得内芯肉的嫩度和多汁性均较好。综上, HPMC和麦芽糊精均可显著降

低外壳含水量并且提高内芯肉中含水量, 这对保持微波后鸡米花内芯肉的柔嫩以及外壳的酥脆性有很大的作用。

2.3 鸡米花外壳脆性和硬度

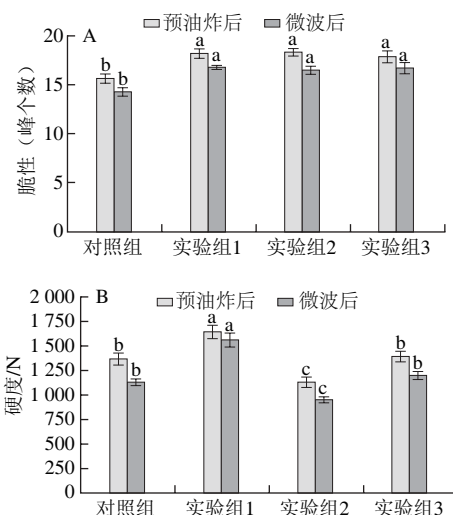


图1 面糊中不同配料添加对预油炸和微波复热后鸡米花外壳脆性(A)和硬度(B)的影响

Fig. 1 Effects of addition of different ingredients in batter on crust crispness (A) and hardness (B) of pre-fried and microwave-reheated popcorn chicken

酥脆的外壳是鸡米花深受消费者喜爱的主要因素。统计测试过程中质构测试曲线上设置范围内的正峰数目, 表示样品断裂的次数, 反映的是样品质构脆性, 峰越多说明脆性越好^[27-28]。如图1A所示, 与对照组相比, 实验组1和实验组3经预油炸和微波复热后其脆性显著提高 ($P<0.05$)。这进一步证明了在微波过程中, HPMC的成膜性和独特的凝胶特性在内芯肉和外壳之间形成的薄膜有效阻止了内芯肉中水分子和油分子向外层面糊的扩散, 从而提高了样品外壳酥脆感。而对于实验组2而言, 添加麦芽糊精也可以显著提高微波后外壳脆性, 这是因为麦芽糊精可以形成凝胶结构、提高面糊体系的黏度, 有较好的乳化作用和增稠效果, 从而具有强效的持水性^[29]。此外, 外壳的硬度也是决定鸡米花品质的重要指标之一, 对于食品而言, 并非硬度越大越好或者越小就越好。如图1B所示, 与对照组相比, 添加HPMC的实验组1鸡米花外壳硬度显著上升 ($P<0.05$), 这可能是由于HPMC通过分子间氢键和分子内氢键形成结晶性的超分子结构以及各基团之间相互作用形成硬度较大的涂层结构引起^[30]。而添加麦芽糊精的实验组2外壳硬度显著下降 ($P<0.05$), 而同时添加HPMC和麦芽糊精的实验组3外壳硬度与对照组相比差异性不显著 ($P>0.05$)。

2.4 鸡米花外壳色差

鸡米花外壳颜色直接影响产品的品质, 决定消费者的购买欲。如表4所示, 预油炸和微波后3个实验组和对照组两两之间相比, 外壳 a^* 值差异性都不显著 ($P>$

0.05)。而预油炸和微波后,实验组1的 b^* 值均显著大于实验组2的 b^* 值($P<0.05$),但2个实验组的 b^* 值与对照组相比差异性并不显著($P>0.05$)。由此可知,添加一定量的HPMC或麦芽糊精并未显著提高鸡米花外壳的 b^* 值。预油炸后实验组2和实验组3的 L^* 值与对照组相比均显著减小($P<0.05$),这是因为HPMC较强的持水力阻挡水分和油分向外迁移导致了鸡米花外壳含水量和含油量减少,进而鸡米花外壳反光能力变差使得 L^* 值减少^[31]。

表4 面粉中不同配料添加对预油炸和微波复热后鸡米花外壳色差的影响($n=3$)

Table 4 Effect of addition of ingredients in batter on crust color of pre-fried and microwave-reheated popcorn chicken ($n=3$)

组别	预油炸后			微波后		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
对照组	35.94±1.56 ^a	13.71±0.97 ^a	27.52±1.14 ^{ab}	42.33±1.36 ^c	11.88±1.05 ^a	29.03±1.21 ^{ab}
实验组1	32.83±1.58 ^{ab}	11.72±1.13 ^a	29.10±1.25 ^a	35.42±1.85 ^b	13.97±1.19 ^a	30.42±1.17 ^b
实验组2	31.49±1.82 ^b	14.02±1.28 ^a	25.23±1.47 ^b	36.01±2.18 ^b	13.94±1.21 ^a	27.55±1.49 ^b
实验组3	30.80±1.94 ^b	13.14±1.47 ^a	27.65±0.97 ^{ab}	36.85±1.66 ^b	12.15±1.17 ^b	29.75±1.36 ^{ab}

2.5 鸡米花内芯肉 T_2 弛豫时间

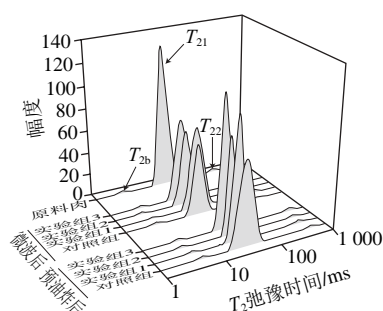


图2 面粉中不同配料添加对预油炸和微波复热后鸡米花内芯肉中水分弛豫时间(T_2)的影响

Fig. 2 Effects of addition of different ingredients in batter on T_2 relaxation times in the inner meat of pre-fried and microwave-reheated popcorn chicken

如图2所示, LF-NMR衰减曲线拟合得到有3个峰, 分别为 T_{2b} 、 T_{21} 和 T_{22} 。这3个峰分别对应水的3种状态, 即结合水、不易流动水和自由水。由于肉中的结合水在不同配料的裹粉处理条件下没有显著变化, 因此本实验只讨论 T_{21} 和 T_{22} 的变化, 同时计算得到 T_{21} 和 T_{22} 弛豫时间和对应的峰面积 A_{21} 和 A_{22} , 其中峰面积的大小反映含水量的高低。

由表5可知, 原料肉经预油炸和微波后 T_{21} 向弛豫时间快的方向迁移, T_{22} 向慢的弛豫时间迁移。预油炸后各实验组的内芯肉 T_{21} 差异性不显著($P>0.05$), T_{22} 弛豫时间集中在399~502 ms, 各实验组相比于对照组 T_{22} 向快弛豫方向移动, 差异性显著($P<0.05$), 说明HPMC和麦芽糊精的添加均可使预油炸鸡米花内芯肉中自由水的移动性降低。

微波后内芯肉 T_{21} 的弛豫时间集中在20.6~25.6 ms, 实验组2和实验组3与对照组相比差异性不显著($P>0.05$), 说明添加麦芽糊精对微波后内芯肉中不易流动水无显著影响。微波复热后内芯肉 T_{22} 的弛豫时间集中在235~306 ms, 实验组2和实验组3中的 T_{22} 较对照组向快弛豫方向移动, 说明麦芽糊精降低了内芯肉中自由水的移动性。微波后实验1组和实验3组中 A_{21} 数值显著大于对照组($P<0.05$), 即对应的不易流动水的水分相对含量显著大于对照组, A_{22} 对应的自由水较 A_{21} 小很多。因此, 可以通过分析 A_{21} 大小来反映水分相对含量的整体情况。由表5可知, 无论经预油炸还是微波处理后, 实验组1和实验组3内芯肉的 A_{21} 显著高于实验组2, 与鸡米花内芯肉含水量结果一致, 该部分结果说明添加HPMC有助于不易流动水的保持。通过低场核磁数据可知添加HPMC和麦芽糊精均可抑制微波过程中内芯肉中水分向外壳的迁移, 提高内芯肉中的含水量, 从而保证微波复热后鸡米花外壳脆性和内芯肉多汁性。

表5 不同配料对预油炸后和微波复热后鸡米花内芯肉 T_2 弛豫时间及峰面积的影响($n=3$)

Table 5 Effects of addition of different ingredients in batter on T_2 relaxation times and peak area of the inner meat of pre-fried and microwave-reheated popcorn chicken ($n=3$)

指标	原料肉	预油炸后				微波后			
		对照组	实验组1	实验组2	实验组3	对照组	实验组1	实验组2	实验组3
T_{21} /ms	34.7±0.4 ^a	29.2±0.8 ^b	28.6±0.6 ^b	27.5±0.4 ^b	28.6±0.8 ^b	21.1±0.7 ^c	25.6±0.5 ^b	20.6±0.6 ^c	21.1±0.7 ^c
T_{22} /ms	193.5±4.0 ^{ac}	502.0±3.0 ^a	399.0±2.0 ^b	431.0±4.0 ^b	429.3±8.0 ^b	306.0±7.0 ^a	337.0±6.0 ^a	235.0±8.0 ^b	243.0±7.0 ^b
A_{21} /%	128.0±2.0 ^a	75.0±2.0 ^b	109.0±6.0 ^b	83.0±9.0 ^b	117.0±4.0 ^b	63.0±4.0 ^c	74.0±3.4 ^b	66.0±8.3 ^c	73.0±1.9 ^b
A_{22} /%	2.0±1.1 ^{ab}	1.0±1.0 ^b	3.0±2.0 ^a	1.0±1.8 ^b	2.0±2.1 ^b	1.0±0.9 ^b	2.0±0.8 ^a	2.0±1.0 ^a	2.0±2.3 ^a

注: 同行不同小写字母表示原料肉和预油炸后差异显著($P<0.05$), 同行不同大写字母表示原料肉和微波后差异显著($P<0.05$)。

2.6 鸡米花的感官评定

表6 不同配料对微波复热后鸡米花感官评定的影响($n=3$)

Table 6 Effects of addition of ingredients in batter on sensorial analysis of microwave-reheated popcorn chicken after ($n=3$)

组别	色泽	外壳脆性	外壳油腻程度	内芯肉多汁性	总体可接受性
对照组	6.79±0.13 ^a	3.29±0.47 ^c	6.07±0.38 ^b	2.23±0.17 ^b	2.14±0.89 ^c
实验组1	6.77±0.21 ^a	5.62±0.18 ^b	5.98±0.98 ^b	6.47±0.16 ^a	5.47±0.52 ^b
实验组2	6.61±0.86 ^a	6.63±0.70 ^a	6.67±0.67 ^a	6.71±0.25 ^a	5.88±0.31 ^b
实验组3	6.77±0.12 ^a	6.69±0.27 ^a	5.18±0.63 ^c	6.66±0.45 ^a	6.62±0.71 ^a

由表6可知, HPMC和麦芽糊精对鸡米花的感官评价影响较大。HPMC和麦芽糊精对微波复热后鸡米花外壳颜色影响不显著($P>0.05$), 鸡米花外壳色差结果亦表明这2种组分对其 a^* 值和 b^* 值无显著差异; 就脆性而言, 实验组显著高于对照组, 并且实验组2和实验组3均显著高于实验组1($P<0.05$), 同时质构仪测定的脆性结果表明, 实验组脆性均高于对照组, 但是实验组之间的差异性不显著($P>0.05$); 就多汁性而言, 实验组显著高于对照组($P<0.05$), 感官评价结果与内芯肉含水量及

LF-NMR分析所得结果一致, 实验组内芯肉的含水量和 A_{21} 均较对照组高; 对照组和实验组2中鸡米花外壳油腻度较大($P<0.05$), 通过外壳鸡米花含油量结果亦可知, 实验组2中的鸡米花外壳含油量最高。综合外壳脆性和总体可接受性结果, 发现同时添加HPMC和麦芽糊精的实验组3感官评价效果最好, 整体可接受性最高。

3 结论

通过研究不同面糊成分对鸡米花外壳及内芯肉含水量的影响, 以及对水分分布及迁移情况的分析, 结果表明, 添加2% HPMC和6%麦芽糊精可以减少微波复热后外壳含水量的增加和内芯肉含水量的降低, LF-NMR分析结果也表明, 两者可抑制内芯肉中水分向外壳的迁移, 并且显著提高了鸡米花外壳的脆性。然而, 通过含油量的测定及感官评价分析, 添加2%的HPMC会使外壳过硬使人不喜, 而添加6%的麦芽糊精会使鸡米花过于油腻。当外层面糊中同时添加2%的HPMC和6%的麦芽糊精时, 鸡米花经微波复热后其外壳脆性最好, 硬度适中且无油腻感。因而HPMC和麦芽糊精复配可以很大程度上改善微波预油炸食品“浸水”和“浸油”的问题, 同时提高微波复热鸡米花的食用品质, 该研究结果为裹粉类微波食品的开发提供基础。

参考文献:

- [1] GARG V, MENDIRATTA S K. Studies on tenderization and preparation of enrobed pork chunks in microwave oven[J]. Meat Science, 2006, 74(4): 718-726. DOI:10.1016/j.meatsci.2006.06.003.
- [2] TRIVENI P, SHUKLA. Microwave technology in cereal foods processing[J]. Food Engineering, 1995, 40(1): 24-25.
- [3] 徐恩, 孔保华. 微波食品的研究与开发[J]. 肉类工业, 2003(5): 23-29.
- [4] FISZMAN S M, SALVADOR A. Recent developments in coating batters[J]. Trends in Food Science and Food Technology, 2003, 14(10): 399-407. DOI:10.1016/S0924-2244(03)00153-5.
- [5] ZHANG L, BARBUT S. Effects of regular and modified starches on cooked pale, soft, and exudative; normal; and dry, firm, and dark breast meat batters[J]. Poultry Science, 2005, 84(5): 789-796. DOI:10.1093/ps/84.5.78.
- [6] PRIYA R, SINGHAL R S, KULKARNI P R. Carboxymethylcellulose and hydroxypropylmethylcellulose as additives in reduction of oil content in batter based deep-fat fried boondis[J]. Carbohydrate Polymers, 1996, 29(29): 333-335. DOI:10.1016/S0144-8617(96)00022-7.
- [7] MOHAMED S, HAMID N A, HAMID M A. Food components affecting the oil absorption and crispness of fried batter[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 1998, 78(1): 39-45. DOI:10.1002/(SICI)1097-0010(199809)78:1<39::AID-JSFA82>3.0.CO;2-G.
- [8] BEIRENDONCK K V. Batter and coating systems[J]. Food Ingredients and Analysis International, 2001, 23(1): 26-28.
- [9] 刘东亚, 金征宇. 变性淀粉在我国应用、研究现状及发展趋势分析[J]. 粮食与油脂, 2005(10): 7-10.
- [10] SOBUKOLA O P, BABAJIDE J M, OGUNSADE O. Effect of brewers spent grain addition and extrusion parameters on some properties of extruded yam starch-based pasta[J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2013, 37(5): 734-743. DOI:10.1111/j.1745-4549.2012.00711.x.
- [11] 原霁虹, 韩黎明. 食用醋酸酯马铃薯变性淀粉APS对速冻水饺品质的影响[J]. 中国食物与营养, 2016(11): 58-60.
- [12] 解丹, 陈季旺, 曾恒, 等. 亲水胶体对油炸外裹糊鱼块油脂含量及品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(23): 45-50. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201623008.
- [13] MARCHAL L M, BEEFTINK H H, TRAMPER J. Towards a rational design of commercial maltodextrins[J]. Food Science and Technology, 1999, 10(11): 345-355. DOI:10.1016/S0924-2244(00)00018-2.
- [14] ROJAS J A, ROSELL C M, BARBER C B. Role of maltodextrins in the staling of starch gels[J]. European Food Research and Technology, 2001, 212(3): 364-368. DOI:10.1007/s002170000218.
- [15] VALENZUELA C, AGUILERA J M. Effects of maltodextrin on hygroscopicity and crispness of apple leathers[J]. Journal of Food Engineering, 2015, 144: 1-9. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2014.07.010.
- [16] SHIH F, DAIGLE K. Oil uptake properties of fried batters from rice flour[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 1999, 47(4): 1611-1615. DOI:10.1021/jf980688n.
- [17] PRIMO-MARTÍN C, SANZ T, STERLING D W, et al. Performance of cellulose derivatives in deep-fried battered snacks: oil barrier and crispy properties[J]. Food Hydrocolloids, 2010, 24(8): 702-708. DOI:10.1016/j.foodhyd.2010.04.013.
- [18] 王尚玉, 周坚, 徐群英, 等. 微波预油炸食品裹粉的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2005(7): 21-22. DOI:10.3969/j.issn.1003-6202.2005.07.011.
- [19] HULBERG A, BERTEAM H C, HULLBERG A. Relationships between sensory perception and water distribution determined by low-field NMR T_2 relaxation in processed pork-impact of tumbling and RN-allele[J]. Meat Science, 2005, 69(4): 709-720. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.11.003.
- [20] 戚军, 高菲菲, 李春保, 等. 低场NMR研究冻融过程中羊肉持水力的变化[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(3): 617-622. DOI:10.3969/j.issn.1000-4440.2010.03.033.
- [21] KANG H Y, CHEN H H. Improving the crispness of microwave-reheated fish nuggets by adding chitosan-silica hybrid microcapsules to the batter[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 62(1): 740-745. DOI:10.1016/j.lwt.2014.04.029.
- [22] AKDENIZ N, SAHIN S, SUMNU G. Effects of different batter formulations on the quality of deep-fat-fried carrot slices[J]. European Food Research and Technology, 2005, 221(1): 99-105. DOI:10.1007/s00217-005-1146-z.
- [23] LIAN X, WANG C, ZHANG K, et al. The retrogradation properties of glutinous rice and buckwheat starches as observed with FT-IR, ^{13}C NMR and DSC[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2014, 64: 288-293. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2013.12.014.
- [24] 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(2): 359-364. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2009.06.013.
- [25] 张君丽, 车志敏, 王会娟. 食盐、磷酸盐及卡拉胶对蒸煮猪肉香肠冻融稳定性的影响[J]. 肉类工业, 2004(3): 26-28. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2004.03.011.
- [26] 胡国华, 唐理文, 周卫国. κ -卡拉胶作为冰淇淋产品辅助性稳定剂的研究[J]. 冷饮与速冻食品工业, 2001, 7(4): 28-30.
- [27] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 14-15.
- [28] 于泓鹏, 曾庆孝. 脆度的研究方法及其控制参数[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(3): 85-89. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2004.03.020.
- [29] 刘文慧, 王颖, 王静, 等. 麦芽糊精在食品工业中的应用现状[J]. 中国食品添加剂, 2007, 30(2): 183-186. DOI:10.3969/j.issn.1006-2513.2007.02.039.
- [30] 郭园, 张中义, 叶君. HPMC、CMC对无麸质面包特性影响的研究[J]. 现代食品科技, 2011, 27(3): 303-309. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2011.03.025.
- [31] 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(4): 703-708. DOI:10.1016/j.foodhyd.2004.07.003.