

乳清蛋白对油炸马铃薯丸品质的影响

Effects of whey protein addition on the quality of fried potato balls

刘 娥^{1,2,3} 关郁芳^{1,2} 李 俊^{1,2}

LIU E^{1,2,3} GUAN Yufang^{1,2} LI Jun^{1,2}

王 梅^{1,2} 黄 珊^{1,2} 刘永翔^{1,2}

WANG Mei^{1,2} HUANG Shan^{1,2} LIU Yongxiang^{1,2}

(1. 贵州省农科院食品加工研究所, 贵州 贵阳 550006; 2. 贵州省农业生物重点实验室,

贵州 贵阳 550006; 3. 安顺学院农学院, 贵州 安顺 561000)

(1. Food Processing Institute of Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang, Guizhou 550006, China;

2. Guizhou Key Laboratory of Agricultural Biotechnology, Guiyang, Guizhou 550006, China;

3. College of Agriculture, Anshun University, Anshun, Guizhou 561000, China)

摘要:目的: 开发一种新的油炸马铃薯丸并评价其品质。

方法:以马铃薯为主要原料, 经蒸煮、油炸制备成马铃薯丸子, 探究乳清蛋白添加量对油炸马铃薯丸色差、质构特性、流变学特性、感官品质及淀粉消化率等指标的影响。

结果:与不添加乳清蛋白相比, 添加乳清蛋白能显著提高马铃薯丸的 L^* (亮度值)、 a^* 值 (红度值), 也能显著提高马铃薯丸子的内聚性、黏附性、弹性 ($P < 0.05$)。乳清蛋白添加量越大 ($0 \sim 2.50$ g/100 g), 马铃薯丸的硬度越低、弹性越高。乳清蛋白的添加对油炸马铃薯丸的淀粉消化率有促进作用。**结论:**乳清蛋白添加量为 2.00 g/100 g 时油炸马铃薯丸表面色泽、口感、硬度、弹性等综合品质最佳。

关键词: 乳清蛋白; 油炸马铃薯丸; 色差; 质构; 消化率

Abstract: Objective: This study aimed to develop a new type of fried potato ball and evaluate its quality. **Methods:** In this study, potatoes were used as the main raw materials to make mashed potatoes after cooking and then fried into potato balls. The effects of whey protein addition on color difference, texture properties, rheological properties, sensory quality and starch digestibility of fried potato balls were explored. **Results:** Compared with non-whey protein addition, the supplementation of whey protein could significantly improve the L^* (brightness value), a^* (redness

value), and the cohesion, adhesion, and elasticity of potato balls ($P < 0.05$). The higher the amount of whey protein powder ($0 \sim 2.5$ g/100 g), the lower the hardness and the higher the elasticity of potato balls. The addition of whey protein can promote the starch digestibility of fried potato balls. **Conclusion:** The color, taste, hardness, elasticity and other comprehensive qualities of fried potato balls were the best when the whey protein supplemental level was 2 g/100 g.

Keywords: whey protein powder; fried potato balls; chromatic aberration; texture; digestibility

马铃薯营养成分全面、价值高, 富含碳水化合物、矿物质、维生素等^[1], 被广泛应用于食品加工中。2015年, 中国政府提出将马铃薯作为第四大主食, 并进行主食产业开发和产业推广的战略^[2]。乳清蛋白是从牛奶中分离出来的一种蛋白质, 约占牛奶蛋白质含量的 20%, 富含人体所需的 8 种必需氨基酸, 并含有酪氨酸和半胱氨酸 2 种半必需氨基酸^[3]。张宏远等^[4]研究表明, 乳清蛋白中的各种必需氨基酸比其他蛋白质中的要高很多。乳清蛋白中含有 α -乳白蛋白、 β -乳球蛋白、免疫球蛋白、血清白蛋白等多种生物活性蛋白, 这些物质在抗菌、抗病毒、免疫调节等方面都发挥着重要作用。除此之外, 乳清蛋白具有热稳定性、泡沫稳定性、乳化稳定性以及易溶解性等多种特性。

作为马铃薯丸的原料, 马铃薯泥在制作中经常会添加牛奶、黄油或者植物油来改善马铃薯泥的品质^[5-7]。Guan 等^[8]曾研究了乳清蛋白及大豆油对模拟马铃薯泥体系结构和理化性质的影响, 结果表明, 乳蛋白添加到糊

基金项目: 贵州省科技计划项目 (编号: [2020] 1Y158); 黔农科院青年科技基金 (编号: [2020] 03)

作者简介: 刘娥, 女, 安顺学院在读本科生。

通信作者: 关郁芳 (1988—), 女, 贵州省生物技术研究所助理研究员, 博士。E-mail: guanyufang1988@163.com

收稿日期: 2023-04-11 **改回日期:** 2023-07-25

化马铃薯淀粉中会使体系黏度变小。研究拟将乳清蛋白添加到马铃薯泥中,探索乳清蛋白对油炸马铃薯丸子流变学特性、颜色、质构、感官和淀粉消化性的影响,以期为更好控制马铃薯丸品质的变化和马铃薯主食深加工产业提供一定的理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

新鲜马铃薯陇薯 10 号;贵州贵阳德旺佳超市;
马铃薯淀粉:修文贵友食品有限公司;
食用盐:贵州盐业(集团)有限责任公司;
大豆油:益海嘉里食品营销有限公司;
乳清蛋白粉:青岛纽特舒玛健康科技有限公司;
 α -淀粉酶(A-3176)、胃蛋白酶(P7000)、胰酶(P7545)、淀粉糖苷酶:美国 Sigma-Aldrich 公司;
葡萄糖氧化酶—过氧化物酶试剂盒(GOPOD)和总淀粉测定试剂盒(Total starch assay kit):爱尔兰 Megazyme 公司。

1.1.2 主要仪器设备

电子天平:FA2104N 型,上海菁海仪器有限公司;
流变仪:AR-G2 型,美国 TA 公司;
色差仪:D25NC 型,美国 Hunter Lab 公司;
质构测试仪:TMS-Pro 型,美国 PCF 公司;
水浴锅:HH-S4A 型,北京科伟永兴仪器有限公司;
电磁炉:C22-SDHCB9E88 型,浙江苏泊尔家电制造有限公司。

1.2 方法

1.2.1 马铃薯泥制作 将新鲜马铃薯块茎削皮,用清水洗净、切成 3 mm 的薄片,然后放在蒸锅里蒸煮直至中心部位熟化后(约 20 min)取出,冷却至室温后捣成马铃薯泥备用。

1.2.2 马铃薯丸制作 每 200 g 自制马铃薯泥,加水 5 mL、食用盐 1.2 g、马铃薯淀粉 5 g、乳清蛋白适量(当乳清蛋白添加量 >2.5 g/100 g 时制作的马铃薯泥质地松软,油炸不能制作成马铃薯丸子,故控制乳清蛋白添加量不超过 2.5 g/100 g),将以上几种原料混合均匀制成直径为 20 mm 的丸子,置于 160 $^{\circ}\text{C}$ 油炸锅内炸 4 min,捞出沥干即可。

1.2.3 色差分析 参照曹赓等^[2]的方法。

1.2.4 质构测定 采用 TMS-Pro 型质构测试仪在室温下对马铃薯丸子的质构特性进行测定。选取 SMS P/36R 型探头对样品进行全质构测试(textural properties analysis,TPA)。测定参数:测前速度 1 mm/s,测试速度 5 mm/s,测后速度 5 mm/s,压缩程度 50%,2 次压缩之间停留时间 5 s,触发类型自动,触发力 0.05 N^[9]。

1.2.5 流变学特性分析 采用 AR-G2 型流变仪测定。参照 Li 等^[10]的方法,修改如下:平板直径为 40 mm,测试温度为 37 $^{\circ}\text{C}$ 。

1.2.6 感官评定 由 10 名经过专业培训的人员参照表 1,对马铃薯丸子外观形态、表面色泽、弹柔性、气味与口感等指标进行感官评价。

表 1 马铃薯丸品质评分标准

Table 1 Potato ball quality scoring standards		
指标	评分标准	评分
外观形态	外观组织形态坚实,马铃薯丸具有一定形态	14~20
	马铃薯丸形态较正常,有轻微散落现象	7~13
	马铃薯丸散架无形	0~6
表面色泽	色泽均匀,金黄色	14~20
	色泽较均匀,不过焦,淡黄色	7~13
	表面灰暗,有焦现象,颜色不均匀	0~6
弹柔性	柔软而富有弹性,不粘牙	14~20
	柔软性和弹性较差,稍粘牙	7~13
	较硬,弹性差,挤压表面易裂开,粘牙	0~6
气味	马铃薯香气浓郁,无异味	14~20
	马铃薯香气较淡	7~13
	基本没有马铃薯香气,有其他异味	0~6
口感	口味纯正,酥松香脆,软硬适中	14~20
	味道寡淡,气味一般	7~13
	有较重的焦味,口感微苦,气味较差	0~6

1.2.7 体外淀粉消化率测定 参照 Sopade 等^[11]的方法,修改如下:称取 2.5 g 油炸马铃薯丸于 50 mL 的离心管中。在模拟消化 0,10,20,30,45,60,90,120,150,180,210,240 min 时提取 0.5 mL 样品,并与无水乙醇(3 mL)混合。各样品中葡萄糖含量用葡萄糖氧化酶—过氧化物酶试剂盒测定。样品的总淀粉含量(淀粉的初始量)使用总淀粉测定试剂盒测定。按式(1)计算淀粉水解率。

$$S_H = 0.9 \times G_p / S_i, \quad (1)$$

式中:

S_H ——淀粉水解率(总),%;

S_i ——淀粉初始量,g;

G_p ——葡萄糖生成量,g。

1.3 数据处理

采用 SPSS、Origin 9.0、Excel 进行数据分析及绘图,数据、图表中均采用字母上标来表示显著性分析结果。

2 结果与讨论

2.1 乳清蛋白添加量对油炸马铃薯丸色泽的影响

添加乳清蛋白的油炸马铃薯丸均呈圆形或椭圆形,

丸子色泽金黄,随着乳清蛋白量的增加,马铃薯丸的颜色加深。如表 2 所示,未添加乳清蛋白的油炸马铃薯丸子 a^* 值、 b^* 值较低,随着乳清蛋白添加量的增大, a^* 值、 b^* 值和色度呈上升趋势,丸子的 L^* 值变化不明显,但有偏向红色和黄色的趋势。这可能是因为丸子在加热油炸时,马铃薯淀粉发生水解,使得一些部位的糖苷键断裂,还原糖游离出来,促进其与蛋白质或氨基酸发生美拉德反应,使马铃薯丸子表皮发生褐变^[12],呈黄棕色或者红棕色。随着乳清蛋白浓度的增加,马铃薯丸子的褐变增加。尤其当乳清蛋白添加量为 2.00 g/100 g 时,颜色发生了显著性改变。这是因为乳清蛋白到达一定浓度后,其与多糖之间碰撞的机会增大很多,有利于美拉德反应的进行^[13]。

2.2 乳清蛋白添加量对油炸马铃薯丸质构特性的影响

乳清蛋白添加量对马铃薯丸质构特性的影响如表 3 所示,为了明确乳清蛋白添加量及各品质相关性状间的关系,对其进行了相关性分析(表 4)。乳清蛋白添加对马铃薯丸硬度、黏附性、内聚性、弹性、咀嚼性都有影响。乳

清蛋白添加量增加,油炸马铃薯丸硬度整体呈减小趋势,内聚性先减小后增大;弹性、咀嚼性均增大。可以看出,乳清蛋白添加量与马铃薯丸子的黏附性、内聚性、弹性和咀嚼性呈极显著性正相关,而与马铃薯丸子的硬度呈极显著性负相关。当乳清蛋白添加量过低时,丸子弹力较差,可能是乳清蛋白添加量低时乳化性较差,淀粉与蛋白质之间的静电作用较弱,淀粉、蛋白质颗粒相互吸引能力较差,淀粉糊化的凝胶性能较弱^[8],从而影响马铃薯丸子的口感。随着乳清蛋白添加比例的增加,马铃薯泥变稀,油炸马铃薯丸子硬度减小。乳清蛋白的逐渐添加增加了马铃薯丸内部成分之间的相互结合强度,可能会增加咀嚼固体马铃薯丸到可吞咽水平所需的功^[14]。综上,当乳清蛋白添加量为 1.50~2.50 g/100 g 时,丸子软硬适中,黏附性较好,紧致有弹性,质地相对较好。

2.3 乳清蛋白添加量对油炸马铃薯丸流变学特性的影响

由图 1 可知,添加乳清蛋白后,马铃薯丸的黏度均随剪切速率的增加而减小,呈剪切变稀的现象。剪切速率为 0.1~10.0 s⁻¹,乳清蛋白添加量为 0.15 g/100 g 时,

表 2 乳清蛋白添加量对油炸马铃薯丸色泽的影响[†]

Table 2 Effects of whey protein addition on color of fried potato balls

乳清蛋白添加量/ (10 ⁻² g · g ⁻¹)	L^*	a^*	b^*	色度
0.00	59.67±2.42 ^{ab}	3.58±0.64 ^e	42.30±1.18 ^a	42.46±1.15 ^b
0.15	55.60±3.00 ^b	5.82±0.75 ^d	42.08±2.68 ^a	42.49±2.64 ^b
0.50	58.08±2.66 ^{ab}	5.58±0.67 ^d	42.30±1.92 ^a	42.67±1.90 ^b
1.00	60.14±3.56 ^a	7.25±0.95 ^c	44.11±2.70 ^a	44.71±2.74 ^b
1.50	59.72±1.54 ^{ab}	7.34±0.53 ^c	44.13±1.07 ^a	44.74±1.12 ^b
2.00	60.49±1.96 ^a	9.72±0.76 ^b	48.12±0.93 ^b	49.10±0.94 ^a
2.50	58.04±2.43 ^{ab}	11.43±0.91 ^a	48.01±0.90 ^b	49.36±0.94 ^a

† 同列小写字母不同的数据差异显著($P<0.05$)。

表 3 乳清蛋白添加量对油炸马铃薯丸质构特性的影响[†]

Table 3 Effects of whey protein supplemental level on texture characteristics of fried potato pellets

乳清蛋白添加量/ (10 ⁻² g · g ⁻¹)	硬度/N	黏附性/mJ	内聚性	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
0.00	2.80±0.43 ^a	0.03±0.01 ^b	0.30±0.04 ^{bc}	2.34±0.25 ^d	0.97±0.12	3.01±1.10 ^c
0.15	2.63±0.31 ^{ab}	0.04±0.02 ^b	0.26±0.01 ^c	2.94±0.18 ^{cd}	1.10±0.16	3.05±0.33 ^c
0.50	2.43±0.40 ^{ab}	0.06±0.04 ^b	0.24±0.05 ^c	3.28±0.40 ^{cd}	0.87±0.31	3.02±1.48 ^c
1.00	2.47±0.26 ^{ab}	0.11±0.05 ^b	0.30±0.03 ^{bc}	3.63±0.38 ^{cd}	1.20±0.22	3.58±0.62 ^c
1.50	2.23±0.45 ^{ab}	0.13±0.07 ^b	0.36±0.05 ^{ab}	4.52±0.85 ^{bc}	1.23±0.33	5.18±1.50 ^{ab}
2.00	1.80±0.14 ^b	0.32±0.13 ^a	0.40±0.02 ^a	5.43±1.10 ^{ab}	0.93±0.17	5.24±1.62 ^{ab}
2.50	1.73±0.56 ^b	0.31±0.03 ^a	0.42±0.05 ^a	6.99±1.42 ^a	1.07±0.29	7.70±3.18 ^a

† 同列小写字母不同的数据差异显著($P<0.05$)。

表 4 乳清蛋白添加量与油炸马铃薯丸质构的相关性[†]

Figure 4 Correlation analysis between whey protein supplemental level and texture of fried potato pellets

指标	WP 添加量	硬度	黏附性	内聚性	弹性	胶黏性	咀嚼性
WP 添加量	1.00						
硬度	-0.67 **	1.00					
黏附性	0.83 **	-0.58 **	1.00				
内聚性	0.77 **	-0.45 *	0.73 **	1.00			
弹性	0.83 **	-0.56 **	0.81 **	0.86 **	1.00		
胶黏性	-0.25	0.45 *	-0.23	-0.066	-0.15	1.00	
咀嚼性	0.66 **	-0.25	0.65 **	0.85 **	0.89 **	0.13	1.00

[†] *. $P<0.05$; **. $P<0.01$ 。

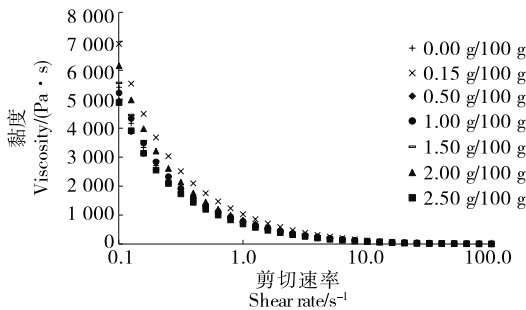


图 1 乳清蛋白添加量对油炸马铃薯丸流变学特性的影响

Figure 1 Effects of whey protein supplemental level on rheological properties of fried potato pellets

马铃薯丸的表观黏度最大,但剪切速率 $>10.0\text{ s}^{-1}$ 后,马铃薯丸的黏度下降越来越快,甚至低于乳清蛋白添加量为 $0.50, 1.00\text{ g}/100\text{ g}$ 的。在乳清蛋白添加量为 $2.50\text{ g}/100\text{ g}$ 时,马铃薯丸的表观黏度最小,这一结果与随着乳清蛋白添加量的增加,油炸马铃薯丸的硬度减小的结果基本一致。乳清蛋白的添加使油炸马铃薯丸的黏度降低可以解释为:① 蛋白质起到了增塑剂的作用,可以防止凝胶基质中淀粉分子的重排;② 蛋白质可能会降低或干扰淀粉分子在再生过程中的再结晶;③ 蛋白质可以

作为惰性填料或物理屏障,限制凝胶基质中淀粉分子之间的氢键结合^[8]。

2.4 乳清蛋白添加量对马铃薯丸感官品质的影响

如表 5 所示,添加不同量乳清蛋白的马铃薯丸外观形态、气味和口感存在显著差异。随着乳清蛋白添加量增加,马铃薯丸乳香增浓,口感更适,感官评分逐渐增加。当乳清蛋白添加量为 $2.00\text{ g}/100\text{ g}$ 时,马铃薯丸表面光滑、色泽金黄,组织结构均一,口感细致酥脆,并伴有淡淡奶香,感官评分值最高。结合马铃薯丸流变学特性分析结果可知,添加一定量乳清蛋白可以改善丸子的内部网络结构,同时在加热过程中,淀粉糊化可与加入的水溶性蛋白质形成胶体,使马铃薯丸子具有一定弹性,适中的硬度,赋予丸子更大的酥脆性。

2.5 乳清蛋白添加量对油炸马铃薯丸体外淀粉消化率的影响

如图 2 所示,消化前期,所有样品均呈现较高的淀粉水解速率,后期水解速率逐渐减缓,加入乳清蛋白的马铃薯丸淀粉消化率比未添加乳清蛋白的有所升高,说明乳清蛋白添加对淀粉消化率有一定促进作用。原因可能有两点:① 加入乳清蛋白质后马铃薯丸黏度降低,这可能使得酶的敏感性和水解作用得到提高^[11];② 乳清蛋白作为一

表 5 乳清蛋白添加量对油炸马铃薯丸感官品质的影响[†]

Table 5 Effects of whey protein supplemental level on sensory quality of fried potato pellets

乳清蛋白添加量/ ($10^{-2}\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$)	外观形态	表面色泽	弹性	气味	口感	感官评分
0.00	16.80 ± 1.03^a	15.10 ± 2.47	12.70 ± 0.67	14.90 ± 1.10^b	13.60 ± 1.50^b	73.10 ± 3.51^b
0.15	15.20 ± 1.68^{abcd}	15.20 ± 1.40	14.50 ± 1.90	15.10 ± 2.28^a	13.70 ± 1.70^b	73.70 ± 7.45^b
0.50	15.70 ± 1.70^{abc}	15.10 ± 0.88	14.60 ± 2.06	14.40 ± 1.42^a	12.80 ± 2.66^b	72.60 ± 4.64^b
1.00	14.90 ± 2.56^{bcd}	14.40 ± 1.43	14.30 ± 2.87	15.60 ± 1.35^a	14.20 ± 2.04^b	73.40 ± 3.37^b
1.50	13.60 ± 1.58^d	14.50 ± 1.84	14.60 ± 1.90	15.30 ± 1.63^a	16.40 ± 1.43^a	74.40 ± 4.50^{ab}
2.00	16.10 ± 1.91^{ab}	15.90 ± 0.99	14.90 ± 2.51	15.50 ± 2.27^a	17.00 ± 1.05^a	79.40 ± 4.88^a
2.50	14.00 ± 1.41^{cd}	14.50 ± 1.95	14.90 ± 2.60	15.20 ± 1.75^a	15.80 ± 1.13^a	74.40 ± 5.62^{ab}

[†] 同列小写字母不同的数据差异显著($P<0.05$)。

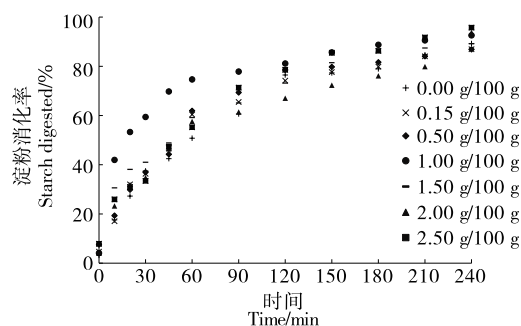


图2 乳清蛋白添加量对油炸马铃薯丸体外淀粉消化率的影响

Figure 2 Effects of whey protein supplemental level on in vitro starch digestibility of fried potato pellets

种粉末状态,在二元或三元体系中会破坏马铃薯淀粉凝胶的三维网络,使酶很容易与淀粉接触^[15]。

3 结论

研究探究了乳清蛋白添加量对油炸马铃薯丸子颜色、质构特性、流变学特性及感官评价的影响。结果表明:不添加或者添加少量乳清蛋白(<1.50 g/100 g)时,油炸马铃薯丸子颜色较浅,硬度较大,弹性较差。乳清蛋白添加量较大(>2.50 g/100 g)时油炸马铃薯丸子颜色较深,硬度小,弹性大,黏性大,容易粘连,而且当乳清蛋白添加量 >2.50 g/100 g时油炸马铃薯丸成型效果差。当乳清蛋白添加量为 2.00 g/100 g时,感官综合评分最高,制备的油炸马铃薯品质最好。此时的油炸马铃薯丸表面光滑、色泽呈金黄色,组织结构均匀一致,口感风味细致,黏弹性好,奶香味适中。综上,乳清蛋白的最佳添加量为 2.00 g/100 g。马铃薯丸子在油炸过程中有大豆油参与反应,但试验并未对其进行深入研究,后期可以对油炸时间和温度进行研究,以获得最佳油炸工艺。

参考文献

- [1] AUGUSTIN J. Variations in the nutritional composition of fresh potatoes[J]. Food Science, 1975, 40(6): 1 295-1 299.
- [2] 曹赓,温成荣,陈学亭,等. 马铃薯蒸馍的配方优化[J]. 食品工业科技, 2022, 43(14): 178-184.
- CAO G, WEN C R, CHEN X T, et al. Optimization of the formula of potato steamed bread [J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(14): 178-184.
- [3] 韩婷,蔡东联. 乳清蛋白的营养特点和作用[J]. 肠外与肠内营养, 2005, 12(4): 243-246.
- HAN T, CAI D L. The nutrition behavior and function of whey protein[J]. Parenteral and Enteral Nutrition, 2005, 12(4): 243-246.
- [4] 张宏远,木泰华,马梦梅. 马铃薯淀粉凝胶形成及其品质影响因素研究进展[J]. 食品工业科技, 2022, 43(23): 450-456.

- ZHANG H Y, MU T H, MA M M. Formation of potato starch gel and influencing factors of its quality: A review[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(23): 450-456.
- [5] ALVAREZ M D, FERNANDEZ C, OLIVARES M D, et al. Sensory and texture properties of mashed potato incorporated with inulin and olive oil blends[J]. International Journal of Food Properties, 2013, 16(8): 1 839-1 859.
- [6] DANKAR I, HADDARAH A, SEPULCRE F, et al. Assessing mechanical and rheological properties of potato puree: Effect of different ingredient combinations and cooking methods on the feasibility of 3D printing[J]. Foods, 2019, 9(1): 21.
- [7] DANKAR I, PUJOLA M, EL OMAR F, et al. Impact of mechanical and microstructural properties of potato puree-food additive complexes on extrusion-based 3D printing[J]. Food and Bioprocess Technology, 2018, 11(11): 2 021-2 031.
- [8] GUAN Y F, ZHAO G H, THAIUDOM S. Evaluation of the physico-chemical properties of potato starch-based foods and their interactions with milk protein and soybean oil[J]. Food Chemistry: X, 2022, 16: 100495.
- [9] 龙潭,夏延斌,于丽,等. 加工工艺对牛肉丸质构特性的影响[J]. 农产品加工(学刊), 2014(2): 30-32, 36.
- LONG T, XIA Y B, YU L, et al. Effect of processing factors on the texture properties of beef ball [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2014(2): 30-32, 36.
- [10] LI S H, YE F Y, ZHOU Y, et al. Rheological and textural insights into the blending of sweet potato and cassava starches: In hot and cooled pastes as well as in fresh and dried gels [J]. Food Hydrocolloids, 2019, 89: 901-911.
- [11] SOPADE P A, GIDLEY M J. A rapid in-vitro digestibility assay based on glucometry for investigating kinetics of starch digestion [J]. Starch-Starke, 2009, 61(5): 245-255.
- [12] 纳日. 马铃薯全粉流变学特性及其在面包中的应用研究[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(9): 63-67.
- NA R. Rheological properties of potato power and its application in bread[J]. Food and Oils, 2018, 31(9): 63-67.
- [13] 魏玉娇,郭晓强,周婷. 酪蛋白-羧甲基壳聚糖美拉德产物的制备及表征[J]. 中国调味品, 2021, 46(2): 19-22.
- WEI Y J, GUO X Q, ZHOU T. Preparation and characterization of casein-carboxymethyl chitosan maillard products [J]. Chinese Condiment, 2021, 46(2): 19-22.
- [14] 张首玉,胡二坤. 不同配方对猪肉水氽丸子品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(14): 66-69.
- ZHANG S Y, HU E K. Effect of different formulations on quality of pork meatballs for blanching [J]. Food Research and Development, 2014, 35(14): 66-69.
- [15] 关郁芳,董楠,唐健波,等. 外源添加剂对马铃薯泥品质影响的研究进展[J]. 食品科技, 2019, 44(7): 328-332.
- GUAN Y F, DONG N, T J B, et al. Research progress of effects of exogenous additives on quality of mashed potato[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(7): 328-332.