

# 油炸藕片加工工艺和质构特性研究

张文君, 何慧\*, 聂志奎, 董华伟, 王真真  
(华中农业大学食品科学技术学院, 湖北 武汉 430070)

**摘要:**以新鲜莲藕为原料,对油炸藕片裹衣配方及加工工艺进行研究。通过单因素试验和正交试验确定了裹衣粉的配方,并考察了切片厚度、油炸时间和油炸温度对藕片质构特性、色泽、口感、含油量的影响。结果表明:裹衣粉最佳配比为每100mL水中加入面粉40g、玉米粉12g、米粉6g,最佳油炸工艺为切片厚度8mm、油炸温度170℃、油炸时间6min。在此加工条件下,产品具有良好的感官品质和质构特性。

**关键词:**油炸藕片;裹衣粉;加工工艺;质构

## Processing Technology and Texture Properties of Fried Lotus Root Slices

ZHANG Wen-jun, HE Hui\*, NIE Zhi-kui, DONG Hua-wei, WANG Zhen-zhen  
(College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** In order to explore the optimal process parameters and the coating formula of fried lotus root slices, single factor and orthogonal tests were conducted. The results showed that the best coating formula was composed of 40 g wheat flour, 12 g corn flour and 6 g rice flour in 100 mL of water. The optimal process parameters for fried lotus root slices were slice thickness of 8 mm, frying temperature of 170 °C and frying time of 6 min. The excellent sensory quality and higher texture properties of fried lotus root slices were achieved under the optimal processing conditions.

**Key words:** fried lotus root slices; coating powder; processing technology; texture property

中图分类号: TS255.36

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)10-0141-05

莲藕(lotus root)微甜质脆,可生食亦可做菜,药用价值较高,且生长于水下,化肥农药污染较小,被认为绿色食品,深受国内外消费者的喜爱。

莲藕系列产品如盐渍藕、速冻藕和真空保鲜藕等具有典型的东方特色和独特的保健功能。目前,油炸果蔬脆片已逐渐成为休闲食品的新秀,耿思增等<sup>[1]</sup>研究了酥脆藕片的低温真空膨化技术和设备,阐述了温度、真空度及油炸时间对产品品质及工艺过程的影响;李洁等<sup>[2]</sup>就切片厚度、护色、烫漂与硬化、预脱水等处理对油炸藕脆片质量的影响进行了研究,优化了藕脆片的加工工艺,还研究了乳酸发酵对油炸藕片质量的影响,结果表明乳酸发酵可以使其综合品质提高<sup>[3]</sup>。藕夹方便食品的加工与保藏研究亦有报道<sup>[4]</sup>。

油炸藕片是我国传统的风味食品,但目前仍处于家庭、露天摊点和餐饮烹饪阶段,存在街头摊点加工卫生条件差,安全性低等问题。对于油炸藕片的研究,目前集中于生产类似于薯片、苹果脆片、红薯脆片等的作为休闲食品的藕脆片产品,而面向餐饮业和超市的

作为主食菜肴的速冻油炸藕片方便食品研究很少见报道,未实现工厂规模化和标准化生产。本实验研究裹衣粉主料配方以及油炸过程中的工艺参数对产品色度、质构特性和感官品质的影响,以期能开发出方便藕片产品,并为油炸藕片的工业化生产提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

鲜藕、大豆油、精制碘盐、面粉 市购;石油醚为国产分析纯试剂。

### 1.2 仪器与设备

TA-XT2型质构仪 英国 Stable Micro System 公司; UltrasCan XE型 Hunterlab 台式色度仪 美国 HunterLab 公司; EF-81电炸锅 广州新粤海西厨设备厂; HH-4电热恒温水浴锅; 索式提取器。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 油炸藕片工艺流程

新鲜莲藕→挑选→清洗→去皮→切片→浸泡→漂

收稿日期: 2011-04-06

作者简介: 张文君(1986—),女,硕士研究生,研究方向为食品化学。E-mail: zhangwenjun321@yahoo.cn

\*通信作者: 何慧(1960—),女,教授,硕士,研究方向为食品科学。E-mail: hehui@mail.hzau.edu.cn

烫→漂洗→沥水→油炸→出料→沥油→调味→包装→成品

### 1.3.2 工艺操作要点

拣选：选用无霉烂、基本无机械损伤的老嫩适宜的脆藕，藕太嫩极易褐变，切片易碎，太老则口感不佳；去皮：带皮部分容易焦糊，使成品色泽不均，均匀去皮；切片：均匀切片太厚不容易炸透，太薄容易变形和焦糊，且口感油腻，一般为8~10mm；浸泡：采用0.5%抗坏血酸、0.1%柠檬酸、0.2%NaCl混合溶液浸泡10~20min<sup>[1]</sup>；漂烫：用90℃左右的热开水或1.5%热盐水漂烫2~5min，视具体情况而定，太生达不到护色目的，太熟则藕片易断<sup>[1]</sup>，以藕片表面稍变透明为佳；上浆：裹衣粉加适量食盐，加水调和成糊状，均匀上浆；油炸：将藕片置于可控温油炸锅中油炸一定时间后捞起、沥油；调味和包装：根据不同消费者口味调成各种风味，可用真空包装或者速冻保藏。

### 1.3.3 评定方法

#### 1.3.3.1 感官评定

表1 感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation standards

分项	特征描述
香气	浓郁油炸香气，具莲藕独特风味，无焦糊等不良风味。
色泽及外观	色泽均匀，金黄，不泛白，表面无裹衣不均引起的粗糙或凹凸不平。
质地及口感	外酥里嫩的饱满脆感，不因水分含量少而焦干或者发硬，藕片表面口感不粗糙。
油腻程度	不油腻或者稍感油腻。
评分标准	优(8~10分)、良(6~8分)、中(4~6分)、差(2~4分)

由10位品评人员组成评价小组，要求品评人员身体健康、无吸烟、酗酒等不良嗜好，对色、香、味、形有较强的分辨力和较高的灵敏度。感官鉴别的时间在下午14:00~16:00时，不在餐后1h参与鉴评。鉴评最适温度为15~25℃(常温)，在鉴评时应注意避免混杂外来气味并保持口腔清爽，有情绪影响不要参与品评。将样品分别用代号1、2、3、…表示，评定人员单独进行评定。评价时要求安静，不讨论，每品尝完1个样品后休息3min，并用纯净水漱口。为提高评定的可信度，对同一批样品按不同顺序在3个不同时间进行3次评分，结果取平均值<sup>[5]</sup>。

#### 1.3.3.2 色度测定

采用台式色度仪测 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值，其中 $L^*$ 值表示亮度值，代表颜色深浅， $L^*$ 值越大，颜色越白，反之则反； $a^*$ 表示颜色的红绿方向， $a^*$ 值越大，颜色越红，反之则反； $b^*$ 值代表颜色的黄蓝方向， $b^*$ 值越大，颜色越黄，反之则反<sup>[6]</sup>。

#### 1.3.3.3 质构特性测定

采用质构仪进行质构测定。质构仪<sup>[7]</sup>测试条件：P/6

探头；测前速率、测后速率均为5mm/s；测试速率2.00mm/s；测试距离20.00mm；压缩比30%；间隔时间：5s；数据收集率：200point/s。每次实验做3个平行，每个平行测试15次数据，最后结果取其平均值。

#### 1.3.3.4 含油量测定

采用索式提取法提取油脂，参照GB/T 5512—2008《粮油检验：粮食中粗脂肪含量测定》<sup>[8]</sup>测定含油量。裹衣粉优化试验中含油量的测定：现炸藕片剥掉外层裹衣，烘干处理后测定；工艺优化试验中含油量的测定：现炸藕片直接剪碎、烘干处理后测定。

### 1.3.4 试验设计

#### 1.3.4.1 混合裹衣粉配方正交试验

以小麦粉、玉米粉和大米粉制作混合裹衣。在预实验基础上，确定各因素水平，按照 $L_9(3^4)$ 正交表安排3因素3水平试验，以色度、质构特性和含油量为指标结合感官评分值，最终确定3种裹衣粉配比。以100mL水中加入裹衣粉质量计量，其正交试验设计因素水平见表2。

表2 裹衣粉配方正交试验因素水平表

Table 2 Factors and levels of orthogonal test for optimizing the coating formula

水平	A 小麦粉用量/g	B 玉米粉用量/g	C 大米粉用量/g
1	32	4	6
2	40	8	10
3	48	12	14

#### 1.3.4.2 油炸工艺优化

利用最佳裹衣配方，采用正交试验优化油炸藕片的工艺参数，选择切片厚度、油炸温度和油炸时间3个因素，在单因素试验基础上设置3个水平，以色度、质构特性和含油量为考察指标，结合感官评分值对工艺参数进行 $L_9(3^4)$ 正交试验优化，因素水平见表3。

表3 油炸工艺参数优化正交试验因素水平表

Table 3 Factors and levels of orthogonal tests for optimizing process parameters of fried lotus root slices

水平	A 切片厚度/mm	B 油炸时间/min	C 油炸温度/℃
1	6	4	150
2	8	6	170
3	10	8	190

## 2 结果与分析

### 2.1 裹衣粉配方正交试验

油炸藕片的色泽特征为金黄色，不泛白( $L^*$ 值为白度)、无焦糊后的红褐色( $a^*$ 值为红度)，能引起消费者的食欲，故本实验中选择色度值中的 $b^*$ 值(黄度)作为评

价指标之一；根据感官鉴定，油炸藕片的硬度是影响口感最重要的因素，在设定的仪器测定参数范围内，藕片越酥脆，硬度越小；低含油量是健康食品追求的目标，故含油量也作为评价油炸藕片品质的一个指标；感官评分值是感官评价人员对产品整体的综合评价，是评价其品质的重要指标。所以本试验着重考察  $b^*$  值、硬度、含油量和感官评分 4 个指标。

表 4 裹衣粉配方正交试验设计及结果

Table 4 Design and results of orthogonal tests for optimizing the coating formula

试验号	A	B	C	空列	硬度	色度 $b^*$	油含量/%	感官评分
1	1	1	1	1	567.91	16.03	38.59	5.9
2	1	2	2	2	790.23	11.90	44.78	5.7
3	1	3	3	3	946.31	16.60	45.69	5.8
4	2	1	2	3	503.64	16.19	49.58	6.9
5	2	2	3	1	990.44	16.16	49.41	7.8
6	2	3	1	2	516.39	15.84	48.34	8.1
7	3	1	3	2	1793.51	10.13	42.66	6.7
8	3	2	1	3	1311.82	12.23	43.93	6.9
9	3	3	2	1	1151.90	13.42	43.34	6.4

硬度				色度 $b^*$				
	A	B	C	空列	A	B	C	空列
$k_1$	768.15	955.02	798.71	903.41	14.84	14.12	14.70	15.20
$k_2$	670.16	1030.80	815.26	1033.40	16.06	13.43	13.84	12.62
$k_3$	1419.10	871.54	1243.40	920.59	11.93	15.29	14.30	15.01
R	748.92	159.29	444.71	129.96	4.14	1.86	0.86	2.58

油含量/%				感官评分				
	A	B	C	空列	A	B	C	空列
$k_1$	43.00	43.60	41.10	43.80	5.80	6.51	6.97	6.71
$k_2$	46.60	46.00	45.90	42.70	7.62	6.80	6.36	6.83
$k_3$	43.30	43.20	45.90	46.40	6.67	6.78	6.76	6.55
R	0.04	0.03	0.05	0.04	1.82	0.30	0.61	0.28

为了避免藕片油炸后水分过度散失，保持外酥内嫩的口感，对其进行裹衣十分必要。传统油炸藕片通常以单纯小麦粉裹衣，其不足是冷后极易吸潮起皮，既影响产品外观，亦影响产品的色泽和口感，油炸或微波复热后复脆效果差。Nakamura 等<sup>[9]</sup>研究日本传统食品天妇罗炸粉时发现，米粉做裹衣粉时，食品的综合品质和酥脆性比小麦粉做裹衣粉更好，而且含油量低；Matsunaga 等<sup>[10]</sup>研究了不同种类的淀粉对产品脆性的影响，结果发现添加玉米淀粉时脆性最好。结合文献并且在多次预试验之后，本试验选择玉米粉、大米粉和小麦粉混合制作裹衣。由表 4~5 可知，就色度  $b^*$  值指标的优化而言，影响裹衣色泽的因素排序为  $A > B > C$ ，

即小麦粉 > 玉米粉 > 大米粉，最佳配比  $A_2B_3C_1$ ；就硬度指标的优化而言，影响裹衣质地的因素排序为  $A > C > B$ ，最佳配比亦为  $A_2B_3C_1$ ；就降低含油量而言，影响裹衣含油量的因素排序为  $C > A > B$ ，最佳配比为  $A_1B_3C_1$ ；若以感官评分为考察指标，则影响裹衣感官品质的因素排序为  $A > C > B$ ，最佳配比为  $A_2B_2C_1$ 。根据方差分析，4 个指标中，裹衣粉各成分对色泽和含油量的影响均不显著；而小麦粉对硬度和感官评分的影响显著。采用多指标正交试验综合平衡法，最终确定实验最佳的配比为  $A_2B_3C_1$ ，即 100mL 水中小麦粉 40g、玉米粉 12g、大米粉 6g，此时感官评分为 8.1，根据感官评分标准，质量为优。经多次验证实验，此配比裹衣粉浓度适宜，裹衣均匀，色泽金黄，口感良好，冷后无起皮现象。

## 2.2 工艺参数的优化

### 2.2.1 切片厚度对油炸藕片品质的影响

表 6 切片厚度对油炸藕片色度、质构参数及含油量的影响

Table 6 Effect of slice thickness on texture properties, color and oil content of fried lotus root slices

厚度/mm	$L^*$	$a^*$	弹性	凝聚性	咀嚼性	回复性	含油量/%
2	44.04	4.62	0.8181	0.6325	169.57	0.3670	38.27
4	45.12	3.41	0.8542	0.7043	151.76	0.3845	26.96
6	52.02	3.35	0.8084	0.6568	175.62	0.3260	19.83
8	55.52	4.81	0.8588	0.7158	184.58	0.3468	17.32
10	53.23	3.67	0.7833	0.6396	351.09	0.3199	11.28
12	43.24	2.07	0.7688	0.6117	604.77	0.3146	10.10

由图 1、表 6 可知，切片厚度过小的时候，油炸藕片极易焦糊，红度  $a^*$  值较大，白度  $L^*$  较小，颜色呈红褐色。随着切片厚度的增加，黄度  $b^*$  增加，至 8mm 时呈现适宜的良好色泽，大于 8mm 之后  $b^*$  开始下降，可能是切片厚度过大，不易炸熟，导致藕片泛白。可见切片厚度不宜过厚或过薄。切片厚度小于 4mm 时，探头下压时，藕片易碎裂，导致所测硬度值很小，但实际上这时藕片焦干，没有外脆里嫩的饱满感；随着切片厚度增加，6mm 可以保证探头下压时藕片不碎裂，但硬度值提高，之后呈现先略降后上升的趋势，8mm 硬度最小。其原因是切片厚度过大时藕片不易炸熟，藕片内部未完全糊化，没有达到理想的组织状态，感官评分显示，厚度过大时口感生硬、不易消化；8mm 左

表 5 裹衣粉配方正交试验硬度、感官评分方差分析

Table 5 Analysis of variance for hardness and sensory scores of coating formula

因素	以硬度为指标					以感官评分为指标				
	偏差平方和	自由度	$F_{比}$	$F_{临界值}$	显著性	偏差平方和	自由度	$F_{比}$	$F_{临界值}$	显著性
小麦粉	994183.38	2	33.24	19	*	4.9	2	40.75	19	*
玉米粉	38090.35	2	1.27	19	0.16	2	1.34	19		
大米粉	381366.39	2	12.75	19	0.58	2	4.79	19		
误差	29906.19	2	0.12	2						

右弹性、凝聚性均处于峰值,有良好的组织状态,口感为不板结、不生硬;咀嚼性较小,表现为不粘牙,咬劲小,这对油炸藕片来讲是适宜的;各厚度对应的回复性变化不大。随着切片厚度的增加,含油量整体呈下降趋势,所以厚度应掌握在含油量较低,但又可以熟透的范围内为宜。文献报道,食品表面的粗糙度是影响吸油率的重要因素<sup>[11]</sup>,切片均匀、裹衣光滑,可以减少含油量<sup>[12]</sup>。

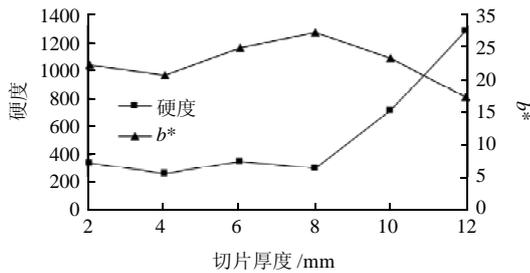


图1 切片厚度对油炸藕片硬度和色度  $b^*$  值的影响

Fig.1 Effect of slice thickness on hardness and color  $b^*$  of fried lotus root slices

## 2.2.2 油炸温度对油炸藕片品质的影响

表7 油炸温度对油炸藕片色度、质构参数及含油量的影响

Table 7 Effect of frying temperature on texture properties, color and oil content of fried lotus root slices

温度/°C	$L^*$	$a^*$	弹性	凝聚性	咀嚼性	回复性	含油量/%
140	58.28	0.30	0.8647	0.6546	692.57	0.3539	13.01
150	57.34	1.02	0.8124	0.6545	671.33	0.3572	11.07
160	54.85	2.61	0.7943	0.6694	495.12	0.3647	11.14
170	52.87	3.40	0.8283	0.7115	344.52	0.3901	12.28
180	51.24	4.13	0.7921	0.6459	248.46	0.3479	10.90
190	49.18	5.88	0.7854	0.6500	431.30	0.3460	13.63

由图2、表7可知,随着油炸温度增高,藕片白度  $L^*$  值呈下降趋势,红度  $a^*$  值呈上升趋势,黄度  $b^*$  值呈现先增后减的趋势,油温在达到  $160^\circ\text{C}$  之后,  $b^*$  值基本稳定,  $190^\circ\text{C}$  稍有下降,原因是油炸温度过高时,藕片呈红褐色,掩盖了藕片的黄色。随着油炸温度的升高,藕片硬度呈现先降低后升高的趋势,其原因是低油温条件下,在一定油炸时间内,水分散失较少,鲜藕本身的硬度使得整体硬度偏大;高温油炸时水分在较短时间内大量散失,藕片内部焦干,硬度也较大;在适宜油温  $170^\circ\text{C}$  左右,藕片散失掉适量水分,可以保证藕片熟透并且有外脆里嫩的口感。 $170^\circ\text{C}$  左右,凝聚性、回复性均处于峰值,弹性较大、咀嚼性较小,综合考虑,此时藕片具有良好的质地。不同油温下,藕片含油量没有明显规律性,由于炸藕片的含油量均较低,在可接受范围内,所以油温的选择主要考虑其他

指标。高温加热可使油脂中的VA、胡萝卜素和VE破坏,食物中的B族维生素也往往被破坏,反复高温煎炸过程中,油脂与氧、水直接接触,发生水解、热氧化、热聚合、热裂解等一系列复杂化学反应,产生挥发性饱和与不饱和的醛、酮、内酯等有害物质<sup>[13]</sup>。有研究煎炸油劣化的文献指出,在  $160^\circ\text{C}$  煎炸条件下,当煎炸时间24h时,已经超过食用油煎炸过程卫生标准,而在  $180^\circ\text{C}$  和  $200^\circ\text{C}$  煎炸条件下,分别为22h和18h<sup>[14]</sup>。所以,从食用健康和节省能源的角度考虑,油炸温度都不宜过高,  $170^\circ\text{C}$  左右较为适宜。

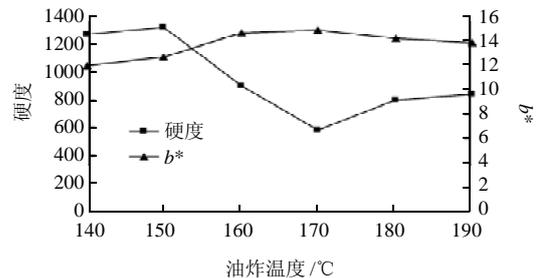


图2 油炸温度对油炸藕片硬度和色度  $b^*$  的影响

Fig.2 Effect of frying temperature on hardness and color  $b^*$  of fried lotus root slices

## 2.2.3 油炸时间对油炸藕片品质的影响

表8 油炸时间对油炸藕片色度、质构参数及含油量的影响

Table 8 Effect of frying time on texture properties, color and oil content of fried lotus root slices

时间/min	$L^*$	$a^*$	弹性	凝聚性	咀嚼性	回复性	含油量/%
3	57.50	1.09	0.7608	0.5514	867.41	0.2986	10.23
4	57.13	2.27	0.7367	0.6125	488.50	0.3248	11.07
5	56.34	3.32	0.8246	0.6888	373.58	0.3569	12.58
6	54.65	5.25	0.8402	0.7566	288.75	0.4315	18.21
7	49.21	4.68	0.8420	0.6941	304.06	0.3662	21.32
8	46.80	4.15	0.8357	0.7294	333.07	0.3990	24.80

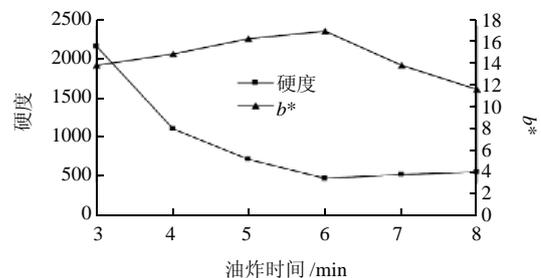


图3 油炸时间对油炸藕片硬度和色度  $b^*$  值的影响

Fig.3 Effect of frying time on hardness and color  $b^*$  of fried lotus root slices

由图3、表8可知,油炸时间越长,白度  $L^*$  越小,  $a^*$  和  $b^*$  呈现先增后减的趋势,原因是油炸时间过长时,藕片转为褐色甚至黑色,红色和黄色均被掩盖,

油炸时间在 6min 左右时,藕片色泽金黄,颜色令人满意。不同油炸时间下,随着时间的增加,藕片硬度呈现先降低后升高的趋势,其原因是油炸时间过短时,藕片未完全熟透,糊化不完全,莲藕本身的硬度较大,6min 后硬度基本稳定,变化不大,油炸时间过长时,水分大量散失,硬度随油炸时间的延长而增大。油炸时间 6min 时,凝聚性最大、咀嚼性最小、回复性最大,均为极值,综合考虑,油炸 6min 左右的藕片具有良好的质地特征。随着油炸时间的增加,藕片含油量呈增长趋势,所以在保证藕片熟透的前提下,油炸时间不宜过长,且油炸时间过长还会导致油品质的迅速下降。

2.2.4 工艺参数优化的正交试验

表 9 加工工艺正交试验设计及结果

Table 9 Design and results of orthogonal tests for optimizing processing parameters of fried lotus root slices

试验号	A	B	C	空列	硬度	色度 b*	油含量/%	感官评分
1	1	1	1	1	571.06	7.56	22.59	4.1
2	1	2	2	2	522.15	14.06	24.08	5.5
3	1	3	3	3	688.64	9.90	24.72	3.8
4	2	1	2	3	470.36	12.41	10.96	7.9
5	2	2	3	1	482.50	12.46	13.90	7.8
6	2	3	1	2	652.18	8.43	13.94	7.3
7	3	1	3	2	1095.38	11.12	10.83	6.8
8	3	2	1	3	875.70	7.87	12.88	6.4
9	3	3	2	1	743.91	10.87	17.11	8.2
					硬度			
					色度 b*			
	A	B	C	空列	A	B	C	空列
k <sub>1</sub>	593.95	712.30	699.60	599.20	10.50	10.36	7.95	10.30
k <sub>2</sub>	535.01	626.80	578.80	756.60	11.10	11.46	12.45	11.20
k <sub>3</sub>	904.99	694.90	755.50	678.20	9.95	9.73	11.16	10.10
R	369.98	85.49	176.70	157.40	1.15	1.73	4.49	1.14
					油含量/%			
					感官评分			
	A	B	C	空列	A	B	C	空列
k <sub>1</sub>	0.23	0.14	0.16	0.17	4.46	6.26	5.93	6.70
k <sub>2</sub>	0.13	0.17	0.17	0.16	7.67	6.57	7.20	6.53
k <sub>3</sub>	0.14	0.19	0.17	0.16	7.13	6.43	6.13	6.03
R	0.11	0.04	0.01	0.02	3.20	0.30	1.27	0.67

表 10 加工工艺正交优化试验方差分析(以感官评价为指标)

Table 10 Analysis of variance for sensory scores of the optimal process of fried lotus root slices

因素	偏差平方和	自由度	F <sub>比</sub>	F <sub>临界值</sub>	显著性
切片厚度	17.63	2	24.42	19	*
油炸时间	0.14	2	0.19	19	
油炸温度	2.78	2	3.85	19	
误差	0.72	2			

由表 9、10 可知,以硬度为考察指标,影响藕片质地的因素排序为 A > C > B,即切片厚度 > 油炸时间 > 油炸温度,最佳组合是 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>;以色度 b\* 值为考察指标,影响藕片色泽的因素排序为 C > B > A,最佳组合亦为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>;以含油量为考察指标,影响藕片含油量的因素排序为 A > B > C,最佳组合是 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>;若

以感官评分为考察指标,则影响藕片外观口感的因素排序为 A > C > B,最佳组合亦为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>。根据方差分析,切片厚度对 4 个指标中的色泽、硬度和含油量的影响均不显著,仅对感官评分影响显著。采用多指标正交试验综合平衡法,最终确定了实验最佳的组合为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>,即切片厚度 8mm,170℃油炸 6min。按此最佳参数进行验证实验,此工艺下油炸的藕片香味浓郁,色泽金黄,口感酥脆,具有优良的品质。

2.3 质量指标

感官指标:色泽金黄,香气浓郁,无焦糊等不良气味,外脆里嫩,口感香脆不油腻;微生物指标:细菌总数小于 100CFU/g;大肠杆菌小于 30CFU/g;致病细菌未检出。微生物指标符合蔬菜及其制品卫生标准<sup>[15]</sup>。

3 结论

本研究结果表明,100mL 水中面粉 40g、玉米粉 12g、米粉 6g 的裹衣配方,比单纯面粉裹衣口感、色泽要好,而且能降低吸潮引起的裹衣起皮,对后期研究产品裹衣的复脆是有利的。利用优化了的裹衣配方,在切片厚度 8mm、170℃油炸 6min 的情况下,油炸藕片色泽金黄,香味浓郁,口感外酥里嫩,有良好的感官品质。

参考文献:

- 耿思增. 酥脆藕片的低温真空膨化技术与设备[C]//2005 年全国农产品加工、食品和包装工程学术研讨会论文集. 福建: 中国机械工程学会包装与食品工程分会, 2005: 155-157.
- 李洁, 王清章, 谭正林, 等. 前处理改善油炸藕片质量的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(6): 138-141.
- 李洁, 王清章, 谭正林, 等. 乳酸发酵对油炸藕片质量的影响[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 154-157.
- 宋艳玲. 藕夹方便食品的加工与保藏研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- 陈幼春, 孙宝忠, 曹红鹤. 食品评品指南[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- 徐吉祥, 楚炎沛. 色差计在食品品质评价中的应用[J]. 现代面粉工业, 2010(3): 43-45.
- 孙彩玲, 田纪春, 张永祥. TPA 质构分析模式在食品研究中的应用[J]. 实验科学与技术, 2007, 5(2): 1-4.
- GB/T 5512—2008 粮食中粗脂肪含量测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- NAKAMURA S, OHTSUBO K. Influence of physicochemical properties of rice flour on oil uptake of tempura frying batter[J]. Biosci Biotechnol. Biochem, 2010, 74(12): 2484-2489.
- MATSUNAGA K, KAWASAKI S, TAKEDA Y. Influence of physicochemical properties of starch on crispness of tempura fried batter[J]. Cereal chemistry, 2003, 80(3): 339-345.
- MORENO M C, BROWN C A, BOUCHON P. Effect of food surface roughness on oil uptake by deep-fat fried products[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 101(2): 179-186.
- 盛占武, 都晋晓, 刘树立. 油炸食品含油率研究[J]. 粮食与油脂, 2007, 4(1): 18.
- 杨月欣. 21 世纪膳食营养指南[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000: 74-89.
- 赵超敏. 煎炸油使用极限的研究[D]. 成都: 西华大学, 2007.
- 中国标准出版社第一编辑室. 中国食品工业标准汇编: 水果、蔬菜及其制品的卫生标准[M]. 北京: 中国标准出版社, 2000: 172-247.