

不同品种莲藕加工脆片适宜性评价

Suitability evaluation for processing chips from different Lotus Root cultivars

杨 松 伍玉茜 陈 敏 郭家刚

YANG Song WU Yu-han CHEN Min GUO Jia-gang

(安徽省农业科学院农产品加工研究所, 安徽 合肥 230031)

(Institute of Agro-products Processing, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031, China)

摘要:以安徽主栽的 4 个莲藕品种为研究对象,测定了原料的淀粉含量、水分含量、脆度等 8 项指标,以及莲藕脆片的产出率、脆度、L 值等 8 项指标,并采用模糊综合评价法对 4 种莲藕脆片的感官品质进行评定。结果表明,4 个品种在脆度、硬度和粗纤维含量 3 项指标上具有显著差异;由不同原料制得的 4 个脆片样品在收缩率、脆度、硬度、总酚保留率和产出率 5 项指标上具有显著差异。由鄂莲 5 号莲藕加工制成的脆片综合评定分数最高,品质最好,该品种较其他 3 个品种更适宜加工成莲藕脆片。

关键词:莲藕;品种;脆片;加工适宜性;模糊综合评价法

Abstract: Selected four lotus root cultivars mainly planted in Anhui province as research objects and tested a range of indexes for both lotus root cultivars and the chips, including 8 tested indexes, respectively. Then fuzzy mathematical comprehensive evaluation was used to compare the sensory quality of lotus root chips samples. The results show that there are significant differences in brittleness, hardness and crude fiber content among the four lotus root cultivars. Furthermore, significant differences are also found in terms of shrinkage rate, brittleness, hardness, total phenol retention, and yield of chips among the lotus root chips samples processed by the four cultivars. In addition, the results also show that lotus root chips processed by Elian No.5 have the highest evaluation score, implying that the Elian No.5 is the best cultivar for processing chips among the four lotus root cultivars.

Keywords: lotus root; variety; lotus root chips; processing suitability; fuzzy comprehensive evaluation

莲藕为多年生宿根水生草本植物,以肥嫩根状茎供食用,是中国极重要的水生蔬菜^[1]。莲藕多为栽培,在中

国分布较广,其中以湖北和江苏两省种植面积最大^[2]。随着莲藕种植面积的扩大,其加工需求也日益迫切。在市场上,莲藕加工产品主要有保鲜藕片、莲藕脆片、藕粉和藕汁饮料等^[3-4],其中,莲藕脆片因食用方便,符合现阶段食品休闲化的趋势,市场需求正在不断增加。目前,莲藕脆片加工工艺主要有热风干燥、真空低温油浴干燥、真空微波干燥和气流膨化干燥等,其中,真空低温油浴技术是生产莲藕脆片的主要加工技术^[5]。

适宜的原料是生产优质加工产品的基础条件。国内外学者对不同品种的果蔬原料进行了加工适宜性评价,筛选出一批适合加工成不同产品的果蔬品种。在水果加工方面,研究学者^[6-9]对梨、柑桔、葡萄和苹果等水果开展了加工适宜性研究,筛选出一批适宜制汁和制干的原料品种。在蔬菜加工方面,国内外研究学者^[10-14]对马铃薯、番茄、青椒等蔬菜开展了加工适宜性研究,筛选出一批适宜加工成脆片、鲜切片、蔬菜酱和蔬菜汁的原料品种。目前,关于莲藕加工的研究报道^[15-19]主要集中在功能性成分活性与结构分析、保鲜护色、淀粉特性、加工工艺等方面,关于不同品种莲藕加工特性的研究则鲜有报道,仅有学者^[20]对莲藕蒸煮加工过程中挥发性风味物质变化情况进行过研究。

食品感官品质评价方法大多采用感官评分法,主要是考察食品在评分者心中产生的总体印象^[21]。但是,这种方法容易因评分者的主观因素而影响评分结果。模糊综合评价法则是将一些边界不清、不易定量的因素定量化、综合评价的一种方法,能够在一定程度上消除传统感官评分法的主观性和片面性。近年来,研究学者^[22-24]采用模糊数学综合评价法来评判食品感官品质的报道也日益丰富。

本试验通过收集安徽种植面积较大的 4 个品种莲藕,测定原料及其脆片制品的各项理化指标,分析品种间指标差异性和相关性。同时,采用模糊综合评价法对不

基金项目:安徽省农业科学院创新团队项目(编号:18C1227)

作者简介:杨松(1986—),男,安徽省农业科学院助理研究员,硕士。E-mail:178815275@qq.com

收稿日期:2019-01-02

同脆片产品的感官品质进行综合评定,进而筛选出适宜加工脆片的莲藕品种,旨在为莲藕加工专用品种的选育和种植结构调整提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

莲藕:鄂莲 5 号、鄂莲 6 号、鄂莲 7 号和飘花莲藕,于成熟时采自舒城县农业科学研究所现代农业示范区;

没食子酸、福林试剂、无水乙醇、盐酸、氢氧化钠、石油醚、甲基红、甲醇、碘化钾、乙酸;分析纯,国药集团化学试剂公司。

1.1.2 仪器与设备

真空低温油炸机:VF2L 型,海阳鑫锐食品设备有限公司;

色差仪:CR-400 型,美国柯尼卡美能达公司;

电子天平:JA1003B 型,上海越平科学仪器有限公司;

质构仪:TA.XT Plus 型,英国 Stable Micro Systems 公司。

1.2 方法

1.2.1 莲藕脆片制备 取不同品种的莲藕原料,每个品种取 3 份,每份约为 3.5 kg,洗净去皮后按下述工艺流程制备莲藕脆片:

莲藕→切片→漂洗→速冻→真空低温油炸→调味→包装

1.2.2 莲藕原料及脆片品质测定

- (1) 水分含量:按 GB 5009.3—2016 执行。
- (2) 淀粉含量:按 GB 5009.9—2016 执行。
- (3) 粗纤维含量:按 GB/T 5009.10—2003 执行。
- (4) 直链淀粉含量:采用比色法^{[25]15}。
- (5) 总酚含量:采用福林—酚比色法^{[25]13-14}。
- (6) 硬度和脆度:莲藕原料样品测定参照文献^{[25]12}

和^[26];莲藕脆片测定参照文献^[27],修改如下:测前速度 5.0 mm/s;测试速度 0.5 mm/s;返回速度 3.0 mm/s;测试距离 5 mm,硬度值为曲线中最大峰值;脆度值为曲线中第一个峰的数值。

(7) L 值:莲藕原料切片后,采用色差仪直接测定;莲藕脆片样品粉碎后,采用色差仪测定。每个样品随机抽取 5 个样本,取平均值。

(8) 莲藕脆片产出率:按式(1)计算。

$$c = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \tag{1}$$

式中:

c ——产出率,%;

m_1 ——脆片质量,g;

m_2 ——新鲜莲藕片质量,g。

(9) 莲藕脆片收缩率:参照文献^[5]。

(10) 莲藕脆片总酚保留率:采用福林—酚比色法测定脆片总酚含量^[5],并按式(2)计算总酚保留率。

$$R = \frac{w_1}{w_2} \times 100\%, \tag{2}$$

式中:

R ——总酚保留率,%;

w_1 ——脆片总酚质量分数,%;

w_2 ——鲜样总酚质量分数,%。

1.2.3 感官评价 参照文献^[28]的方法进行莲藕脆片感官评价,并作如下修改:评价小组由 10 名具有食品专业背景的人员组成。所有待评价样品,经随机取样后重新编号,置于统一容器中。评价小组成员对莲藕脆片的色泽、外观形态、风味、口感 4 项指标进行评定,评定标准见表 1。

1.2.4 模糊数学模型建立

(1) 因素集与评语集的确立:以莲藕脆片感官评价指标为评价因素集,即评价因素集 $U=[u_1, u_2, u_3, u_4]$,其

表 1 莲藕脆片感官评价标准
Table 1 Sensory evaluation criteria for lotus root chips

评定标准	色泽	外观形态	风味	口感
优(8~10 分)	接近莲藕原有色泽,颜色分布均匀,无褐变	脆片完好平整,无破碎,表面无油渍	具有莲藕香气,无油脂酸败味,无焦糊味	口感酥脆,硬度适中,无纤维感,无油腻感
良(5~7 分)	局部略有淡黄色,颜色分布较均匀,略有褐变	脆片略微卷曲或偶有破碎现象,脆片偶有带油渍现象	莲藕香味一般或具有一些焦糊味、酸败味	口感较酥脆,稍硬或稍软,纤维感不重或略有油腻感
中(2~4 分)	大部分呈黄色或颜色深浅不均,有褐变现象	脆片变形卷曲较多或破碎较多,油渍现象较严重	莲藕香气不明显或焦糊味、酸败味较严重	口感酥脆性一般,较硬或较软,纤维感或油腻感较严重
差(<2 分)	整体呈黄褐色或颜色分布极不均匀,褐变现象严重	脆片破碎或卷曲情况严重,表面油渍现象极严重	无莲藕香气或焦糊味、酸败味极严重	口感极不酥脆,过硬或过软,纤维感和油腻感严重

中 u_1 代表色泽, u_2 代表外观形态, u_3 代表风味, u_4 代表口感。

以莲藕脆片感官评价得分等级为评语集,即评语集 $V=[v_1, v_2, v_3, v_4]$, $v_1 \sim v_4$ 分别代表的等级为优、良、中、差。评语集对应的分数为 $v_1=9, v_2=7, v_3=5, v_4=3$ 。

(2) 因素权重比确定:选择具有丰富经验的 5 名技术人员对每个评价因素在整体质量因素中的重要性进行赋分。4 个因素合计 10 分,评价人员认为该因素越重要则赋分越高。结果汇总后,每个因素总分除以 50,即为该因素权重比。

(3) 模糊综合评价:模糊综合评价模型建立首先要经过模糊变换,模糊合成算子是模糊变换的手段。由文献[29]可知, $M(\cdot, +\cdot)$ 算子属于加权平均型算子,其综合程度强,体现全数作用明显,是进行综合排序评价较为合适的算子。故试验采用此算子来建立综合评价模型。模型公式为:

$$Y_j = R_j \cdot A, \tag{3}$$

式中:

Y_j ——样品模糊综合评价结果;

R_j ——样品矩阵序列;

$\cdot$ ——模糊合成算子,本试验采用 $M(\cdot, +\cdot)$ 算子;

A ——因素权重集。

1.2.5 数据处理 采用 SPSS 23.0 和 Excel 2016 软件对数据进行统计和分析。

2 结果与分析

2.1 莲藕原料与脆片品质数据分析

从表 2 可以看出,4 个莲藕品种在硬度、脆度和粗纤维含量 3 项指标上具有显著差异,其变异系数均 $>10\%$,而在水分含量、 L 值、淀粉含量、直链淀粉含量、支链淀粉含量和总酚含量 6 项指标上,数据离散程度较小,差异不明显,其变异系数均 $<10\%$,其中水分含量指标的变异系数最小,仅为 2.74%,说明 4 个莲藕品种在水分含量上基本保持同等水平。比较中位数和均值之间差异可以看

出,各指标的数据变差均 $<5\%$,说明数据离群点较少,具有一定的代表性。

从表 3 可以看出,4 种莲藕脆片在脆度、硬度、收缩率、总酚保留率和产出率 5 项指标上存在较大差异,其变异系数均 $>10\%$,其中收缩率指标差异最大,变异系数达 49.55%,而在 L 值、脂肪含量和水分含量 3 项指标上差异较小,其变异系数均 $<10\%$,说明各脆片样品在这 3 项指标上基本处于同等水平,尤其是脆片的 L 值指标,其变异系数仅为 0.44%,说明各脆片样品的白度基本相同。通过比较中位数和均值之间的差异可以看出,除收缩率指标以外,其他指标的数据变差均 $<5\%$,说明除收缩率指标外,其他指标的数据离群点较少,具有一定的代表性。

对莲藕原料理化指标和脆片品质指标数据进行相关性分析。从相关性分析结果可以看出,莲藕原料水分含量和脆度两个指标之间呈显著负相关,相关系数为 -0.988 ,说明水分含量越高的莲藕品种,其脆度越小;莲藕原料粗纤维含量和脆度两个指标之间呈极显著正相关,相关系数为 0.997,说明粗纤维含量高的莲藕品种,其脆度也高;莲藕原料水分含量和粗纤维含量两个指标之间呈显著负相关,相关系数为 -0.986 ,说明水分含量越高的莲藕品种,其粗纤维含量越低。

由莲藕原料和脆片品质指标相关性分析可以看出,莲藕原料的脆度和脆片的脆度两个指标之间呈显著的正相关,相关系数为 0.97,说明脆度越大的原料加工制成的莲藕脆片脆度也越大;而原料水分含量和脆片脆度之间呈极显著负相关,相关系数为 -0.995 ,说明水分含量高的莲藕原料加工制得的莲藕脆片脆度较小;此外,原料的粗纤维含量与脆片的脆度、原料的总酚含量和脆片的总酚保留率之间均呈显著正相关。

2.2 感官评定结果

10 名感官评价人员对 4 种脆片样品进行感官评分,根据分值确定 4 种脆片样品在各等级的票数分布,结果见表 4。

表 2 莲藕原料各指标数值分布

Table 2 Data distribution of lotus root samples' indicators

指标	单位	最小值	最大值	均值	标准差	中位数	变异系数/%	数据变差/%
硬度	g	3 273.57	5 892.86	4 588.36	1 100.85	4 593.50	23.99	0.11
脆度	g	2 901.07	5 376.29	4 023.04	1 164.61	3 907.40	28.95	2.87
水分	g/100 g	78.37	83.13	81.24	2.23	81.73	2.74	0.61
淀粉含量	g/100 g	9.13	10.17	9.65	0.42	9.65	4.38	0.00
直链淀粉含量	g/100 g	3.69	4.04	3.81	0.16	3.76	4.27	1.38
粗纤维含量	g/100 g	0.51	0.70	0.60	0.08	0.59	14.14	1.12
L 值		63.76	68.16	66.14	1.98	66.32	3.00	0.27
总酚含量	$\mu\text{g/g}$	690.10	805.25	738.81	49.79	729.95	6.74	1.20

表 3 莲藕脆片各指标数值分布
Table 3 Data distribution of lotus root chips

指标	单位	最小值	最大值	均值	标准差	中位数	变异系数/%	数据变差/%
L 值		78.40	79.16	78.83	0.34	78.88	0.44	0.06
脆度	g	268.70	346.17	306.20	36.92	304.96	12.06	0.40
硬度	g	365.58	518.15	432.89	65.16	423.91	15.05	2.07
收缩率	%	14.35	38.42	22.15	10.98	17.91	49.55	19.13
总酚保留率	%	20.53	27.79	23.95	2.98	23.74	12.43	0.89
产出率	%	12.60	15.60	13.50	1.43	12.90	10.58	4.44
脂肪含量	%	12.95	15.44	14.11	1.03	14.03	7.27	0.59
水分含量	%	2.66	2.79	2.74	0.06	2.76	2.08	0.64

表 4 莲藕脆片感官评价票数分布
Table 4 Vote distribution for sensory evaluation
of lotus root chips

评价指标	评判标准	票数统计			
		鄂莲 5 号	鄂莲 6 号	鄂莲 7 号	飘花莲藕
色泽	优	7	6	4	5
	良	2	2	2	4
	中	1	1	3	1
	差	0	1	1	0
外观形态	优	8	5	4	4
	良	2	4	2	4
	中	0	1	2	1
	差	0	0	2	1
风味	优	7	6	5	6
	良	2	2	2	2
	中	1	1	3	2
	差	0	1	0	0
口感	优	8	4	4	6
	良	2	4	4	1
	中	0	2	1	2
	差	0	0	1	1

2.3 基于模糊数学的综合评价结果

2.3.1 建立模糊矩阵 根据表 4 感官评价票数分布,将脆片样品评价指标各等级得票数除以总人数,即可建立各样品的模糊矩阵。鄂莲 5 号、鄂莲 6 号、鄂莲 7 号、飘花莲藕 4 个莲藕品种制得的脆片产品的 4 因素模糊矩阵依次表示为 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 。模糊矩阵如下:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0.0 \\ 0.8 & 0.2 & 0.0 & 0.0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0.0 \\ 0.8 & 0.2 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix};$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0.0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0.0 \end{bmatrix};$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.2 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0.5 & 0.2 & 0.3 & 0.0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix};$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0.0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0.0 \\ 0.6 & 0.1 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}。$$

2.3.2 确定因素权重集 5 位专业技术人员对色泽、外观形态、风味、口感 4 个因素的重要性进行赋分,并依据赋分情况计算各评价指标的权重,结果见表 5。

表 5 4 个因素的权重分布统计
Table 5 Weight distribution and statistics of four factor

人员编号	色泽	外观形态	风味	口感
1	1	1	5	3
2	1	1	4	4
3	2	2	3	3
4	2	0	4	4
5	1	2	4	3
总和	7	6	20	17
权重比	0.14	0.12	0.40	0.34

从表 5 可见,5 名技术人员认为 4 个评价因素对莲藕脆片整体品质的重要性各有不同。从综合结果来看,人们觉得风味对脆片的综合品质影响最大,其次是口感,外观形态影响最小。综合 5 名技术人员的评分结果,得到莲藕脆片模糊综合评价因素权重集为 $A = [0.14, 0.12, 0.40, 0.34]$ 。

2.3.3 模糊综合评价模型 根据模糊变换原理,建立模

糊综合评价模型。以 R_1 矩阵为例。

$$Y_1 = R_1 \cdot A = [0.14, 0.12, 0.40, 0.34] \cdot \begin{bmatrix} 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0.0 \\ 0.8 & 0.2 & 0.0 & 0.0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0.0 \\ 0.8 & 0.2 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix} = [0.746, 0.200, 0.054, 0.000]。$$

同理,可得其他 3 个样品的模糊评价模型。将各样品的模糊综合评价模型与评语集对应的分数相乘,即得到不同品种莲藕脆片的综合评价分数,结果见表 6。

表 6 莲藕脆片综合评价结果

Table 6 Comprehensive evaluation result of lotus root chips

样品名称	Y_j 评价结果集	综合评分
鄂莲 5 号	$Y_1 = [0.746, 0.200, 0.054, 0.000]$	8.384
鄂莲 6 号	$Y_2 = [0.520, 0.292, 0.134, 0.054]$	7.556
鄂莲 7 号	$Y_3 = [0.440, 0.268, 0.220, 0.072]$	7.152
飘花莲藕	$Y_4 = [0.562, 0.218, 0.174, 0.046]$	7.592

由表 6 可知,4 个莲藕品种制得的脆片产品综合评价结果均处于“优”和“良”2 个等级,产品品质较受评分人员的认可。通过比较分值可知,鄂莲 5 号品种的综合评价分数最高,为 8.384,其综合评价等级相比其他品种更接近于“优”等级。由此可判断,鄂莲 5 号莲藕品种比其他 3 个品种更适宜加工莲藕脆片。

3 结论

本试验对鄂莲 5 号、鄂莲 6 号、鄂莲 7 号、飘花莲藕 4 个莲藕品种的原料及其脆片制品的理化指标、加工指标进行分析测定,并采用模糊综合评价法对 4 种莲藕脆片的感官品质进行综合评定,为加工莲藕脆片筛选适宜的品种。结果表明,莲藕原料的品质在一定程度上决定了莲藕脆片制品的质量,原料的水分含量、粗纤维含量和脆度与脆片产品的脆度之间具有显著的相关性。模糊综合评价结果显示鄂莲 5 号制成的脆片综合评分最高,其为最适宜加工莲藕脆片的产品。

本试验仅对 4 种莲藕原料的加工脆片适宜性进行了研究。莲藕在制汁、制粉等方面仍然具有很好的产业前景。在未来的研究中,一方面应该扩大研究对象的数量,以便更好地筛选出适宜加工的品种;另一方面应该开展莲藕原料制汁、制粉的适宜性研究,为莲藕加工产业提供更好的理论支撑。

参考文献

[1] 张长贵,董加宝,王赓旭,等. 莲藕的营养保健功能及其开发利用[J]. 中国食物与营养, 2006, 12(1): 22-24.
[2] 彭立军,彭西甜,龚艳,等. 湖北省莲藕质量安全状况及产

业发展的思考[J]. 农产品质量与安全, 2017(5): 56-59.
[3] 谢晋,韩迪,王靖,等. 中国莲藕产业发展现状及展望[J]. 农业展望, 2017, 13(12): 42-45, 51.
[4] 陈胜阳,陈和平. 藕制品的种类及其加工工艺[J]. 江苏农业科学, 2004, 32(2): 87-88.
[5] 李丽娟,刘春泉,李大婧,等. 不同干燥方式对莲藕脆片品质的影响[J]. 核农学报, 2013, 27(11): 1 697-1 703.
[6] 田瑞,胡红菊,杨晓平,等. 不同梨品种果汁的理化性状及制汁特性综合评价[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(9): 1 866-1 869, 1 873.
[7] 谢姣,王华,马亚琴. 几种柑橘品种制汁适应性评价研究[J]. 食品科学, 2010, 31(17): 153-157.
[8] 郭春苗,周晓明,张雯,等. 不同葡萄品种加工绿葡萄干的适宜性分析[J]. 食品科学, 2012, 33(19): 62-66.
[9] 聂继云,毋永龙,李海飞,等. 苹果品种用于加工鲜榨汁的适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2013, 29(17): 271-278.
[10] 杨炳南,张小燕,赵凤敏,等. 不同马铃薯品种的不同加工产品适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2015, 31(20): 301-308.
[11] LEFORT J F, DURANCE T D, UPADHYAYAM K. Effects of tuber storage and cultivar on the quality of vacuum microwave-dried potato chips[J]. Journal of Food Science, 2010, 68(2): 690-696.
[12] MCCANN L C, BETHKE P C, SIMON P W. Extensive variation in fried chip color and tuber composition in cold-stored tubers of wild potato (*Solanum*) germplasm[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2010, 58(4): 2 368-2 376.
[13] 张学杰,王金玉,郭科,等. 不同加工番茄品种的加工特性评价[J]. 食品科学, 2009, 30(15): 33-35.
[14] 沈月,高美须,杨丽,等. 中国主栽青辣椒品种鲜切加工适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2016, 32(S2): 359-368.
[15] YI Yang, LAMIKANRA Olusola, SUN Jie, et al. Activity diversity structure-activity relationship of polysaccharides from lotus root varieties[J]. Carbohydrate Polymers, 2018, 190: 67-76.
[16] LI Shu-yi, LI Xiao-jin, HE Xu, et al. Effect of mild heat treatment on shelf life of fresh lotus root[J]. LWT-Food Science and Technology, 2018, 90: 83-89.
[17] 刘春泉,张钟元,李丽娟,等. 莲藕片真空微波联合气流膨化干燥工艺[J]. 核农学报, 2015, 29(4): 751-760.
[18] 钱文文,李帅,王春辉,等. 不同品种莲藕淀粉的颗粒形态及流变特性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(4): 195-199.
[19] 廖彩虎,单斌,钟瑞敏,等. 基于真空预冷条件下的浸渍保鲜对鲜切莲藕品质的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(6): 243-248, 210.
[20] 罗庆. 不同品种莲藕的风味特性及加工稳定性研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2015.

(下转第 209 页)

- 与机械, 2017, 33(11): 47-51.
- [2] 易锦满. 几种保润剂的性能比较[J]. 烟草科技, 2006(4): 9-12.
- [3] 陈芝飞, 孙志涛, 芦昶彤, 等. 两种果糖衍生物的合成、卷烟保润性能及毒理学试验[J]. 烟草科技, 2014(4): 43-49.
- [4] 郭俊成, 刘百战, 程晓蕾, 等. 保润剂对烟草叶表面微结构的影响[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(1): 67-71.
- [5] 殷春燕, 徐志强, 汪华, 等. 贮藏过程中不同保润剂对烟丝保润效果及水分散失动力学的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2014, 42(1): 96-101.
- [6] 郭俊成, 吴达, 程晓蕾, 等. 保润剂对烟草吸湿特性的影响研究[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(4): 22-27.
- [7] 许春平, 杨琛琛, 高建奇, 等. 天然多糖的提取及其在卷烟中应用述评[J]. 轻工学报, 2012, 27(5): 34-37.
- [8] 梁森, 侯佩, 芦昶彤, 等. 金钱草多糖对片烟干燥动力学特性的影响[J]. 云南农业大学学报: 自然科学, 2019, 34(1): 70-77.
- [9] 恒恒. 魔芋葡甘聚糖基吸水剂的保润性能研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(3): 142-145.
- [10] 邓龙龙, 邓国庆, 李志刚, 等. 烟草等温吸脱附性能检测装置的设计与实现[J]. 烟草科技, 2016, 49(3): 99-104.
- [11] DOYMAZ I. Drying kinetics, rehydration and colour characteristics of convective hot-air drying of carrot slices[J]. Heat and Mass Transfer, 2017, 53(1): 25-35.
- [12] 迟广俊, 郭鹏, 洪广峰, 等. 烟草样品等温吸湿模型的比较与分析[J]. 中国烟草学报, 2017, 23(2): 50-59.
- [13] OZTURK O K, TAKHAR P S. Water transport in starchy foods: Experimental and mathematical aspects[J]. Trends in Food Science & Technology, 2018, 78: 11-24.
- [14] 种翠娟, 朱文学, 刘云宏, 等. 胡萝卜薄片干燥动力学模型研究[J]. 食品科学, 2014, 35(9): 24-29.
- [15] 李叶贝, 任广跃, 屈展平, 等. 燕麦马铃薯复合面条热风干燥特性及其数学模型研究[J]. 食品与机械, 2018, 34(1): 49-53, 208.
- [16] 张相辉, 李智宇, 宋振兴, 等. 石油醚提取物与烟丝保润性能的关系研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(18): 96-98.
- [17] 楼佳颖, 杨斌, 金永明, 等. 动态水分吸附分析系统在烟草中的应用[J]. 烟草科技, 2012(9): 68-70.
- [18] 顾中铸, 吴薇. 烤烟烟叶的等温吸湿和解湿特性[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2004, 4(4): 32-34.
- [19] 齐华春, 刘一星, 程万里. 高温过热蒸汽处理木材的吸湿解吸特性[J]. 林业科学, 2010, 46(11): 110-114.
- [20] 许燕, 何雁, 张爱玲, 等. 基于动态水分吸附法的花生粉吸湿特性研究[J]. 中草药, 2017, 48(16): 3353-3358.

(上接第 198 页)

- [10] ISHWARYA S P, ANANDHARAMAKRISHNAN C, STAPLEY A G F. Spray-freeze-drying: A novel process for the drying of foods and bioproducts[J]. Trends in Food Science & Technology, 2015, 41(2): 161-181.
- [11] BRUTTINI R, LIAPIS A I. The drying rates of spray freeze drying systems increase through the use of stratified packed bed structures[J]. International Journal of Heat & Mass Transfer, 2015, 90: 515-522.
- [12] WANNING S, SÜVERKRÜP R, LAMPRECHT A. Pharmaceutical spray freeze drying[J]. International Journal of Pharmaceutics, 2015, 488(1/2): 136-153.
- [13] PANG Yu-qi, DUAN Xu, REN Guang-yue, et al. Comparative study on different drying methods of fish oil microcapsules[J]. Journal of Food Quality, 2017, DOI: 10.1155/2017/1612708.
- [14] 巨浩羽, 肖红伟, 郑霞, 等. 干燥介质相对湿度对胡萝卜片热风干燥特性的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(16): 296-304.
- [15] 易军鹏, 李冰, 张棋, 等. 蒸汽爆破处理对亚麻籽油脂脂肪酸组成的影响[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(9): 88-93.
- [16] 蔡云平, 常健, 金莉莉, 等. 林蛙卵油和深海鱼油中脂肪酸组份的研究[J]. 中国公共卫生, 2002, 18(5): 580-581.
- [17] 张立坚, 杨会邦, 蔡春. 3 种淡水鱼油脂肪酸的含量分析[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(4): 115-117.

(上接第 203 页)

- [21] MUKHOPADHYAY S, MAJUMDAR G C, GOSWAMIT K, et al. Fuzzy logic (similarity analysis) approach for sensory evaluation of chhana podo[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 53(1): 204-210.
- [22] 孙莹, 苗榕芯. 基于模糊数学综合感官评价的甘薯淀粉面包的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(17): 180-185.
- [23] 陈琼玲, 赵永娟, 孙亚莉, 等. 模糊数学感官评价法优化花生桃酥加工工艺[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(9): 59-62.
- [24] 韩科研, 黄继超, 刘冬梅, 等. 鸭骨汤酶解液的美拉德反应条件优化[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 261-267.
- [25] 钱文文. 两类不同质地莲藕的特性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2011.
- [26] 徐莉, 王庆国. 莲藕采后生理生化特性研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(5): 166-169.
- [27] 王应强, 张慙, 赵红霞. 响应面法优化鱼藕脆片微波真空烘烤加工条件[J]. 食品工业科技, 2016, 37(13): 215-220.
- [28] 王辉, 陈中爱, 陈朝军, 等. 真空油炸马铃薯脆片预处理工艺优化[J]. 现代食品科技, 2018, 34(12): 187-195, 227.
- [29] 王百姓, 冯积社. 模糊综合评价在干红葡萄酒感官品评中的应用[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(8): 33-37.