

不同品种菌菇加工脆片适宜性评价

Suitability evaluation for processing chips from different mushroom varieties

王 纯^{1,2} 戴艳军^{1,2} 孙 玥^{1,2} 李雪玲^{1,2} 梁 进^{1,2}

WANG Chun^{1,2} DAI Yan-jun^{1,2} SUN Yue^{1,2} LI Xue-ling^{1,2} LIANG Jin^{1,2}

(1. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽 合肥 230036; 2. 安徽省农产品加工工程实验室, 安徽 合肥 230036)

(1. College of Tea & Food Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China; 2. Anhui Engineering Laboratory for Agro-Products Processing, Hefei, Anhui 230036, China)

摘要:分别以杏鲍菇、香菇、鸡腿菇、双孢菇和草菇为主要原料并添加小麦面粉,通过空气炸锅膨化加工成 5 种菌菇脆片,对其感官品质、质构、色差、呈味游离氨基酸及还原性糖等指标进行综合评定。结果表明,不同品种菌菇脆片在品质上存在显著性差异,5 种菌菇脆片的还原糖和总游离氨基酸含量分别为 0.197~0.214 g/100 g 和 88.79~334.84 mg/100 g,且均以鲜味氨基酸和甜味氨基酸含量高。杏鲍菇和香菇脆片的感官评分相对较高,口感酥脆,加工前后色差值发生了相对较小的变化, L^* 值分别为 67.25 ± 0.51 和 70.02 ± 0.87 ,呈诱人的黄色,适合烘焙类产品加工。鸡腿菇、双孢菇和草菇在加工过程中发生了强烈的非酶褐变, L^* 值偏低。

关键词:杏鲍菇;香菇;鸡腿菇;双孢菇;草菇;脆片;加工适宜性

Abstract: Using *Pleurotus eryngii*, *Lentinus edodes*, *Coprinus comatus*, *Agaricus bisporus* and *Volvariella volvacea* as the main raw materials and adding wheat flour, five kinds of mushroom chips were processed by air frying pan. The sensory quality, texture, color difference, flavor free amino acids and reducing sugar of the chips were comprehensively evaluated. The results showed that significant differences were found in the quality of different kinds of mushroom chips. The contents of reducing sugar and total free amino acids in five kinds of mushroom chips were 0.197 ~ 0.214 g/100 g and 88.79 ~ 334.84 mg/100 g, respectively, and the contents of delicious amino acids and sweet amino acids were higher. The sensory scores of *Pleurotus eryngii* and *Lentinus edodes* chips were high-

er, and the taste was crisp. The color difference values before and after processing had relatively small changes, The L^* values were 67.25 ± 0.51 and 70.02 ± 0.87 , respectively. They were attractive yellow and suitable for baking products. *Coprinus comatus*, *Agaricus bisporus* and *Volvariella volvacea* had strong non enzymatic browning and low L^* value during processing.

Keywords: *Pleurotus eryngii*; *Lentinus edodes*; *Coprinus comatus*; *Agaricus bisporus*; *Volvariella volvacea*; chip; processing suitability

中国是食用菌产量大国,同时也是消费大国。当前,中国的食用菌产业发展迅速,已成为农业种植业中的一项重要产业^[1-2]。近年来,在食用菌加工研究领域,膨化加工和再造型菌菇脆片类休闲食品开发已成为关注热点。然而,其研究主要集中在加工方式、工艺优化和品质分析上,如:任爱清等^[3]采用真空油炸—真空微波联合干燥技术干燥香菇脆片,并对其工艺条件进行了优化;齐琳琳^[4]对香菇进行切片、漂烫、护色等处理,采用真空微波干燥香菇脆片,对其工艺进行优化;刘晶晶等^[5]对再造型杏鲍菇即食脆片的工艺进行了研究;刘媛等^[6]以杏鲍菇为原料,通过包裹淀粉糊,研究了不同油炸温度和时间对杏鲍菇片品质的影响;殷玲等^[7]采用低温油炸和冷冻干燥两种方式加工草菇脆片,分别对两种类型的草菇脆片进行品质分析研究;段腾飞等^[8]以杏鲍菇为原料,利用真空低温油炸技术研制了一种方便即食的杏鲍菇脆片。目前尚缺乏基于不同食用菌品种开发再造型菌菇脆片的加工适用性及其品质差异等相关研究。

研究拟以杏鲍菇、香菇、鸡腿菇、双孢菇和草菇 5 种食用菌为原料,并添加小麦粉加工成再造型菌菇脆片,通过感官评价并结合质构、色差、呈味游离氨基酸及还原性糖等指标进行菌菇脆片加工适宜性评价,探讨不同食用菌品种加工再造型菌菇脆片的适应性,以期食用菌脆片类休闲食品的产业化开发利用提供参考依据。

基金项目:安徽高校自然科学研究项目(编号:KJ2020A0136);安徽省农产品加工产业技术体系专项(编号:AHCYJSTX-16)

作者简介:王纯,女,安徽农业大学在读硕士研究生。

通信作者:梁进(1979—),男,安徽农业大学副教授,硕士生导师,博士。E-mail: liangjin@ahau.edu.cn

收稿日期:2020-12-04

1 材料与方法

1.1 材料

杏鲍菇粉、香菇粉、鸡腿菇粉、双孢菇粉和草菇粉：庆元县绿尔佳食品有限公司；

小麦粉：河南康元粮油食品加工有限公司。

1.2 仪器

空气炸锅：KL35-D81 型，九阳股份有限公司；

电子天平：JM-A1002 型，诸暨市超泽衡器设备有限公司；

质构分析仪：TA-XTPlus 型，苏州市三吴仪器设备有限公司；

手持色差仪：CR-400 型，中国柯尼卡美能达公司；

数控超声波清洗器：KQ-250DE 型，昆山市超声仪器有限公司；

高速冷冻离心机：JM-3021HR 型，安徽嘉文仪器装备有限公司；

全自动氨基酸分析仪：L-8900 型，日本日立公司。

1.3 试验方法

1.3.1 菌菇脆片加工 将小麦粉和菌菇粉过 100 目筛，以小麦粉为基准，添加 10% 的菌菇粉，使二者混合均匀之后加入 54% 的水，和面团，静置 10 min，压片（厚度为 1 mm），切片规格 2.5 cm × 2.5 cm 的正方形，空气膨化（膨化温度 165 ℃，时间 10 min）。

1.3.2 感官评价 选取 15 名参加过食品感官培训的评价员对菌菇脆片产品进行感官评价，对样品随机编号，评价员对产品进行独立、客观评价。参照李超等^[9]的方法，并稍作修改，从外观形态、颜色、食味、硬度、脆度、黏牙性 6 个方面进行评价。感官评价标准见表 1。

1.3.3 质构特性测定 采用 TA-XTPlus 型质构分析仪的 Compression 模式测定脆片的质构特性，以穿刺过程中的最大力为硬度值，以整个测试过程的峰数为脆度值（其值越大产品酥脆度越好）。参照苏晓琳^[10]的方法稍作修改，具体参数设定为：选用 P/2 探头；测前、中速度 1 mm/s；测后速度 10 mm/s；压缩距离 15 mm；触发力 20 g；数据采集速率 500 s⁻¹。重复测定 10 次，取平均值。

1.3.4 色差测定 菌菇粉过 100 目筛，均匀平铺粉末，采用色差仪直接测定其表面的 L^* 、 a^* 、 b^* 值。

1.3.5 游离氨基酸检测 参照王丽艳等^[11]的方法稍作修改，称取样品 100 mg 于离心管中，加入 4% 的碘基水杨酸 4 mL，置于超声波仪中，功率设为 100 W，25 ℃ 下超声浸提 35 min，浸提静置后取上清液以 12 000 r/min 离心 40 min，用 1 mL 注射器移取上清液过 0.22 μm 的一次性水膜，装入上样瓶用于游离氨基酸分析测定。

1.3.6 总还原糖的测定 按 GB 5009.7—2016 的直接滴定法执行。

表 1 不同菌菇脆片感官评价表

Table 1 Sensory evaluation of different mushroom chips

项目	评分标准	分值
外观形态 (15 分)	表面平整，结构紧密完整，无裂痕	10~15
	表面相对平整，有微小裂痕	5~9
	表面不平整，粗糙，有明显裂痕	0~4
颜色 (20 分)	色泽均匀，颜色易被接受	15~20
	色泽不太均匀，颜色可以被接受	10~15
	色泽不均匀，颜色难以接受	0~9
食味 (20 分)	有适中的菌菇香味，易被接受	15~20
	较淡的菌菇香味，可以被接受	10~14
	过浓或过淡菌菇香味，难以接受	0~9
硬度 (15 分)	咬度适中，有一定抵抗力	10~15
	咬力一般	5~9
	咬力较大，有抵抗力，口感较硬	0~4
脆度 (15 分)	整体非常酥脆	10~15
	整体一般酥脆	5~9
	不酥脆	0~4
粘牙性 (15 分)	不粘牙	10~15
	有一点粘牙	5~9
	比较粘牙	0~4

1.4 数据分析方法

1.4.1 质构评分 按照十分制的评分方法，硬度（Hardness）和脆度（Fracturability）各占 50%。参照王洁洁等^[12]的方法稍作修改，采用线性插值法赋予硬度和脆度的分值，硬度值与香菇脆片的口感呈负相关，规定硬度最大值 $H_{\max}$ 为 1 分，最小值 $H_{\min}$ 为 10 分，硬度得分算法如式(1)所示。脆度值与香菇脆片的口感呈正相关，规定脆度最大值 $F_{\max}$ 为 10 分，最小值 $F_{\min}$ 为 1 分，脆度得分算法如式(2)所示。

$$S_H = [9 \times (H_{\max} - H) / (H_{\max} - H_{\min})] + 1, \quad (1)$$

式中：

S_H ——硬度得分；

$H_{\max}$ ——硬度最大值，g；

H ——硬度值，g；

$H_{\min}$ ——硬度最小值，g。

$$S_F = [9 \times (F - F_{\min}) / (F_{\max} - F_{\min})] + 1, \quad (2)$$

式中：

S_F ——脆度得分；

$F_{\max}$ ——脆度最大值；

F ——脆度值；

$F_{\min}$ ——脆度最小值。

1.4.2 数据处理 利用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 26 进行数据处理和分析，Origin Pro9.0 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 感官评价分析

对 5 种菌菇脆片从 6 个方面进行感官评定,得出杏鲍菇、香菇、鸡腿菇、双孢菇和草菇脆片的感官总分分别为 $82.2 \pm 1.8, 82.4 \pm 1.3, 81.0 \pm 1.0, 77.4 \pm 1.1, 70.7 \pm 1.4$, 并作出感官品质得分雷达图,如图 1 所示。5 种菌菇脆片在外观形态和黏牙性方面没有太大的差距,但在颜色、硬度、脆度和食味方面存在显著性差异。杏鲍菇和香菇脆片呈现令人愉悦的黄色,感官评分较高;草菇和双孢菇脆片颜色偏黑褐色,不易被接受,感官评分较低,推测是因两种菌菇原料本身就具有较深的棕色,而其在加工过程中所发生的美拉德和焦糖化反应也可能产生黑色着色物^[13]。在食味方面,5 种菌菇脆片的接受度也各不相同,是因为不同品种食用菌的风味差别比较大,主要是由其挥发性成分含量和种类的不同所导致^[14]。草菇和双孢菇脆片得分相对较低,可能是因草菇和双孢菇脆片的菌菇味比较浓厚,进而导致其难以被接受。醛类是草菇中的重要风味成分,含有的苯乙醛具有强烈的气味^[15]。1-辛烯-3-醇是双孢菇的主要风味物质,其含量过高时不易被接受^[16]。香菇脆片食味得分较高,其原料香菇的香味成分主要是香菇精,具有浓郁的鲜香味,且香菇在焙烤时因美拉德反应而产生具有浓厚的炒香味、肉味、香油味、坚果香味等^[17]。综合感官结果显示,香菇脆片的整体接受度相对最高,杏鲍菇和鸡腿菇脆片接受度一般,双孢菇脆片次之,草菇脆片的总体接受度最低。

2.2 质构分析

由图 2 可知,草菇、鸡腿菇、杏鲍菇、双孢菇和香菇脆片的硬度值依次降低,杏鲍菇和香菇脆片的脆度值相对偏高,草菇脆片的脆度值相对偏低。加工之后的 5 种菌菇脆片在质构品质上有显著性差异,可能是因不同品种菌菇中的膳食纤维含量差异造成的。食用菌富含的膳食纤维不同进而会影响其加工产品的品质特性。近年来的相关报道显示,香菇和草菇帽的总膳食纤维分别占干重

的 36.6% 和 24.2%,柄分别占干重的 45.0% 和 28.2%^[18],鸡腿菇总膳食纤维占干重的 34.6%^[19]。膳食纤维会影响面团的吸水率,改变面团流变学特性,进而影响焙烤品质^[20-22]。相关研究^[23-24]表明,随着膳食纤维的增加,产品的硬度会有先上升后降低的变化,口感上伴随着有粗糙、不细腻。通过采用线性插值法分别计算脆片的硬度和脆度得分,以质构的综合评分来判断不同菌菇脆片的品质,得出杏鲍菇、香菇、鸡腿菇、双孢菇和草菇脆片的质构综合评分分别为 $8.16 \pm 0.84, 9.74 \pm 0.77, 6.09 \pm 1.24, 5.06 \pm 0.58, 1.00 \pm 1.02$ 。通过比较,香菇和杏鲍菇脆片的质构得分较高,口感更加酥脆,加工适用性相对较好。

2.3 色差分析

由表 2 可知,不同菌菇粉在 L^* 、 a^* 和 b^* 值上均存在显著性差异,且杏鲍菇、香菇、双孢菇、鸡腿菇和草菇粉的颜色亮度值依次降低。加工之后的菌菇脆片 L^* 、 a^* 和 b^* 值较菌菇粉都发生了明显的变化,其中 L^* 值下降最严重的是双孢菇脆片,降低了 29.6%,其次是鸡腿菇脆片(26.7%)、草菇脆片(26.5%)、杏鲍菇脆片(24.0%)和香菇脆片(16.4%), L^* 值降低程度越大,说明产品褐变越严重。鸡腿菇、双孢菇和草菇脆片的 a^* 和 b^* 值偏高,而香菇和杏鲍菇脆片的 a^* 和 b^* 值偏低。5 种菌菇脆片加工过程中色差发生了不同程度的变化,双孢菇、草菇和鸡腿菇脆片颜色呈褐色和焦黄色,香菇和杏鲍菇脆片颜色呈亮黄色,可能是因其所含氨基酸种类不同,以及美拉德反应和抗氧化能力的程度不同造成的^[25]。综合色差 L^* 、 a^* 和 b^* 值变化情况,香菇脆片和杏鲍菇脆片加工适用性较好。

2.4 呈味物质分析

2.4.1 呈味游离氨基酸组成 氨基酸是美拉德反应的主要参与物质之一,会影响脆片的风味、颜色和营养价值等。由表 3 可知,5 种菌菇脆片均含有 17 种氨基酸,在氨基酸总量、呈味氨基酸、人体必需氨基酸和非必需氨基酸含量之间均存在明显的差异。从氨基酸总量来看,鸡腿

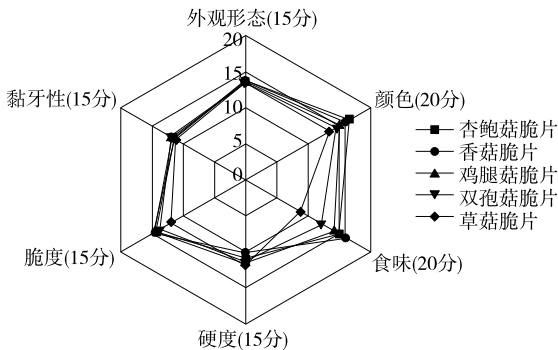


图 1 5 种菌菇脆片感官品质得分雷达图

Figure 1 Radar chart of sensory quality score of five mushroom chips

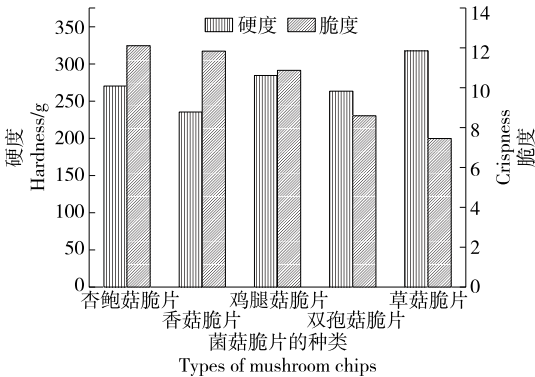


图 2 5 种菌菇脆片硬度值和脆度值

Figure 2 Hardness and crispness of five mushroom chips

菇脆片氨基酸含量较高,双孢菇、杏鲍菇、草菇和香菇脆片的氨基酸含量依次降低。有研究^[26]表明,外界条件一致的情况下,美拉德反应程度与氨基酸总量呈显著正相关。褐变程度不同,导致脆片色泽也有一定的差异性。如表 4 所示,5 种菌菇脆片游离氨基酸含量有较大差异,在 88.79~334.84 mg/100 g。通过分析呈味氨基

表 2 5 种菌菇粉及其加工脆片的色差值
Table 2 Color difference of five mushroom powder and chips

品种	菌菇粉			菌菇脆片		
	<i>L</i> * 值	<i>a</i> * 值	<i>b</i> * 值	<i>L</i> * 值	<i>a</i> * 值	<i>b</i> * 值
杏鲍菇	88.53±0.33	-1.13±0.05	17.72±0.10	67.25±0.51	2.32±0.72	32.74±0.74
香菇	83.79±0.11	0.65±0.02	17.53±0.17	70.02±0.87	1.40±0.19	27.33±0.50
鸡腿菇	82.14±0.32	-0.17±0.02	16.87±1.02	60.24±0.81	5.33±0.91	34.89±1.33
双孢菇	82.44±0.21	0.58±0.03	16.38±0.04	58.06±0.34	5.26±0.29	29.07±0.41
草菇	69.54±0.41	1.86±0.44	28.25±0.27	51.08±0.75	5.79±0.49	28.95±0.45

表 3 5 种菌菇脆片的游离氨基酸质量分数[†]
Table 3 The mass fraction of free amino acids of five kinds of mushroom crisps
mg/100 g

类别	氨基酸	脆片				
		杏鲍菇	香菇	鸡腿菇	双孢菇	草菇
甜味氨基酸	丝氨酸	9.884	3.976	15.563	14.877	10.425
	甘氨酸	4.223	3.218	5.102	6.137	6.204
	苏氨酸*	7.951	3.849	10.379	7.289	4.712
	丙氨酸	29.648	14.227	34.210	38.580	27.744
苦味氨基酸	组氨酸	2.328	0.799	2.756	1.370	1.078
	酪氨酸	7.621	0.980	29.039	6.186	6.320
	异亮氨酸*	7.367	1.311	8.125	6.926	4.751
	亮氨酸*	8.736	3.122	11.803	8.672	4.308
鲜味氨基酸	苯丙氨酸*	11.959	2.232	14.754	13.612	7.098
	天冬氨酸	6.590	9.721	22.044	27.704	31.621
	谷氨酸	38.199	19.470	77.453	79.631	12.264
	精氨酸	26.673	6.474	27.269	6.746	6.554
其他氨基酸	脯氨酸	5.410	1.895	11.188	34.594	4.396
	赖氨酸*	5.420	1.366	6.052	2.861	1.964
	缬氨酸*	11.374	5.172	13.761	8.911	7.190
	半光氨酸	13.905	1.755	16.934	20.609	1.993
蛋氨酸*		15.180	9.220	28.405	18.036	8.977
氨基酸总量		212.469	88.787	334.840	302.740	147.603

† * 为必需氨基酸。

表 4 5 种菌菇脆片呈味氨基酸占总游离氨基酸的比例[†]
Table 4 Proportion of taste amino acids in total free amino acids of five mushroom chips

品种	SAA/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)	BAA/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)	UAA/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)	TFAA/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)	SAA/TFAA/ %	BAA/TFAA/ %	UAA/TFAA/ %
杏鲍菇	51.707	38.011	44.789	212.469	24.336	17.890	21.080
香菇	25.271	8.442	29.192	88.787	28.463	9.509	32.878
鸡腿菇	65.255	66.478	99.497	334.840	19.488	19.854	29.715
双孢菇	66.883	36.766	107.336	302.740	22.092	12.144	35.455
草菇	49.086	23.555	43.885	147.603	33.256	15.959	29.732

† SAA、BAA、UAA、TFAA 分别代表甜味氨基酸、苦味氨基酸、鲜味氨基酸、总游离氨基酸。

酸占总游离氨基酸的比例,得出 5 种菌菇脆片中鲜味氨基酸占总游离氨基酸的比例较大,主要是由谷氨酸含量决定。杏鲍菇、鸡腿菇和草菇脆片中苦味氨基酸占总游离氨基酸的比例大,在一定程度上会影响产品口感。香菇脆片中甜味和鲜味氨基酸占比大,苦味氨基酸占比小,使得香菇脆片的口感更佳,呈更多的鲜香风味,与文献[27]报道一致。此结果也与感官评价食味结果相一致。整体而言,香菇脆片的接受度较高,而杏鲍菇、鸡腿菇、双孢菇和草菇脆片的接受度偏低。

2.4.2 还原糖含量 脆片在加热过程中会发生美拉德反应和焦糖化反应,其中还原糖是重要的前提物质。由图 3 可知,5 种菌菇脆片中草菇脆片的还原糖含量最高,杏鲍菇脆片次之,香菇、鸡腿菇和双孢菇脆片还原糖含量相对较低。

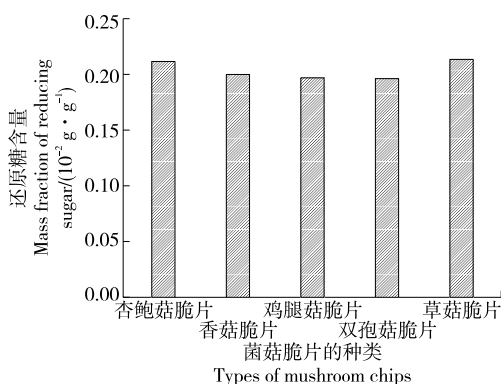


图 3 5 种菌菇脆片的还原糖含量

Figure 3 Reducing sugar content of five mushroom chips

3 结论

通常食用菌品种不同,其所加工产品的适用性也有所不同。试验以市场上较为常见的杏鲍菇、香菇、鸡腿菇、双孢菇和草菇 5 种菌菇为原料,基于感官评价、质构、色差、呈味游离氨基酸和还原性糖含量等多项指标进行综合分析,开展菌菇脆片加工的适宜性评价。结果表明,色差、质构特性和滋味等指标可以反映脆片的相关品质,不同菌菇脆片在各评价指标上存在一定的差异性。5 种菌菇脆片还原糖和总游离氨基酸含量差异大,且均以鲜味氨基酸和甜味氨基酸含量高。杏鲍菇和香菇脆片的感官评分相对较高,口感酥脆,加工前后色差值变化相对较小,较适合烘焙类产品加工。鸡腿菇、双孢菇和草菇因加工过程中发生的非酶褐变而导致其亮度相对偏低。

参考文献

[1] 鲍大鹏. 基于中国食用菌产业发展的食用菌学科建设探讨[J]. 菌物研究, 2020, 18(3): 139-148, 136.
[2] 李博. 中国食用菌产业发展的战略研究与对策分析[J]. 黑龙

江科学, 2020, 11(8): 152-153.

[3] 任爱清, 邓珊, 唐小闲, 等. 香菇脆片真空油炸—真空微波联合干燥工艺优化[J]. 食品与机械, 2020, 36(10): 165-170.
[4] 齐琳琳. 以干香菇为原料的香菇脆片加工工艺研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013: 8-41.
[5] 刘晶晶, 冀宏, 郑雪平, 等. 再造型杏鲍菇即食脆片的工艺研究[J]. 食品工业, 2018, 39(10): 120-125.
[6] 刘媛, 王健, 宋鹏飞, 等. 风味油炸杏鲍菇片加工工艺研究[J]. 粮食加工, 2020, 45(2): 74-77.
[7] 殷玲, 常诗洁, 赵立艳, 等. 低温油炸与冷冻干燥生产草菇脆片的特性[J]. 食品科学, 2017, 38(22): 192-199.
[8] 段腾飞, 郭志华, 肖俊, 等. 杏鲍菇脆片加工工艺研究[J]. 兰州文理学院学报(自然科学版), 2018, 32(5): 55-58.
[9] 李超, 商学兵, 赵节昌, 等. 微波膨化重组型紫薯白灵菇脆片的工艺优化[J]. 粮油食品科技, 2014, 22(1): 24-28.
[10] 苏晓琳. 树莓脆片微波膨化机理与工艺研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2019: 13.
[11] 王丽艳, 荆瑞勇, 郭永霞, 等. 基于氨基酸含量的市售 14 种食用蘑菇的综合评价[J/OL]. 食品科学. (2020-04-27) [2020-12-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20200427.1626.026.html>.
[12] 王洁洁, 邵子晗, 韩晶, 等. 挤压重组紫薯米工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8): 137-142, 150.
[13] RAMÍREZ- JIMÉNEZ A, GUERRA-HERNÁNDEZ E, GARCÍA-VILLANOVA B. Browning indicators in bread[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2000, 48(9): 4 176-4 181.
[14] 李润, 杨焱, 刘晓风, 等. 食用菌风味影响因素及其评价研究进展[J]. 食用菌学报, 2020, 27(4): 202-214.
[15] 常诗洁, 杨志颖, 殷玲, 等. 香辣草菇风味产品的加工及其风味特性分析[J]. 食品科学, 2018, 39(8): 135-140.
[16] LIU Zhi-qiang, LI Hui-dong, JIN Yuan-chang, et al. The enhancement and encapsulation of *Agaricus bisporus* flavor[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 65(3): 391-396.
[17] 张书香. 香菇香味分析及香菇香精的热反应制备工艺[D]. 北京: 北京工商大学, 2010: 2.
[18] CHEUNG P C K. Dietary fiber content and composition of some cultivated edible mushroom fruiting bodies and mycelia[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 1996, 44(2): 468-471.
[19] CHEUNG P C K. Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: Preparation and health benefits[J]. Food Science & Human Wellness, 2013, 2(3/4): 162-166.
[20] 吕国英, 张作法, 潘慧娟, 等. 食用菌膳食纤维研究进展[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(2): 421-426.
[21] 周建勇. 香菇膳食纤维对面团流变学性质的影响[J]. 无锡轻工大学学报, 2000(3): 209-212, 229.

(下转第 238 页)

应用于食品产业中的机器人种类已达 3 000 多种以上,目前中国已经拥有的独立知识产权达 1 800 多种。食品产业机器人按照其应用到食品中的种类还可以具体划分为食品加工机械和食品包装机械两大类型。具体而言,食品加工机械是指利用食品机器人对食品原料进行深加工与处理,最后获得食品成品等;而食品包装机械则是对食品产业的食物进行包装处理所使用的机械,这些机械不仅要负责整理、计量、填充、裹包、封口等工作,同时还要负责后续的清洗、堆码、拆卸等工序。此外,包装机械还要负责食品的计量以及包装盖(盒)印码等工作。通过智能化机器人的应用,可以有效提升食品产业中的加工工作效率与质量,降低劳动强度,改善劳动条件等,为食品安全提供重要的基础保障。当前食品产业中的机器人应用并没有形成严格的定义或者原则,食品产业机器人的应用也没有实现全过程的应用,部分食品企业只是运用机器人从事笨重货物的搬运、装卸、打包以及打码等工作,就严格意义而言,这类食品机器人并不能推动食品产业的智能化发展。

随着时代的进步,目前比较常见的食品机器人还有食品分级、分拣、清洗以及称重的机器人,有去骨、切菜、烹调的机器人。食品产业中由于所针对的生产原料以及操作对象形式多样且较为复杂,所以对机器人的智能化要求更高,只有提升了机器人的智能化,才能满足食品产业工作效率以及生产的连续性,而只有高度的智能化才能保证食品生产速度、生产效率以及食品的安全性。

食品的安全性一直是社会民众比较关注的问题,它不仅与人的健康息息相关,还对食品企业的健康稳定发展有重要影响,所以食品机器人必须要具备高度的安全性。机器人本身属于机械设备,通过《工业机器人机械结构与维护》一书的相关论述可以清晰地认识到,机器人的维护需要使用大量的机械润滑油,如果在维护过程中对该类产品使用不当或者使用不符合食品产业相关规定的油类,势必会为食品的安全埋下极大隐患。虽然部分食品企业为了保证食品的安全性,往往会采用食用油来作润滑油,但是由于操作或维护不当也会导致润滑油滴落到食品中,不仅影响食品的口感与外感,还会产生安全问题。所以,机器人助推食品产业的智能化发展还需要加强机器人使用的监督与管理,进而为食品安全提供有力的保障,才能更好地实现食品产业的智能化发展。《工业机器人机械结构与维护》一书对于这方面的问题进行了全面详细地论述与研究,可以为相关工作者提供重要的理论与实践指导。

(3) 食品产业全过程的智能化改造。《工业机器人机械结构与维护》一书在工业机器人末端执行器章节中着重对机器人的执行器进行了深入探讨。通过相关论述可以清晰地发现大数据时代工业机器人助推食品产业进入

智能化不仅需要注重机器人在食品产业中的应用,还要对食品产业的全过程进行智能化改造。具体而言,食品产业属于传统的产业,只有通过智能化改造,才能实现智能化发展,才能实现发展质量的全面提升,同时也是中国食品产业智能化发展以及食品产业转型升级的重要措施,这样才能既有效地提升生产效率与服务水平,又可以为食品质量安全提供有力的基础保障。因此,食品产业中尚未进行智能化升级的食品企业,要以企业发展规律为基础,从企业的实际情况出发,逐步由传统机械化、自动化向智能化过渡,具体通过以下几个方面实施:① 逐步淘汰传统的手工加工生产方式,结合食品生产需求与标准,合理选择机械化设备以代替手工生产。② 基于信息技术的支持,逐步构建自动化生产流程。当前中国食品产业已拥有成熟的食物机械化生产加工流程。所以食品企业要注重相关技术的引进,进而才能为食品产业的智能化发展构建良好的基础支持。③ 数字化生产。大数据时代背景下,数字化技术已被广泛地应用到各行各业中,并且取得了明显成效。所以食品产业的数字化生产不仅可以实现对生产的精准化控制,还可以获得更加全面的信息数据。④ 实现智能化生产。借助物联网、云计算等信息技术手段,打通研发、制造、管理和物流等主要单元的数据链,形成全流程的信息互联,实现智能化生产。

综上,《工业机器人机械结构与维护》一书通过围绕工业机器人机械结构知识进行了深入研究与论述,不仅有助于读者对工业机器人结构与维护有更加清晰与准确的认识,而且对大数据时代工业机器人助推食品产业进入智能化发展有着重要的指导价值与作用。

(作者:李再明,男,重庆市大足职业教育中心讲师)

(上接第 175 页)

- [22] 罗志刚. 香菇纤维面包的研制[J]. 粮油加工, 2007(2): 77-78.
- [23] 姜璐, 常晨, 骆嘉原, 等. 香菇膳食纤维营养强化曲奇饼干的研制[J]. 中国林副特产, 2017(1): 18-21.
- [24] 王璐, 雷激, 王明. 柠檬皮渣膳食纤维在饼干中的应用[J]. 食品与发酵科技, 2014, 50(1): 51-55.
- [25] XU Hai-ning, ZHANG Xiao-ming, KARANGWA Eric, et al. Correlating enzymatic browning inhibition and antioxidant ability of Maillard reaction products derived from different amino acids[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2017, 97(12): 4 210-4 218.
- [26] 李洪臣, 朱顺成. 氨基酸对不同烤烟品种烟叶美拉德反应的影响[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(3): 26-28, 53.
- [27] 刘培基, 崔文甲, 王文亮, 等. 食用菌风味物质及其在美拉德反应中的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(15): 188-193.