

香菇粉对面团特性和酥性饼干品质的影响

罗海澜^{1,2,3}, 豆康宁^{1,2,3}, 张群芝^{1,2,3}, 马翠云^{1,2,3}, 王富刚^{1,2,3}, 罗海淑⁴,
王会娟⁵, 王飞^{1,2,3*}

(1. 漯河医学高等专科学校, 漯河 462002; 2. 河南省休闲食品工程技术研究中心, 漯河 462002;
3. 河南省营养与健康工程研究中心, 漯河 462002; 4. 江西省吉水县金滩镇政府, 吉水 331608;
5. 河南双汇投资发展股份有限公司技术中心, 漯河 462000)

摘要: 目的 研究香菇粉对面团特性和酥性饼干品质的影响。**方法** 在面粉中分别添加2%、4%、6%、8%、10%、15%、20%、25% (*m:m*)的香菇粉,对香菇面粉的白度、湿面筋含量、降落数值、粉质参数和拉伸参数等指标进行了测定。通过质构分析及感官品质评价,研究了香菇粉对酥性饼干品质的影响。**结果** 在面粉中添加2%~25%的香菇粉可显著降低面粉稳定时间、面团拉伸能量、面粉的白度和湿面筋含量($P < 0.05$)。面粉降落数值随香菇粉添加量的增加呈先降低后增加趋势。质构分析表明,香菇粉添加量为8%时,酥性饼干的硬度和咀嚼性最低,感官品质评分最高,为73.5分,接近满分75分。**结论** 在面粉中添加香菇粉,有利于制作酥性饼干及需要低筋粉制作的食品。添加量为8%时,不仅使香菇酥性饼干口感更酥脆,而且增加了饼干蛋白质、粗纤维等的含量,降低了碳水化合物的含量。

关键词: 香菇粉; 面团; 酥性饼干; 质构; 感官品质

Effect of *Lentinula edodes* powder on the dough properties and quality of crisp biscuits

LUO Hai-Lan^{1,2,3}, DOU Kang-Ning^{1,2,3}, ZHANG Qun-Zhi^{1,2,3}, MA Cui-Yun^{1,2,3}, WANG Fu-Gang^{1,2,3},
LUO Hai-Shu⁴, WANG Hui-Juan⁵, WANG Fei^{1,2,3*}

(1. Luohe Medical College, Luohe 462002, China; 2. Henan Engineering Research Center of Leisure Food, Luohe 462002, China; 3. Henan Engineering Research Center of Nutrition and Health, Luohe 462002, China; 4. Jintan Town Government of Jishui County, Jishui 331608, China; 5. Technology Center of Henan Shuanghui Investment and Development Co., Ltd., Luohe 462000, China)

ABSTRACT: Objective To study the effect of *Lentinula edodes* powder on the quality of the dough properties and quality of crisp biscuits. **Methods** Adding 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 15%, 20%, 25% *Lentinula edodes* powder to the flour (*m:m*) respectively, the whiteness, wet gluten content, sedimentation value, farinograph properties, extensograph properties of the flour adding *Lentinula edodes* powder were investigated. The effect of different concentrations of *Lentinula edodes* powder on the quality of crisp biscuits was explored by texture analysis and sensory quality evaluation. **Results** The flour stabilization time, dough stretching energy, the whiteness of the flour and wet gluten content reduced significantly ($P < 0.05$) when adding 2%-25% *Lentinula edodes* powder to flour. The

基金项目: 河南省科技攻关项目(182102110379)、2020年中央引导地方科技发展专项、漯河医专校级课题(2019-lyzkyb005)

Fund: Supported by the Key Scientific and Technological Projects of Henan Province (182102110379), and the Project of 2020 Central Government Guiding Local Science and Technology Development and Project of Luohe Medical College (2019-lyzkyb005)

*通信作者: 王飞, 博士, 教授, 主要研究方向为生物化学与食品科学。E-mail: whovering@yahoo.com

*Corresponding author: WANG Fei, Ph.D, Professor, Henan Engineering Research Center of Leisure Food, Henan Engineering Research Center of Nutrition and Health, Luohe Medical College, Luohe 462002, China. E-mail: whovering@yahoo.com

sedimentation value decreased firstly and then increased with the increase of the adding amount of *Lentinula edodes* powder. Texture analysis showed that when the adding amount of *Lentinula edodes* powder was 8%, the hardness and chewiness of the crisp biscuit were the lowest, and the sensory quality score was the highest, which was 73.5 points closed to the full score of 75 points. **Conclusion** Adding *Lentinula edodes* powder to flour is beneficial to making crispy biscuits and foods that needed low gluten powder. That the adding amount of 8% not only make the biscuit taste more crisper, but also increase the content of protein, crude fiber, etc. in the biscuit, and reduce the content of carbohydrates.

KEY WORDS: *Lentinula edodes* powder; dough; crisp biscuit; texture; sensory quality

0 引言

香菇(*Lentinula edodes*)又名香蕈、冬菇,原产中国,是世界第二大药食两用型真菌^[1]。香菇营养丰富、香气沁脾、滋味鲜美,富含氨基酸、多糖和维生素等多种营养物质,素有“菇中皇后”之美称^[2]。香菇具有降血压、改善肠道消化功能、抗炎症、提高免疫力等功效^[3-6]。近年来,基于香菇特有的风味及营养价值,香菇酒、香菇酱、香菇面包、香菇脆片等相关产品相继开发并已逐渐成为研究热点^[7-10]。

饼干是传统的休闲食品之一,主要由小麦粉、食用油、白砂糖等原料制成。随着人们对饮食营养与健康的要求越来越高,休闲食品不断向营养化、健康化、多样化方向发展^[11]。传统饼干原材料多以面粉为主,营养结构单一,而向原料中添加功能性辅料,不仅可以提高饼干的营养价值,还可以改善饼干的品质。本研究基于香菇的营养保健特性、消费者喜爱性和原料的易获得性,研究香菇粉对面团特性及酥性饼干品质的影响,以期制备出营养价值更高、感官品质更好的香菇酥性饼干,也为香菇深度开发和生产营养健康的面制食品提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

低筋蛋糕粉(蛋白质含量为 9.3 g/100 g,漯河市新汇面业有限公司);白砂糖、鸡蛋、黄油、干香菇均为市售。

1.2 仪器与设备

JFZD 型粉质仪、JMLD150 型拉伸仪(北京东方孚德技术发展中心);JJJM54S 型湿面筋仪(北京维欣仪奥科技发展有限公司);202A 型电热恒温干燥箱(南京莱步科技实业有限公司);CXC-06 型粗纤维测定仪(浙江托普仪器有限公司);HH-4 型数显恒温水浴锅(金坛市希望科仪器有限公司);SRJX6-13 型马弗炉(上海雷韵试验仪器制造有限公司);JLZ-型降落值测定仪(济南科翔仪器公司);TMS-Pro 型质构分析仪(美国 FTC 公司);SS-2A 型和面机

(广州三麦机械设备有限公司);YXD-20 型烤箱(上海红联机械电器制造有限公司);800Y 型粉碎机(永康市铂欧五金制品有限公司);YQ-Z-48B 型面粉白度测定仪(上海旦鼎国际贸易有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 香菇粉的制备和添加

将干香菇放入粉碎机中,连续粉碎 2 次,每次粉碎时间 15 s,过 100 目筛(孔径 0.15 mm),得到 100 目香菇粉,装入罐中密封室温保存备用。

在面粉中按照质量百分比分别添加 2%、4%、6%、8%、10%、15%、20%、25% 的香菇粉,充分混合均匀,备用。对照组为香菇粉添加量 0%。

1.3.2 干香菇成分的测定

水分测定按照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》进行;蛋白质测定按照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》进行;脂肪测定按照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》进行;粗纤维测定按照 GB/T 5009.10—2003《植物类食品中粗纤维的测定》进行;灰分测定按照 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》进行;碳水化合物测定按照 GB 5009.7—2016《食品安全国家标准 食品中还原糖的测定》进行。

1.3.3 面粉粉质和面团拉伸实验

香菇粉对面粉粉质指标的影响实验按照 GB/T 14614—2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 粉质仪法》进行。香菇粉对面团拉伸指标的影响实验按照 GB/T 14615—2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 拉伸仪法》进行。

1.3.4 面粉白度的测定

采用面粉白度测定仪分别测定不同香菇粉添加量的面粉白度。

1.3.5 湿面筋含量测定方法

根据国家标准 GB/T 5506.2—2008《小麦和小麦粉 面筋含量 第 2 部分:仪器法测定湿面筋》测定湿面筋含量。

1.3.6 降落数值的测定

根据国家标准 GB/T 10361—2008《小麦、黑麦及其面

粉, 杜伦麦及其粗粒粉 降落数值的测定》测定降落数值。

1.3.7 酥性饼干的制作

按照行业标准 LS/T 3206—1993《酥性饼干用小麦粉》的方法制作饼干。

1.3.8 饼干的感官品质评价方法

由 10 位有烘焙食品感官评价经验的成员组成品尝小组, 对酥性饼干进行品尝评价。饼干品质评定方法按照行业标准 LS/T 3206—1993 进行, 评价方法见表 1。

1.3.9 质构参数测定

采用 TMS-Pro 型质构仪, 参考蒙名燕等^[12]和张丽^[13]的方法, 选择全质构分析模式(texture profile analysis, TPA)对面团和成品饼干进行质构参数测定分析。(1)面团质构测定操作参数: 测前速率 1.0 mm/s, 测试速度 60 mm/min, 形变量 50%, 触发力 0.5 N, 面团厚度为 2.0 cm。(2)饼干质构测定操作参数: 利用压缩模式, 测前速率 1.0 mm/s, 测试速度 30 mm/min, 形变量 50%, 触发力 0.5 N, 饼干厚度 0.6 cm。每组进行 3 次平行实验。

1.3.10 数据处理

每组实验均作 3 个平行, 结果均以平均值±标准偏差表示。运用 Microsoft Excel 2016、SPSS 19.0 进行实验数据显著性分析($P < 0.05$)和图表绘制。

2 结果与分析

2.1 干香菇基本成分

香菇主要成分见表 2。与小麦粉营养成分^[14]相比, 香菇中蛋白质、纤维素、脂肪、灰分的含量都比面粉高, 而碳水化合物含量比面粉低近 20%。随着全球非传染性疾病

日益增加以及人们对健康的重视, 面制品也日益趋向低脂、低糖、高蛋白、高膳食纤维的方向发展。因此, 在面粉中添加香菇粉, 能够增加面粉中蛋白质、纤维素、脂肪、矿物质的比例, 适当降低面粉中碳水化合物的比例, 从而改良了面制品的营养结构。

2.2 香菇粉对面粉粉质的影响

由表 3 可知, 与对照组相比, 香菇粉对面粉吸水率、形成时间、稳定时间、弱化度、粉质指数影响显著($P < 0.05$)。

面团的吸水率随香菇粉添加量的增加而增加, 这可能与香菇粉中含有较多的蛋白质和纤维素有关, 说明香菇粉的吸水能力比面粉强。面团形成时间随香菇粉添加量的增加呈先下降后上升趋势, 说明少量添加香菇粉对面团的形成有利。添加香菇粉后面团弱化度增加幅度明显, 说明香菇粉降低了面团的耐搅拌力。添加香菇粉后粉质指数降低幅度明显, 说明香菇粉降低了面粉的粉质品质。

面团稳定时间随香菇粉添加量的增加整体呈下降趋势, 这可能与香菇中的蛋白质和纤维阻碍了面筋网络的形成有关。面制品对面粉粉质指标的要求是^[15]: 糕点(含蛋糕)用小麦粉粉质曲线稳定时间小于 2.0 min, 饼干用小麦粉粉质曲线稳定时间小于 3.5 min, 馒头用小麦粉粉质曲线稳定时间大于 3 min, 面包用小麦粉粉质曲线稳定时间大于 7 min。从表 3 中面团稳定时间可知, 添加香菇粉能降低面粉粉质曲线稳定时间, 有利于制作糕点和饼干, 但不利于制作面包, 对于馒头则少量添加影响不大。

表 1 酥性饼干感官评价标准
Table 1 Sensory evaluation standard of crisp biscuits

项目	满分	评分标准
花纹	10	花纹明显、清晰扣 0 分; 不明显扣 0.5 分; 无花纹扣 1 分。
形态	10	不完整扣 0.2 分; 起泡扣 0.3 分; 不端正扣 0.2 分; 凹底 1/3 扣 0.2 分; 凹底 1/5 扣 0.1 分。
粘牙度	10	轻微粘牙扣 0.25 分; 较粘牙扣 0.5 分。
酥松度	20	很酥松扣 0 分; 较酥松扣 0.5 分; 不酥松扣 2 分。
口感粗糙度	15	很粗糙扣 1.5 分; 较粗糙扣 0.5 分; 细腻扣 0 分。
组织结构	10	均匀扣 0 分; 轻微不均匀扣 0.25 分; 较不均匀扣 0.5 分; 不均匀扣 1 分。
总分		75

表 2 干香菇基本成分($n=3$)
Table 2 Elementary composition of dried *Lentinus edodes* ($n=3$)

成分	蛋白质/%	粗脂肪/%	粗纤维/%	水分/%	灰分/%	碳水化合物/%	其他/%
香菇粉	20.1±3.15	2.9±0.61	7.8±0.45	9.1±0.55	4.9±0.31	54±4.58	1.2±0.26
小麦粉	11	1.5	2	13	1	70	1.5

2.3 香菇粉对面团拉伸的影响

从表 4 可知, 香菇粉对面团拉伸面积、延伸度、拉伸阻力、拉伸比影响显著($P<0.05$)。当面团醒发 45、90、135 min 时, 与对照组相比, 实验组面团的拉伸面积、延伸度随香菇粉添加量的增加呈下降趋势, 拉伸阻力、拉伸比随香菇粉添加量的增加呈先下降后上升趋势。面粉中蛋白的含量对最大拉伸阻力和拉伸面积存在增强效应^[16]。香菇粉能够增加面团的拉伸阻力, 但是大幅度地降低了面团的延伸性能, 从而导致了面团拉伸面积的降低和拉伸比的

增加。一般拉伸曲线面积大而拉伸比值适中的小麦粉, 适合做面包, 反之则有利于制作糕点、饼干等需要低筋粉的产品。根据拉伸指标可将小麦粉划分下列类型: 低筋粉: 面团拉伸阻力小于 200 EU, 延伸度小于 155 mm; 中筋粉: 面团拉伸阻力介于 200~350 EU, 延伸度介于 155~200 mm; 高筋粉: 面团拉伸阻力介于 350~500 EU, 延伸度介于 200~250 mm^[14]。按照此分类方法标准, 添加香菇粉后, 面粉的拉伸指标下降, 更适合制作需要低筋粉制作的食品, 如糕点、饼干等。

表 3 香菇粉对面粉粉质的影响($n=3$)
Table 3 Effects of *Lentinus edodes* powder on flour quality ($n=3$)

添加量/%	面团吸水率/%	面团形成时间/min	面团稳定时间/min	面团弱化度/FU	粉质指数
0	67.34±0.09 ^f	8.00±0.21 ^a	10.93±0.08 ^a	41.6±1.53 ^f	149.67±3.51 ^a
2	67.53±0.13 ^f	4.60±0.06 ^f	3.20±0.10 ^d	168.00±1.00 ^e	59.33±2.08 ^f
4	68.33±0.12 ^e	5.10±0.10 ^e	3.63±0.14 ^c	167.33±2.52 ^e	61.00±3.61 ^{ef}
6	68.33±0.18 ^e	5.10±0.15 ^e	3.63±0.04 ^c	179.67±2.08 ^d	66.33±2.52 ^{def}
8	69.70±0.15 ^d	5.20±0.21 ^e	4.00±0.58 ^b	209.00±1.00 ^a	67.67±2.08 ^{de}
10	69.53±0.25 ^d	5.30±0.12 ^e	4.20±0.00 ^b	202.00±2.56 ^b	70.00±4.36 ^{cd}
15	71.8±0.58 ^c	6.00±0.10 ^d	2.73±0.29 ^e	192.00±2.00 ^d	76.67±1.53 ^c
20	73.00±0.44 ^b	6.60±0.13 ^c	2.53±0.10 ^{ef}	179.67±2.31 ^d	85.00±2.00 ^b
25	75.63±0.55 ^a	7.60±0.05 ^b	2.37±0.09 ^f	176.33±1.15 ^d	90.33±2.52 ^b

注: a~f 不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

表 4 香菇粉对面团拉伸的影响($n=3$)
Table 4 Effects of *Lentinus edodes* powder on the dough extensograph parameter ($n=3$)

面团醒发时间/min	添加量/%	A/cm ²	E/mm	R/EU	R/E(EU/mm)
45	0	69.47±0.80 ^a	131.40±0.95 ^d	280.00±4.58 ^f	2.12±0.01 ^f
	2	49.63±0.67 ^e	137.63±1.31 ^c	220.67±2.08 ^h	1.60±0.01 ^g
	4	57.07±0.70 ^{cd}	146.70±1.30 ^b	233.67±2.08 ^g	1.59±0.05 ^g
	6	65.43±0.71 ^b	157.07±1.86 ^a	270.67±4.93 ^f	1.72±0.02 ^g
	8	57.27±0.40 ^e	120.90±1.97 ^e	299.00±3.61 ^e	2.48±0.02 ^c
	10	55.1±1.45 ^{cd}	107.57±1.12 ^f	331.00±2.00 ^d	3.08±0.03 ^d
	15	55.1±0.20 ^{cd}	74.53±0.42 ^g	526.67±4.04 ^e	7.07±0.08 ^c
	20	55.17±0.76 ^d	72.73±0.67 ^g	573.00±3.61 ^b	7.88±0.12 ^b
90	25	56.03±1.20 ^{cd}	71.00±1.76 ^g	586.33±3.51 ^a	8.26±0.25 ^a
	0	77.37±2.31 ^a	112.10±2.01 ^b	420.00±7.00 ^d	3.75±0.07 ^c
	2	57.17±1.85 ^e	93.6±0.53 ^e	450.33±9.07 ^c	4.81±0.11 ^b
	4	66.23±0.80 ^b	107.47±1.36 ^b	412.67±3.21 ^{de}	3.84±0.04 ^c
	6	70.60±1.23 ^b	120.53±3.23 ^a	381.00±4.58 ^e	3.16±0.07 ^d
	8	53.87±1.70 ^{cd}	98.00±2.00 ^c	362.00±7.21 ^f	3.69±0.06 ^c
	10	50.23±0.71 ^{de}	87.80±1.31 ^d	395.00±6.56 ^e	4.50±0.01 ^b
	15	41.67±1.63 ^g	59.20±1.71 ^e	513.00±5.57 ^b	8.67±0.30 ^a
	20	44.43±0.74 ^{fg}	59.93±1.50 ^e	521.00±4.58 ^{ab}	8.70±0.15 ^a
	25	46.60±1.93 ^{ef}	61.00±1.40 ^e	534.00±8.19 ^a	8.79±0.12 ^a

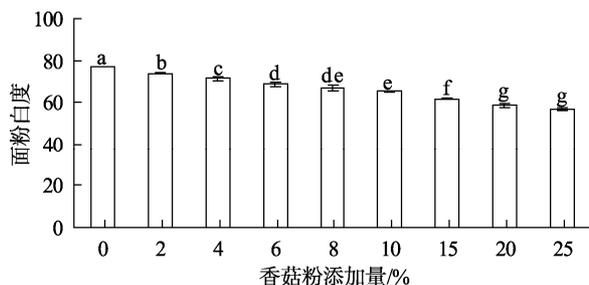
表 4(续)

面团醒发时间/min	添加量/%	A/cm ²	E/mm	R/EU	R/E(EU/mm)
135	0	75.33±0.59 ^a	100.00±3.61 ^b	474.33±7.02 ^a	4.74±0.10 ^d
	2	53.73±0.31 ^b	97.00±2.65 ^b	375.00±6.56 ^d	3.87±0.04 ^e
	4	54.93±3.53 ^b	103.30±6.88 ^b	363.00±6.00 ^{de}	3.52±0.24 ^e
	6	56.70±1.75 ^b	117.27±1.62 ^a	349.00±4.00 ^e	2.98±0.03 ^f
	8	46.53±1.72 ^c	99.63±3.56 ^b	303.00±6.24 ^f	3.04±0.11 ^{ef}
	10	46.33±1.30 ^c	81.90±6.25 ^c	375.67±6.51 ^d	4.61±0.39 ^d
	15	39.93±0.83 ^d	69.50±1.80 ^d	373.00±4.58 ^d	5.37±0.09 ^c
	20	37.97±0.45 ^d	61.80±4.23 ^d	395.00±8.72 ^c	6.40±0.31 ^b
	25	37.10±0.95 ^d	55.97±2.00 ^e	423.00±4.00 ^b	7.56±0.24 ^a

注: A: 拉伸面积, E: 延伸度, R: 拉伸阻力, R/E: 拉伸比; a~h 不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

2.4 香菇粉对面粉色泽的影响

从图 1 可知, 淡黄色香菇粉加入面粉中, 显著降低了面粉的白度($P<0.05$), 随着香菇粉添加量的增加, 面粉白度所受影响也越大。白度是面粉等级的主要指标之一, 我国小麦面粉等级标准对白度的要求是^[17]: 一级大于 76, 二级大于 75, 三级大于 72, 面粉白度值高, 为优质粉, 白度低, 加工品质下降。香菇粉添加量达到 4% 时, 面粉白度为 71.2, 低于三级面粉要求。但是, 对于花色或者杂粮食品, 尤其是烘焙类的糕点和饼干食品, 对面粉白度的要求不高, 因此, 添加较多的香菇粉对食品的食用品质影响不大。



注: a~g 不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

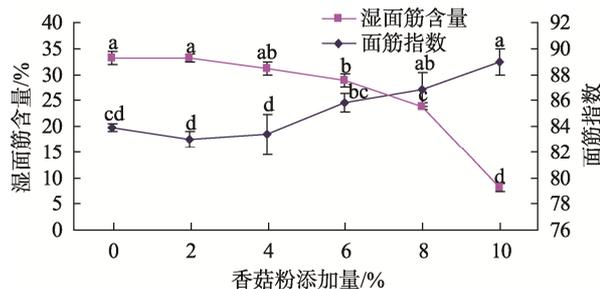
图 1 香菇粉对面粉白度的影响($n=3$)

Fig.1 Effect of *Lentinus edodes* powder on the wheat flour whiteness ($n=3$)

2.5 香菇粉对面粉湿面筋含量的影响

从图 2 可知, 面粉湿面筋含量随香菇粉添加量的增加而下降, 面筋指数随香菇粉添加量增加而增加, 香菇粉添加量为 10% 时, 湿面筋含量低至 8%, 添加量为 15% 时出现散筋现象, 不成面筋团, 所以无法测出面筋指数。面粉蛋白是面筋网络的骨架, 香菇粉的添加稀释了面筋蛋白含量, 阻碍面筋网络的形成, 从而导致湿面筋含量下降^[18]。随着香菇粉含量增加, 面筋指数增加, 推测可能是由于香菇粉

中纤维素含量较高, 混杂在湿面筋中, 能够交联蛋白质分子, 增强湿面筋组织结构, 在离心机离心时不容易从筛孔中甩出去, 从而增加面筋指数。湿面筋含量是面粉等级划分的重要指标之一, 根据湿面筋含量将小麦面粉分为 4 个等级: 大于 30% 为高筋粉, 26%~30% 为中筋粉, 20%~25% 为中筋粉, 小于 20% 为低筋粉。因此, 在面粉中添加香菇粉, 有利于制作糕点、饼干等需要低筋粉制作的食品。



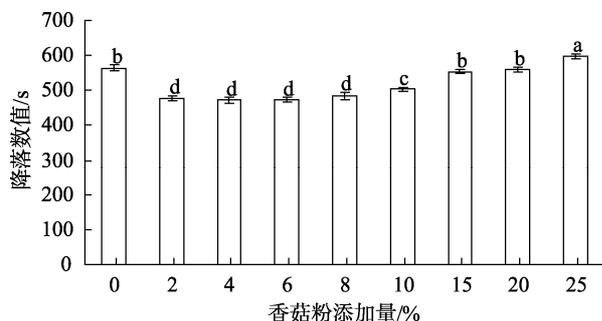
注: a~d 不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

图 2 香菇粉对面筋指数和湿面筋含量的影响($n=3$)

Fig.2 Effects of *Lentinus edodes* powder on wet gluten content and gluten index ($n=3$)

2.6 香菇粉对面粉降落数值的影响

降落数值表示面粉糊化后粘度的大小, 间接反映了面粉中淀粉酶活性的大小, 不同的面制品, 需要适中的降落数值。从图 3 可知, 面粉降落数值随香菇粉添加量的增加呈先降低后增加趋势。香菇粉添加量为 15%~20% 时, 面粉降落数值与对照差异不显著, 其他实验组数据都有显著性差异($P<0.05$)。香菇粉添加 2%~10% 时, 面粉的降落数值相对于对照组显著降低, 此时能够降低面粉的粘度, 有利于制作酥脆的食品或者需要低筋粉制作的面食品。香菇粉添加超过 15% 时, 面粉的降落数值显著升高, 面粉的粘度增加。可根据产品对降落数值的要求, 适量添加香菇粉。



注: a~d 不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

图 3 香菇粉对面粉降落数值的影响($n=3$)

Fig.3 Effect of *Lentinus edodes* powder on flour sedimentation value ($n=3$)

2.7 香菇粉对面团质构的影响

由表 5 可知, 香菇粉添加量较高时, 对面团硬度、胶黏性、粘附性、咀嚼性和弹性有显著影响。与对照组相比, 香菇粉添加量大于 8% 时, 对面团的硬度的影响显著, 这可能与香菇粉吸水率高有关。香菇粉添加量大于 10% 时面团胶黏性越来越强。香菇粉对面团的粘附性有显著降低的作用, 也即添加香菇粉后, 面团的表面变得更光滑, 不易粘手。添加 6%~8% 的香菇粉对面团的弹性有显著降低作用, 添加 25% 对弹性则有增加作用, 这与贾斌等^[19]和张艳荣等^[20]的研究结果一致。香菇粉添加量大于 15% 时, 面团的咀嚼性显著增加, 这与胶黏性和弹性值增加有关。因此, 从香菇粉对面团硬度、粘附性、弹性、咀嚼性指标的影响考虑, 香菇粉添加量低于 10%, 有利于酥性饼干的感官品质。

表 5 香菇粉对面团质构的影响($n=3$)
Table 5 Effect of *Lentinus edodes* powder on texture of dough ($n=3$)

添加量/%	硬度/N	胶黏性/N	粘附性/mJ	弹性/mm	咀嚼性/mJ
0	38.21±0.15 ^{dc}	3.04±0.10 ^d	0.97±0.18 ^a	1.22±0.04 ^{ab}	3.74±0.04 ^{cd}
2	37.05±0.23 ^c	2.74±0.08 ^d	0.42±0.05 ^b	1.15±0.08 ^{bc}	3.11±0.33 ^{de}
4	38.24±2.32 ^d	3.40±0.53 ^{cd}	0.33±0.02 ^{bc}	1.16±0.04 ^{bc}	3.82±0.44 ^{cd}
6	40.67±0.40 ^d	2.83±0.05 ^d	0.27±0.00 ^{bc}	1.00±0.06 ^c	2.8±0.11 ^e
8	41.21±1.12 ^d	3.32±0.24 ^{cd}	0.27±0.03 ^{bc}	1.01±0.07 ^c	3.32±0.45 ^{de}
10	45.25±2.12 ^c	3.24±0.23 ^{cd}	0.24±0.04 ^c	1.14±0.07 ^{bc}	3.52±0.32 ^{cde}
15	48.52±1.88 ^b	3.73±0.28 ^{bc}	0.21±0.00 ^c	1.16±0.08 ^{bc}	4.38±0.64 ^{bc}
20	48.55±0.62 ^b	4.20±0.16 ^b	0.18±0.02 ^c	1.27±0.04 ^{ab}	5.31±0.28 ^b
25	60.05±0.20 ^a	6.30±0.06 ^a	0.17±0.02 ^c	1.37±0.02 ^a	8.54±0.12 ^a

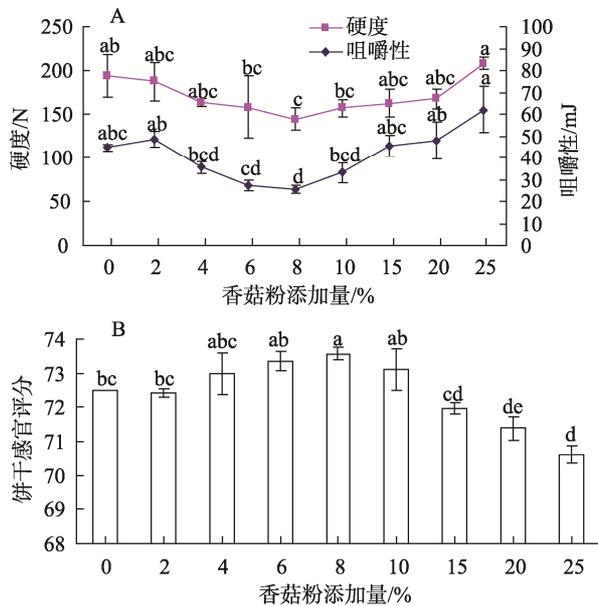
注: a~e 不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.8 香菇粉对酥性饼干质构和感官品质的影响

咀嚼性是指将食物从固体状态咀嚼到可吞咽过程中牙齿所做的功。咀嚼性数值越大说明饼干的硬度越大, 饼干在口腔中的咀嚼时间越长^[21]。从图 4A 可知, 随着香菇粉添加量的增加, 酥性饼干的硬度和咀嚼性呈先下降后上升的趋势, 其中香菇粉添加量为 8% 时达到最小值; 当香菇粉添加量大于 8%, 面团和酥性饼干的硬度和咀嚼性都有增大趋势, 这可能是由于随着香菇粉添加量的增加, 香菇蛋白质及纤维含量增加, 对面筋蛋白起了稀释作用, 面筋网络形成越困难, 弹性降低, 因而硬度和咀嚼性增加。从图 4B 可知, 随着香菇粉添加量的增加, 酥性饼干的感官品质评分呈先上升后下降的趋势, 添加量为 8% 时, 感官品质评分达到显著最大值(73.5 分); 当香菇粉添加量超过 15% 时, 酥性饼干感官评分开始显著下降。由此可见, 该香菇酥性饼干的硬度和咀嚼性降低时, 感官品质评分更高。因此, 酥性饼干中适宜的香菇粉添加量为 8%。

3 结论与讨论

与面粉营养成分相比, 香菇中蛋白质、纤维素、脂肪、灰分的含量高, 碳水化合物含量相对较低。在面粉中添加香菇粉, 增加了面粉中蛋白质、纤维素、脂肪、矿物质的比例, 降低了面粉中碳水化合物的比例, 从而改良了面粉的营养组成。面团稳定时间和面团拉伸能量随香菇粉添加量的增加呈下降趋势, 导致面团的稳定时间缩短^[22], 拉伸能量降低。这与高永欣^[23]的研究结果一致。香菇粉能够降低面粉稳定时间和面团拉伸能量, 有利于制作酥性饼干及其他需要低筋粉制作的食品。香菇粉添加量为 8% 时, 酥性饼干的硬度和咀嚼性最低, 感官品质评分最高, 为 73.5 分, 接近满分 75 分。该香菇酥性饼干不仅口感更酥脆, 而且营养成分更符合低碳水化合物、高蛋白、高膳食纤维的要求。



注: a~e 不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

图4 香菇粉对饼干质构(A)和感官品质(B)的影响($n=3$)

Fig.4 Effects of *Lentinus edodes* powder on texture (A) and sensory quality (B) of biscuits ($n=3$)

尽管香菇粉降低了面粉和酥性饼干的白度,但作为花色面食品,不影响该酥性饼干的食用价值。当酥性饼干面团中添加过多香菇粉时,面团硬度增加,成形性变差,可以适度增加湿性原料,如鸡蛋、黄油和水,以调整面团的硬度。同时,也可从香菇干燥方式、香菇粉粒径等方面探索既增加香菇粉的添加量,又不影响饼干口感方法,为开发在营养成分上增加香菇蛋白质、膳食纤维、矿物质含量的符合现代社会健康观念的休闲食品作出有实效的探索。

参考文献

- 刘晓, 闫语婷. 香菇的营养价值及综合利用现状与前景[J]. 食品工业, 2017, 38(3): 207-210.
LIU X, YAN YT. Review on nutrition value and comprehensive utilization of *Lentinus edodes* and present situation [J]. Food Ind, 2017, 38(3): 207-210.
- 赵旭博, 孙正宏, 田阳, 等. 不同干燥方式对香菇品质的影响[J]. 农产品加工, 2017, (1): 115-117, 120.
ZHAO XB, SUN ZH, TIAN Y, et al. Effect of different drying methods on the quality of mushroom [J]. Farm Prod Process, 2017, (1): 115-117, 120.
- 张润光, 苏东华, 张小翠, 等. 香菇的营养保健功能及其产品开发[J]. 食品研究与开发, 2004, 25(4): 125-128.
ZHANG RG, SU DH, ZHANG XC, et al. Nutritive and healthy function of *Lentinus edodes* and the development of its product [J]. Food Res Dev, 2004, 25(4): 125-128.
- 陈仪坤, 何睿, 蒋家俊. 香菇多糖食品改善运动员肠道功能的作用分析[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(6): 185-188.
CHEN YK, HE R, JIANG JJ. Effect of lentinan food on improving

- intestinal function or athletes [J]. Food Res Dev, 2017, 38(6): 185-188.
- MA GX, YANG WJ, ZHAO LY, et al. A critical review on the health promoting effects of mushrooms nutraceuticals [J]. Food Sci Hum Well, 2018, 7(2): 125-133.
- DU B, ZHU FM, XU BJ. An insight into the anti-inflammatory properties of edible and medicinal mushrooms [J]. J Funct Foods, 2018, 47: 334-342.
- 王大为, 马岩石, 李娜, 等. 陈酿时间对发酵型香菇酒香气成分及酒体风味的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(14): 80-85.
WANG DW, MA YS, LI N, et al. Influence of aging time on aroma components and full-bodied flavor of fermented *Lentinula edodes* wine [J]. Food Sci, 2016, 37(14): 80-85.
- 张郁松. 风味麻辣香菇酱工艺的研制[J]. 中国调味品, 2019, 44(9): 138-140.
ZHANG YS. Development of technology of flavor spicy *Lentinula edodes* sauce [J]. China Cond, 2019, 44(9): 138-140.
- 申亚军. 高品质香菇面包生产工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(6): 51-53.
SHEN YJ. Study on the production process of high quality mushroom bread [J]. Cere Oils, 2020, 33(6): 51-53.
- 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.
REN AQ, DENG S, TANG XX, et al. Process optimization of vacuum-frying combined with vacuum-microwave drying in producing shiitake mushroom chips [J]. Food Mach, 2020, 36(10): 165-170.
- 余霞. 不同原料对饼干品质和质构特性的影响研究[J]. 现代食品, 2019, 13: 51-52.
YU X. Effects of different raw materials on the quality and texture characteristics of biscuits [J]. Mod Food, 2019, 13: 51-52.
- 蒙名燕, 李汀生, 阮征, 等. 食品质构的仪器测量和感官测试之间的相关性[J]. 食品工业科技, 2006, (9): 198-201, 206.
MENG MY, LI BS, RUAN Z, et al. Correlation between instrument measurements and sensory assessments of texture and viscosity [J]. Sci Technol Food Ind, 2006, (9): 198-201, 206.
- 张丽. 测试条件对食品质构特性的影响[J]. 农产品加工, 2017, (10): 54-55, 58.
ZHANG L. Influence of test conditions on texture characteristics [J]. Farm Prod Process, 2017, (10): 54-55, 58.
- 尚新彬, 豆康宁, 石晓, 等. 大豆渣对面粉品质的影响研究[J]. 食品科技, 2016, 41(1): 136-139.
SHANG XB, DOU KN, SHI X, et al. The effect of the soybean dregs on the quality of the wheat flour [J]. Food Sci Technol, 2016, 41(1): 136-139.
- 豆康宁, 石晓, 王昭才, 等. 甘草粉对面粉品质的影响研究[J]. 食品工业, 2015, 36(7): 156-159.
DOU KN, SHI X, WANG ZC, et al. Influences of the *Glycyrrhiza* powder on the quality of the flour [J]. Food Ind, 2015, 36(7): 156-159.
- 杨钊, 乔文臣, 张影全, 等. 小麦面粉蛋白质特性和面团流变学特性的关系[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(12): 4075-4082.
YANG C, QIAO WC, ZHANG YQ, et al. Relationship between protein properties of wheat flour and rheological properties of dough [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(12): 4075-4082.
- 胡瑞波, 田纪春. 小麦主要品质性状与面粉色泽的关系[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(3): 96-101.
HU RB, TIAN JC. Relationship between main quality characteristics and

- wheat flour color [J]. *J Triticeae Crop*, 2006, 26(3): 96–101.
- [18] 张剑, 王文亮, 崔文甲, 等. 香菇粉粒度对馒头品质及营养的影响[J]. *山东农业科学*, 2019, 51(5): 139–143.
- ZHANG J, WANG WL, CUI WJ, *et al.* Effect of *Lentinus edodes* powder granularity on quality and nutrition of steamed bread [J]. *Shandong Agric Sci*, 2019, 51(5): 139–143.
- [19] 贾斌, 王俊生, 关文强, 等. 香菇粉的添加量对面条物理性质的影响[J]. *食品科技*, 2019, 44(4): 167–171.
- JIA B, WANG JS, GUAN WQ, *et al.* Effect of shiitake powder addition on the physical properties of noodles [J]. *Food Sci Technol*, 2019, 44(4): 167–171.
- [20] 张艳荣, 马宁鹤, 刘婷婷, 等. 香菇粉对干脆面面团流变特性及其油脂含量和分布的影响[J]. *食品科学*, 2020, 41(10): 47–52.
- ZHANG YR, MA NH, LIU TT, *et al.* Effect of micronized shiitake powder on dough rheological properties and oil content and distribution of crisp instant noodles [J]. *Food Sci*, 2020, 41(10): 47–52.
- [21] 赵圆圆, 易建勇, 毕金峰, 等. 干燥方式对复水香菇感官、质构及营养品质的影响[J]. *食品科学*, 2019, 40(3): 101–108.
- ZHAO YY, YI JY, BI JF, *et al.* Sensory, texture and nutritional quality of dried shiitake mushrooms (*Lentinus edodes*) as affected by different drying methods [J]. *Food Sci*, 2019, 40(3): 101–108.
- [22] 孔晓雪, 王爱, 丁其娟, 等. 高膳食纤维面团粉质特性与面包烘焙特性的研究[J]. *食品科学*, 2013, 34(17): 111–115.
- SUN XX, WANG A, DING QJ, *et al.* Farinograph properties and baking characteristics of dietary fiber-fortified wheat dough [J]. *Food Sci*, 2013, 34(17): 111–115.
- [23] 高永欣. 香菇饼干面团流变特性、加工工艺及其香气成分的研究[D]. 南京: 南京财经大学, 2013.
- GAO YX. The study of rheolog prioperties of *Lentinus edodes* biscuits dough and the technology of lentinus edodes biscuits [D]. Nanjing: Nanjing University of Finance and Economics, 2013.

(责任编辑: 郑丽王欣)

作者简介



罗海澜, 硕士, 副教授, 主要研究方向为食品营养与健康。

E-mail: 501772051@qq.com



王飞, 博士, 教授, 主要研究方向为生物化学与食品科学。

E-mail: whovering@yahoo.com