

金针菇添加形式 对面条品质特性的影响

李波, 靳羽慧, 聂远洋, 杨伟

(河南科技学院食品学院, 河南新乡 453003)

摘要:本文研究了添加金针菇粉(2.5%~10%)和金针菇浆(10%~40%)对面条品质特性的影响,并对两种添加方式进行了比较分析。研究表明,随金针菇添加量增多,面条的吸水率、延伸率、断条率、烹煮损失总体呈增高趋势,白度则逐渐降低,硬度、胶着性、咀嚼性和最大剪切力呈先降低后上升趋势,金针菇粉添加量超过7.5%时感官评分显著降低。总体而言,金针菇粉添加量不超过5%、金针菇浆不超过40%时,面条品质与对照接近。在金针菇干物质添加量相同时,菇浆面条品质优于菇粉面条。本研究为金针菇在面条中的合理添加应用提供了理论依据。

关键词:金针菇,食用菌,面条,品质特性

Effect of Adding Method of *Flammunila velutipes* on the Qualities of Noodles

LI Bo, JIN Yu-hui, NIE Yuan-yang, YANG Wei

(School of Food Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

Abstract: The effects of adding 2.5%~10% *F. velutipes* powder and 10%~40% *F. velutipes* pulp on the qualities of noodle were investigated in this paper. The results showed that water absorption, elongation rate, breaking rate and cooking loss of noodles presented an increasing trend with the increase of *F. velutipes* addition, the whiteness gradually decreased, and hardness, stickiness, chewiness and maximum shearing force decreased first and then increased. When additive amount of mushroom powder exceeded 7.5%, sensory score of noodles reduced significantly. Overall, when additive amount of mushroom powder was no more than 5% and mushroom pulp was no more than 40%, the qualities of noodles were close to the control. The qualities of noodles added with mushroom pulp were better than that added with mushroom powder at the same additive amount of dry materials. This study can provide theoretical basis for the rational application of *F. velutipes* in noodles.

Key words: *Flammunila velutipes*; mushroom; noodle; qualities

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)07-0057-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.07.011

引文格式:李波,靳羽慧,聂远洋,等.金针菇添加形式对面条品质特性的影响[J].食品工业科技,2019,40(7):57-63.

食用菌富含多糖、蛋白质、氨基酸、维生素、矿物质等营养成分,具有增强机体免疫、抗肿瘤、抗病毒、降血糖、降血压、降血脂、抗疲劳等多种生理功能,是一种非常理想的营养健康食品^[1-3]。近年来,我国食用菌栽培发展迅速,年产量达3600万吨,占世界总产量的3/4以上^[4]。我国食用菌产量虽高,但加工技术水平却比较落后,造成产销矛盾日益突出。因此,大力发展食用菌精深加工、延长产业链条势在必行。

金针菇是一种常见食用菌,近年来发展迅速,现已成为我国第一大工厂化栽培品种,实现了周年供应。对金针菇进行精深加工,有助于提升食用菌产业的整体加工技术水平。面条是我国大部分地区,特别是北部、中西部省份,一日三餐的典型主食品

种。我国每年7000多万吨的面粉消费中,面条占35%,市场需求空间广阔^[5]。用金针菇替代部分小麦面粉加工制作面条,能够改善面条的营养价值,增加花色品种,还能节约小麦粉用量,保障粮食安全;另一方面能够消耗大量金针菇,缓解产销矛盾,具有一举多赢的效果。

有关金针菇在面条中的应用已有少量报道^[6-7],但金针菇都是以粉末形式添加。菇粉添加容易控制,但金针菇含水量高,干燥过程能耗很大,导致生产成本提高,且一些热敏性营养物质在加热干燥过程中也会有所损失。将新鲜金针菇直接破碎打浆,以菇浆形式添加于面条中则能避免上述问题。但菇浆含水量较高,对面团调制会带来一定影响。有关

收稿日期:2018-07-26

作者简介:李波(1973-),男,博士,教授,研究方向:食用菌精深加工,E-mail:libohnx@163.com。

基金项目:河南省科技创新杰出人才项目(2017JR0006)。

菇浆添加对面条品质特性的影响及其与菇粉添加的比较研究尚未见文献报道。本文研究了金针菇添加量对面条品质特性的影响,并对菇粉和菇浆两种添加方式进行了比较分析,希望能对金针菇在面条中的合理应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

金针菇 购自上海光明森源生物科技有限公司;香雪特精小麦粉 购自北京中粮面业营销管理有限公司。

Quanta200 扫描电子显微镜 美国 FEI 公司;TA-XT plus 质构仪 英国 Stable Micro Systems 公司;HAAKE MARS 旋转流变仪 美国 Thermo Scientific 公司;CR-400 色差仪 日本 Konica Minolta 公司;KitchenAid 5K5SS 和面机 美国 Joseph Michigan 公司;Alpha-2LD 冷冻干燥机 德国 Christ 公司;DHG-9101-3SA 电热鼓风恒温干燥箱 上海三发科学仪器有限公司;Fw-400A 粉碎机 北京中兴伟业仪器有限公司;复兴牌 DTM-10B 电动家用面条机 龙口市复兴机械有限公司;721G 分光光度计 上海仪电仪器分析有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 菇粉和菇浆的制备 菇粉的制备:新鲜金针菇清理干净后,置于纱布上自然晾晒至脱水率为70%左右,转移至烘箱中,75℃干燥6h,粉碎,过80目筛,得菇粉备用。菇浆的制备:新鲜金针菇清理干净后,用打浆机制成均匀的菇浆备用。

1.2.2 金针菇面条制备工艺 工艺流程:配料→和面→熟化→压延→切条→成品。

配料:以混合粉(小麦面粉和金针菇粉)总量150g为基准,添加1%食盐和35%水。若以菇浆添加,则根据菇浆含水量,适当减少和面时的加水量,保持面团总的含水量不变。

和面:先将食盐溶于水中,搅拌均匀;将菇粉(或菇浆)与面粉混匀,加入盐水,用和面机搅拌形成絮状面团。

熟化:将面团放入盆中,盖上保鲜膜,室温25℃静置30min。

压延:先将絮状面团压延2~3次成片状,然后叠双层进行压延,在第9、10次时再单层压延。

切条:剔除破损部分,将面片切成长25cm、宽4mm、厚1mm的条状。

1.2.3 实验设计 在金针菇添加量影响实验中,菇粉添加量设定为0、2.5%、5%、7.5%、10%,菇浆添加量设定为0、10%、20%、30%、40%。在添加方式影响实验中,因10%菇浆所含干物质量与1.07%菇粉相同,故菇浆添加量设为0、10%、20%、30%、40%,菇粉添加量设为0、1.07%、2.14%、3.21%、4.28%。将未添加菇粉或菇浆的面条作为空白对照。

1.2.4 面条烹煮特性测定

1.2.4.1 吸水率 取20根25cm长的面条,称质量,放入30倍沸水中煮4min,捞出,放置2min沥水,然后称质量。吸水率(%)=(熟面条质量-生面条质量)/生面条质量×100。

1.2.4.2 断条率 取20根25cm长的面条,放入30倍沸水中煮4min,捞出,检查完整面条根数。断条率(%)=(面条总数-完整条数)/面条总数×100。

1.2.4.3 延伸率 取20根25cm长的面条,放入30倍沸水中煮4min,捞出,测量烹煮后的面条长度。延伸率(%)=(烹煮后面条长度-烹煮前面条长度)/烹煮前面条长度×100。

1.2.4.4 烹煮损失 取15g面条放入200mL沸水中煮4min,捞出,将面汤定容至200mL,混匀后取100mL面汤,放电炉上蒸干后于105℃烘箱中烘干至恒重。烹煮损失(%)=面汤中的干物质质量/生面条的质量×100。

1.2.5 面条的感官评定 面条放入沸水中煮5min后捞出,置于凉水中冷却后进行感官评定。评定小组由10名经过培训的食品专业人士构成,评定标准依据SB/T10137-93制定,见表1。

1.2.6 色差测定 因面条较窄,故采用面片进行分析。絮状面团经熟化、压延后,在切条前取一小块质地均匀、无破损的面片,用色差仪测定其 L^* 、 a^* 、 b^* 值。

1.2.7 质构特性分析 每次测量取3根熟面条,过凉水冷却后将其并排放置在实验台上,用P50探头进行检测,测定参数为:测前中后速度1.00mm/s,压缩比模式,起始距离30cm,应变位移70%,时间间隔3s,感应力5g。剪切实验采用A/LKB-F探头,测定参数为:测前速度0.5mm/s,测中速度0.1mm/s,测后速度10mm/s,压缩比模式,起始距离10mm,感应力5g^[8]。

1.2.8 动态流变学特性测定 混合粉150g混匀后,加入60%水和1%食盐,和面机搅拌7min,形成光滑

表1 面条感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation standard for noodles

项目	内容	评分(分)		
色泽	面条白、乳白、奶黄色	光亮(8.5~10)	亮度一般(6~8.4)	发暗发灰亮度差(1~5)
表观状态	指表面光滑和膨胀程度	表面结构细腻光滑(8.5~10)	一般光滑(6~8.4)	粗糙、膨胀变形严重(1~5)
适口性	指牙齿咬断一根面所需的力度	力度适中(17~20)	稍硬或稍软(12~16)	太硬或太软(1~11)
韧性	指面条在咀嚼时咬劲和弹性的大小	有咬劲富有弹性(21~25)	咬劲弹性一般(15~20)	咬劲差,弹性不足(1~14)
粘性	指在咀嚼过程中面条的粘牙程度	爽口不粘牙(21~25)	较爽口稍粘牙(15~20)	不爽口发粘(1~14)
光滑性	指在品尝面条时口感的光滑度	光滑(4.3~5)	一般光滑(3~4.2)	不光滑(1~2.9)
食味	指品尝时的味道	清香无异味(4.3~5)	基本无异味(3~4.2)	有异味(1~2.9)

均匀的面团。用保鲜膜包裹面团,静置熟化 30 min 后用动态流变仪进行检测。测量参数:频率扫描, 0.1~100 Hz, 25 ℃, 使用 P35 Til 夹具。

1.2.9 微观结构观察 将制备好的鲜面条在 -20 ℃ 下冷冻 6 h, 然后真空冷冻干燥 24 h。取干燥面条的中间部分, 长度 < 1 mm, 用环境扫描电镜进行观测其横截面。

1.3 数据分析

使用 SPSS Statistics 数据编辑器和 Excel 2003 软件进行数据处理。

2 结果与分析

外源营养物在面制品的添加方式大体可分为两种:干粉添加和湿浆添加。将物料干燥粉碎制成粉末,易于保存运输,添加过程容易控制,是最常用的一种添加方式。对于含水量较高的物料,破碎打浆后直接添加,可节省大量干燥能耗,但浆料所含水分对和面工艺产生一定影响。因此,两种添加方式各有利弊。本文将金针菇分别制成干粉和湿浆,对这两种添加方式进行了比较分析。

2.1 添加金针菇粉对面条品质特性的影响

用金针菇粉替代部分面粉制作面条,能够改善面条的营养价值,但对面条的品质特性也会产生影响。

2.1.1 添加金针菇粉对面条烹煮特性的影响 吸水率、断条率、延伸率和烹煮损失是评价面条烹煮特性的重要指标,添加金针菇粉对面条烹煮特性的影响见表 2。

表 2 显示,添加金针菇粉后面条吸水率和延伸率显著增加,吸水率在 5%、延伸率在 2.5% 添加量时达最大值,随后又逐渐减小;菇粉添加量大于 7.5% 时,面条出现断条现象;烹煮损失则随菇粉添加量增多而逐渐升高。究其原因,可能是因为金针菇中多糖和蛋白质含量较高,因而吸水性和溶胀性较强,导致面条吸水率和延伸率在添加少量菇粉时有所增

表 2 金针菇粉添加量对面条烹煮特性的影响

Table 2 Effect of additive amount of *F.velutipes* powder on cooking properties of noodles

菇粉添加量 (%)	吸水率 (%)	断条率 (%)	延伸率 (%)	烹煮损失 (%)
0	108.30 ± 13 ^a	0 ^a	22.20 ± 2 ^a	4.00 ± 0.07 ^a
2.5	144.01 ± 11 ^{bc}	0 ^a	24.95 ± 1 ^b	5.01 ± 0.25 ^b
5.0	148.38 ± 3 ^c	0 ^a	24.00 ± 0 ^b	5.69 ± 0.53 ^{bc}
7.5	135.90 ± 2 ^{bc}	5 ± 0 ^b	21.75 ± 1 ^a	6.20 ± 0.20 ^c
10.0	122.52 ± 10 ^{ab}	5 ± 0 ^b	21.40 ± 1 ^a	7.05 ± 0.27 ^d

注:同列不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$);表 3~表 9 同。

表 3 金针菇粉添加量对面条感官品质的影响(分)

Table 3 Effect of additive amount of *F.velutipes* powder on sensory properties of noodles(score)

菇粉添加量 (%)	色泽	外观状态	适口性	韧性	黏性	光滑性	食味	总分
0	9.1 ± 1.3 ^c	8.9 ± 0.2 ^c	17.3 ± 0.8 ^c	20.7 ± 3.3 ^{ab}	22.0 ± 3.4 ^a	4.6 ± 0.1 ^d	4.5 ± 0.2 ^d	82.4 ± 5.3 ^d
2.5	8.6 ± 1.1 ^c	8.0 ± 0.2 ^d	17.4 ± 1.1 ^c	21.2 ± 1.4 ^b	22.1 ± 1.8 ^a	4.8 ± 0.8 ^d	4.4 ± 0.2 ^d	82.1 ± 3.5 ^d
5.0	7.5 ± 1.4 ^b	7.2 ± 0.2 ^c	16.5 ± 1.4 ^c	20.3 ± 2.7 ^{ab}	22.2 ± 1.7 ^a	4.3 ± 0.1 ^c	3.5 ± 0.3 ^c	78.0 ± 63.5 ^c
7.5	6.5 ± 0.9 ^b	6.1 ± 0.3 ^b	14.2 ± 1.1 ^b	19.1 ± 2.3 ^{ab}	21.8 ± 2.1 ^a	3.2 ± 0.1 ^b	2.8 ± 0.3 ^b	70.9 ± 3.6 ^b
10.0	5.4 ± 1.8 ^a	4.7 ± 0.3 ^a	12.4 ± 1.8 ^a	18.5 ± 3.3 ^a	21.2 ± 2.3 ^a	2.6 ± 0.2 ^a	2.3 ± 0.3 ^a	64.8 ± 4.9 ^a

加。但菇粉会影响面筋网络结构的完整性,且添加量越多,这种破坏效应越显著,面条包裹水分和内容物的能力下降,因而面条的吸水率和延伸率下降,烹煮损失和断条率增高^[9]。

2.1.2 添加金针菇粉对面条感官品质的影响 由表 3 可知,添加金针菇粉后面条感官品质有所下降,主要表现为色泽变黄,韧性和光滑性降低,口感变差。菇粉添加量为 2.5% 时,面条感官品质与对照接近;菇粉添加量超过 5% 后,面条感官评分显著降低 ($p < 0.05$)。这可能是由于金针菇中含有大量不溶性膳食纤维^[10],导致面条的表现状态和适口性下降。菇粉有一定异味,因而面条食味受到一定影响。加入菇粉后,面条所含面筋蛋白减少,面筋网络结构受到一定程度的破坏,导致面条的韧性受到影响。

2.1.3 添加金针菇粉对面条色泽的影响 由表 4 可知,随菇粉添加量的增加,面条的 L^* 值逐渐减小, b^* 值逐渐升高,表明面条的白度逐渐降低,黄度逐渐增加。这是因为金针菇本身呈浅黄色,在干燥过程中因褐变反应,颜色进一步加深,因而添加菇粉后面条呈现一定的黄色。

表 4 金针菇粉添加量对面条色泽的影响

Table 4 Effect of additive amount of *F.velutipes* powder on color of noodles

菇粉添加量 (%)	L^*	a^*	b^*
0	87.87 ± 0.10 ^a	-0.76 ± 0.02 ^a	14.31 ± 0.05 ^a
2.5	83.40 ± 0.29 ^a	-0.05 ± 0.04 ^b	19.04 ± 0.15 ^b
5.0	83.04 ± 0.46 ^a	0.65 ± 0.08 ^c	21.37 ± 0.39 ^c
7.5	79.57 ± 0.56 ^a	1.38 ± 0.12 ^d	24.28 ± 0.20 ^d
10.0	78.04 ± 0.09 ^a	1.90 ± 0.05 ^e	25.50 ± 0.09 ^e

2.1.4 添加金针菇粉对面条质构特性的影响 质构特性与面条的感官品质有一定相关性。如硬度、胶着性、咀嚼性与面条品质成负相关,数值越高,面条越硬,缺乏绵软爽口的感觉;弹性和黏性与面条品

表5 金针菇粉添加量对面条质构特性的影响

Table 5 Effect of additive amount of *F.velutipes* powder on textural properties of noodles

菇粉添加量 (%)	TPA							最大剪切力 (g)
	硬度(g)	黏着性(gs)	弹性	黏聚性	胶着性(g)	咀嚼性(g)	回复性	
0	4866 ± 285 ^{ab}	112 ± 8 ^b	0.89 ± 0.02 ^a	0.65 ± 0.01 ^b	3111 ± 201 ^b	2809 ± 197 ^a	0.31 ± 0.01 ^a	73 ± 2 ^{ab}
2.5	4635 ± 95 ^a	105 ± 4 ^b	0.93 ± 0.02 ^c	0.63 ± 0.02 ^a	2932 ± 154 ^a	2737 ± 186 ^a	0.32 ± 0.01 ^a	62 ± 2 ^a
5	5203 ± 222 ^b	108 ± 12 ^b	0.91 ± 0.02 ^b	0.72 ± 0.02 ^c	3703 ± 245 ^c	3264 ± 273 ^b	0.39 ± 0.01 ^b	84 ± 3 ^b
7.5	5651 ± 156 ^c	97 ± 7 ^{ab}	0.90 ± 0.00 ^{ab}	0.70 ± 0.01 ^c	3907 ± 203 ^c	3536 ± 158 ^c	0.39 ± 0.01 ^b	98 ± 3 ^b
10	5937 ± 163 ^d	81 ± 5 ^a	0.93 ± 0.02 ^c	0.66 ± 0.01 ^b	3948 ± 164 ^c	3646 ± 212 ^c	0.36 ± 0.01 ^b	96 ± 2 ^b

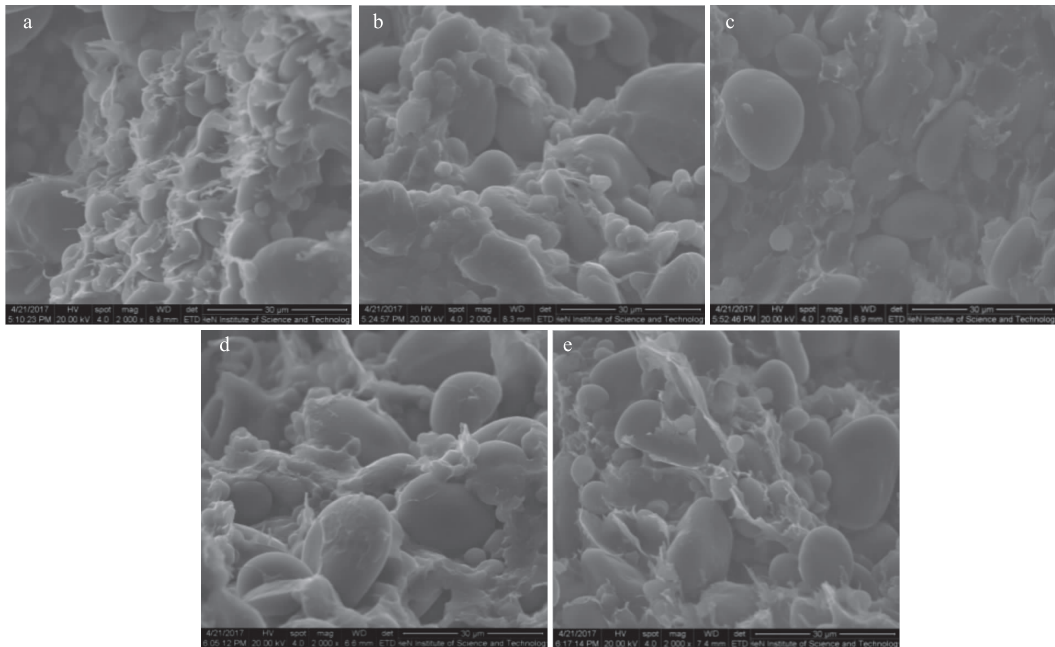


图1 金针菇粉添加量对面条微观结构的影响(2000 ×)

Fig.1 Effect of additive amount of *F.velutipes* powder on microstructures of noodles(2000 ×)

注:a~e 依次为金针菇粉添加量 0、2.5%、5%、7.5%、10%。

质成正相关,其值越高,面条越柔软又筋道,爽口不粘牙^[11]。添加金针菇粉对面团质构特性的影响见表5。

表5显示,添加金针菇粉后面条的弹性、回复性和剪切力有所增加;硬度、胶着性和咀嚼性呈先降低后增加的趋势,在2.5%添加量时为最低值。实验结果表明,菇粉在低添加量时对面条的硬度、弹性、胶着性有一定改善效果,而添加量较多时对面筋网络结构造成较大破坏,导致面条质构特性下降。Kim等报道^[9],在意大利面pasta中添加2%~6%的富含β-葡聚糖的杏鲍菇粉,面条硬度随菇粉添加量增多而逐渐增加,弹性和粘聚性则无明显变化,这与本实验结果相近;但粘着性的变化趋势与本结果相反。这可能是由于文献所用杏鲍菇粉经过预处理,其总膳食纤维含量高达83.3%,因膳食纤维吸水性强、粘度高,导致添加菇粉面条的粘着性较高。

2.1.5 添加金针菇粉对面条微观结构的影响 采用环境扫描电镜(ESEM)观测面条的微观结构,结果见图1。图1a显示,面筋网络结构均匀地包裹在淀粉颗粒表面。随菇粉添加量的增多,面筋蛋白所形成的膜、带逐渐减少,而纤维状结构逐渐增多,因而导致面条包裹内容物的能力下降,烹煮损失增高,而韧性、口感降低。

2.2 添加金针菇浆对面条品质特性的影响及添加方式的比较

将新鲜金针菇破碎打浆后添加于面条中,工艺设备简单,可节省大量干燥能耗,且能避免干燥过程中一些热敏性营养成分的破坏损失。经测定,金针菇浆含水量为89.32%,菇粉含水量为4.45%^[10]。因菇浆含水量较高,其在面条中的添加量不宜超过40%,否则难以和成面团。

2.2.1 添加金针菇浆对面条烹煮特性的影响 金针菇浆添加量对面条烹煮特性的影响及其与菇粉添加量的比较结果见表6。

表6显示,随金针菇浆添加量增多,面条吸水率逐渐增大,延伸率略有增加,这可能与菇浆中所含多糖、蛋白质的吸水性、溶胀性较强有关。菇浆添加量为20%时面条烹煮损失最小,随后又逐渐增大。总体而言,菇浆添加量低于40%时对面条烹煮特性影响不大,且在20%添加量时还略有改进。

在干物质添加量相同时,添加金针菇粉后面条的吸水率、延伸率和烹煮损失率均高于菇浆添加,且出现断条现象。这可能是由于金针菇所含物质在干燥粉碎过程中结构、性质发生了一定改变,导致其吸水性和溶胀性增强。此外,由于菇粉颗粒在和面过

表6 金针菇浆添加量对面条烹煮特性的影响

Table 6 Effect of additive amount of *F.velutipes* pulp on cooking properties of noodles

组别	添加量 (%)	吸水率 (%)	断条率 (%)	延伸率 (%)	烹煮损失 (%)
空白	0	90.76 ± 1 ^a	0 ^a	28.6 ± 1 ^a	4.57 ± 0.3 ^{ab}
	10	95.71 ± 3 ^a	0 ^a	28.7 ± 2 ^a	4.47 ± 0.3 ^{ab}
	20	98.95 ± 2 ^a	0 ^a	28.3 ± 2 ^a	4.04 ± 0.2 ^a
	30	104.25 ± 1 ^{ab}	0 ^a	30.3 ± 1 ^a	4.94 ± 0.6 ^{ab}
	40	118.47 ± 9 ^{bc}	0 ^a	29.2 ± 3 ^a	5.51 ± 0.6 ^{ab}
菇粉	1.07	121.46 ± 1 ^{bc}	0 ^a	30.4 ± 1 ^a	4.65 ± 0.1 ^{ab}
	2.14	124.49 ± 6 ^c	0 ^a	31.5 ± 2 ^a	5.52 ± 0.1 ^{bc}
	3.21	128.31 ± 9 ^c	5 ± 0 ^b	33.2 ± 1 ^a	6.33 ± 0.1 ^c
	4.28	131.20 ± 9 ^c	5 ± 0 ^b	31.3 ± 1 ^a	6.46 ± 0.2 ^c

表7 金针菇浆添加量对面条感官品质的影响(分)

Table 7 Effect of additive amount of *F.velutipes* pulp on sensory properties of noodles(score)

组别	添加量 (%)	色泽	表现状态	适口性	韧性	粘性	光滑性	食味	总分
空白	0	8.1 ± 1.2 ^a	8.6 ± 0.7 ^{abc}	17.2 ± 1.2 ^c	17.4 ± 3.5 ^a	20.5 ± 2.3 ^{ab}	4.6 ± 0.2 ^c	4.6 ± 0.2 ^c	80.9 ± 5.4 ^a
	10	8.2 ± 1.0 ^a	9.0 ± 0.4 ^c	17.1 ± 1.2 ^c	18.7 ± 4.2 ^a	20.5 ± 3.1 ^{ab}	4.5 ± 0.2 ^b	4.4 ± 0.3 ^{abc}	82.4 ± 6.8 ^a
菇浆	20	8.0 ± 0.9 ^a	8.4 ± 0.4 ^{ab}	16.3 ± 1.5 ^{abc}	19.1 ± 4.3 ^a	21.3 ± 2.5 ^{ab}	4.3 ± 0.1 ^{ab}	4.4 ± 0.2 ^{abc}	81.8 ± 6.1 ^a
	30	7.8 ± 1.0 ^a	8.3 ± 0.4 ^{ab}	15.8 ± 1.4 ^{abc}	19.8 ± 3.5 ^a	21.8 ± 2.6 ^{ab}	4.3 ± 0.3 ^{abc}	4.3 ± 0.2 ^a	82.1 ± 6.1 ^a
	40	8.0 ± 1.1 ^a	8.2 ± 0.5 ^{ab}	15.4 ± 1.5 ^{ab}	20.6 ± 4.8 ^a	22.6 ± 1.6 ^{ab}	4.4 ± 0.3 ^a	4.2 ± 0.2 ^a	82.2 ± 4.9 ^a
菇粉	1.07	8.3 ± 1.2 ^a	8.1 ± 0.6 ^a	16.1 ± 1.7 ^{abc}	18.3 ± 3.2 ^a	17.4 ± 3.5 ^b	4.5 ± 0.3 ^{bc}	4.6 ± 0.3 ^c	80.2 ± 5.3 ^a
	2.14	7.9 ± 0.6 ^a	8.8 ± 0.5 ^{bc}	16.9 ± 1.9 ^{bc}	19.2 ± 2.1 ^a	19.2 ± 1.6 ^{ab}	4.4 ± 0.2 ^{bc}	4.5 ± 0.2 ^{bc}	80.9 ± 3.9 ^a
	3.21	7.4 ± 1.9 ^a	8.2 ± 0.6 ^{ab}	15.7 ± 1.9 ^{abc}	19.3 ± 3.9 ^a	19.3 ± 2.9 ^a	4.3 ± 0.3 ^{abc}	4.4 ± 0.3 ^{abc}	78.9 ± 5.9 ^a
	4.28	7.0 ± 1.2 ^a	8.1 ± 0.5 ^a	15.0 ± 1.9 ^a	20.0 ± 2.8 ^a	20 ± 3.1 ^a	4.3 ± 0.2 ^{abc}	4.3 ± 0.3 ^{ab}	78.7 ± 6.2 ^a

程中要与淀粉、面筋蛋白竞争水分,难以充分吸水溶胀,因而其所含的膳食纤维可能呈现较强刚性,对面筋网络结构带来较大影响,导致面条的烹煮损失高于菇浆添加。Lu 等报道^[12],添加双孢菇、香菇、牛肝菌等食用菌粉后,对面包面团的流变特性产生一定影响,面团的稳定性和拉伸性降低。

2.2.2 添加金针菇浆对面条感官品质的影响 由表7可知,添加菇浆后,面条感官品质略有提升,主要表现为韧性和粘性有所提高,但总体感官评分与对照无显著差异。这可能是由于菇浆固形物含量较低,且其所含的膳食纤维、蛋白等成分处于天然状态,因而对面条的感官品质影响较小。相同干物质添加量时,菇浆面条的感官品质优于菇粉。

2.2.3 添加金针菇浆对面条色泽的影响 表8显示,随菇浆添加量增多,面条 L^* 下降, b^* 增高,表明其白度略有降低,黄度有所增加。与菇粉添加相比,菇浆面条的白度下降值和黄度增高值都较低,表明菇浆面条的色泽优于菇粉面条。这可能是由于金针菇在干燥过程中发生了褐变,因而菇粉颜色较深所致。

2.2.4 添加金针菇浆对面条质构特性的影响 表9显示,添加菇浆后,面条的硬度、粘着性、胶着性、咀嚼性和最大剪切力均有所降低,面条更加绵软爽口。而添加菇粉后,面条的胶着性和咀嚼性略有增加,硬度和粘聚性也较菇浆面条高,表明面条较硬。

2.2.5 金针菇添加方式对面团动态流变性质的影响 储能模量(G')也称之为弹性模量,代表能量贮存而可恢复的弹性性质;损耗模量(G'')也称之为黏

表8 金针菇浆添加量对面条色泽的影响

Table 8 Effect of additive amount of *F.velutipes* pulp on color of noodles

组别	添加量 (%)	L^*	a^*	b^*
空白	0	80.56 ± 0.4 ^a	-0.64 ± 0.4 ^{ab}	14.35 ± 0.3 ^a
	10	81.86 ± 0.3 ^a	-0.45 ± 0.1 ^{ab}	14.94 ± 0.5 ^a
菇浆	20	80.71 ± 1.0 ^a	-0.70 ± 0.1 ^b	15.61 ± 0.1 ^b
	30	79.13 ± 1.4 ^a	-1.08 ± 0 ^a	17.11 ± 0.5 ^c
	40	77.76 ± 0.4 ^a	-1.00 ± 0.1 ^a	16.88 ± 0.5 ^c
菇粉	1.07	78.93 ± 0.1 ^a	0.28 ± 0 ^c	16.42 ± 0.1 ^c
	2.14	77.50 ± 0.1 ^a	0.61 ± 0.1 ^{cd}	18.04 ± 0.2 ^d
	3.21	76.43 ± 0.1 ^a	0.74 ± 0 ^{cd}	19.01 ± 0.2 ^e
	4.28	76.07 ± 0.1 ^a	1.06 ± 0 ^d	20.17 ± 0.2 ^f

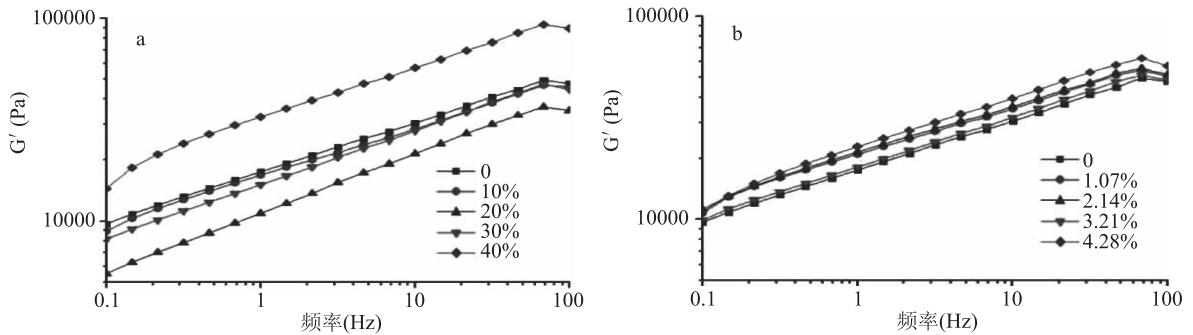
性模量,代表能量消散的黏性性质。 $\tan\delta$ 为 G' 与 G'' 的比值, $\tan\delta$ 越大,表明体系的黏性比例越大,流动性强,反之则弹性比例较大^[13]。如图2~图4所示,两种添加方式面团的 G' 、 G'' 均随频率增加而上升, $\tan\delta < 1$,表现为一种典型的弱凝胶动态流变学特性。添加10%~30%菇浆的面团的 G' 、 G'' 均低于对照,而40%菇浆面团则明显高于对照,表明添加40%菇浆对面团动态流变学性质影响较大。添加菇粉后,面团的 G' 、 G'' 均有所增加,但其变化程度较菇浆小。

在相同干物质添加量下,添加10%~30%菇浆面团的 G' 、 G'' 低于菇粉面团。这可能是因为在和面过程中,菇粉中的多糖、蛋白质与面粉中的淀粉、面筋

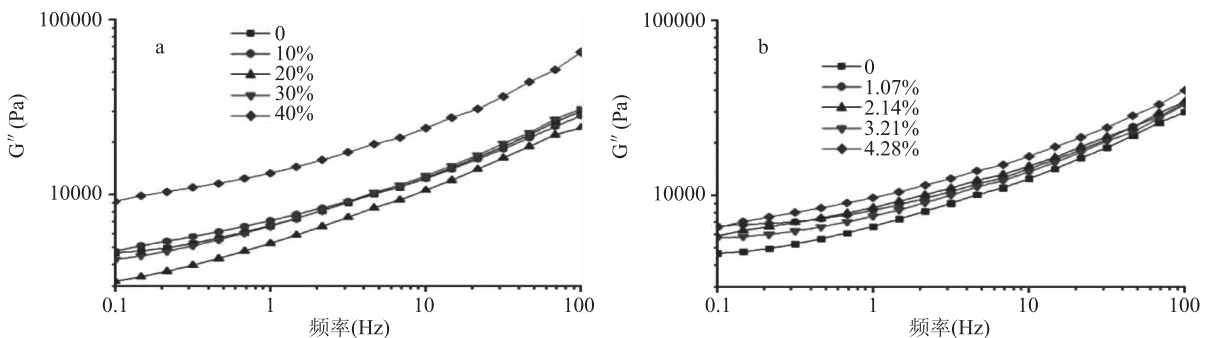
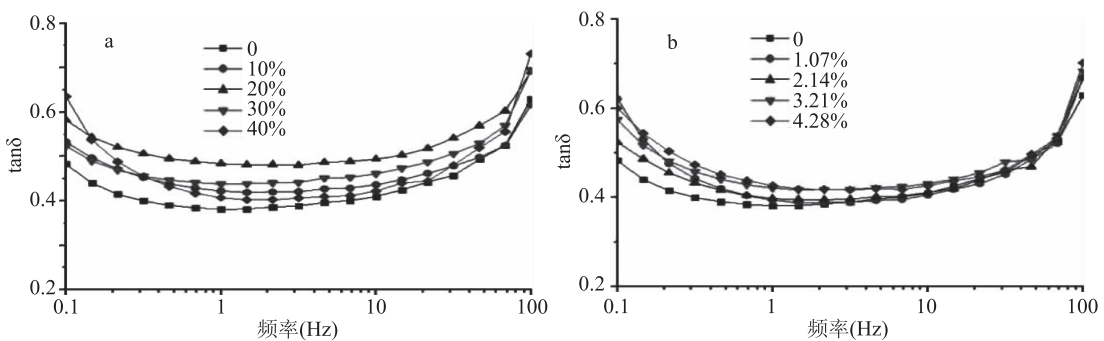
表9 金针菇浆添加量对面条质构特性的影响

Table 9 Effect of additive amount of *F.velutipes* pulp on textural properties of noodles

组别	添加量 (%)	TPA							最大剪切力 (g)
		硬度(g)	黏着性(gs)	弹性	黏聚性	胶着性(g)	咀嚼性(g)	回复性	
空白	0	5333 ± 306 ^c	144 ± 14 ^b	0.91 ± 0.01 ^c	0.64 ± 0 ^c	3403 ± 237 ^c	3082 ± 224 ^c	0.29 ± 0.01 ^a	84 ± 6 ^b
	10	4628 ± 60 ^a	116 ± 3 ^a	0.87 ± 0.02 ^a	0.62 ± 0.01 ^c	2892 ± 68 ^{ab}	2465 ± 112 ^a	0.29 ± 0.01 ^a	71 ± 5 ^a
菇浆	20	4637 ± 94 ^a	119 ± 10 ^a	0.91 ± 0.01 ^{bc}	0.61 ± 0.01 ^b	2825 ± 91 ^a	2545 ± 99 ^{ab}	0.29 ± 0 ^a	69 ± 1 ^a
	30	5017 ± 118 ^b	122 ± 2 ^a	0.89 ± 0.01 ^b	0.61 ± 0.01 ^b	3042 ± 89 ^b	2699 ± 79 ^b	0.29 ± 0.01 ^a	72 ± 5 ^a
	40	4786 ± 96 ^{ab}	113 ± 3 ^a	0.91 ± 0 ^c	0.57 ± 0.01 ^a	2725 ± 86 ^a	2478 ± 76 ^a	0.27 ± 0 ^a	79 ± 2 ^b
菇粉	1.07	5130 ± 113 ^{bc}	125 ± 4 ^b	0.90 ± 0.01 ^c	0.67 ± 0.01 ^b	3402 ± 71 ^a	2999 ± 95 ^a	0.29 ± 0.01 ^a	71 ± 1 ^b
	2.14	5046 ± 112 ^b	118 ± 6 ^{bc}	0.92 ± 0.01 ^c	0.68 ± 0.01 ^{bc}	3421 ± 89 ^a	3126 ± 69 ^a	0.30 ± 0 ^{ab}	69 ± 2 ^c
	3.21	5372 ± 135 ^c	118 ± 3 ^{bc}	0.91 ± 0.02 ^c	0.68 ± 0.01 ^{bc}	3678 ± 42 ^b	3319 ± 24 ^b	0.32 ± 0.01 ^{bc}	72 ± 1 ^d
	4.28	5197 ± 10 ^{abc}	109 ± 3 ^c	0.91 ± 0.01 ^a	0.69 ± 0.01 ^c	3604 ± 45 ^b	3154 ± 143 ^a	0.32 ± 0.01 ^c	53 ± 3 ^e

图2 添加金针菇浆和菇粉对面团 G' 的影响Fig.2 Effect of powder and pulp of *F.velutipes* on G' of dough

注:a 为添加菇浆的面团,b 为添加菇粉的面团;图3、图4 同。

图3 添加金针菇浆和菇粉对面团 G'' 的影响Fig.3 Effect of powder and pulp of *F.velutipes* on G'' of dough图4 添加金针菇浆和菇粉对面团 $\tan\delta$ 的影响Fig.4 Effect of powder and pulp of *F.velutipes* on $\tan\delta$ of dough

蛋白同时吸水溶胀,导致这些大分子间的交互作用增加,因而面团的弹性较强^[14]。且因菇粉面团吸水率较高,因而其粘性较大。添加菇浆和菇粉后, $\tan\delta$ 均有所增加,但二者呈现不同的变化规律。添加

20% 菇浆时 $\tan\delta$ 较高,表明面团的粘性比例较高、流动性较强;添加 40% 菇浆时 $\tan\delta$ 反而较低,表明面团的弹性比例较高,这可能与和面时的加水量较少有关。添加菇粉后面团的 $\tan\delta$ 在低频范围(0.1 ~ 1 Hz)

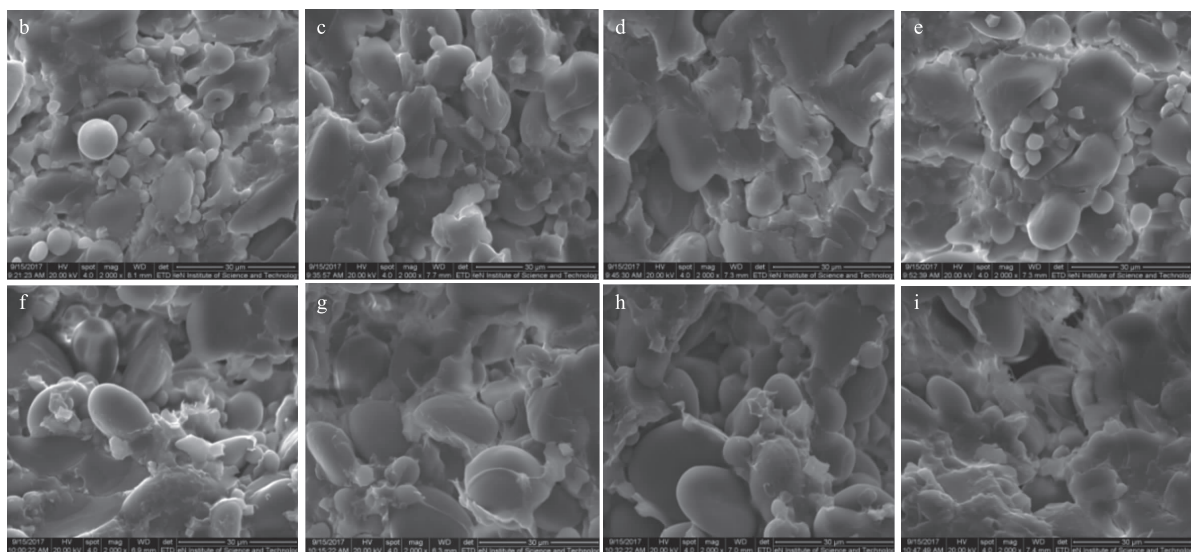


图5 添加金针菇浆和菇粉对面条微观结构的影响(2000×)

Fig.5 Effect of powder and pulp of *F. velutipes* on microstructures of noodles(2000×)

注:b~e 依次为菇浆添加量 10%~40%, f~i 依次为菇粉添加量 1.07%~4.28%。

内均有所增加,其中菇粉添加量为 4.28% 时 $\tan\delta$ 较高,而在高频范围(1~100 Hz)内不同菇粉添加量之间 $\tan\delta$ 的差别变小。

2.2.6 金针菇添加方式对面条微观结构的影响 添加金针菇浆和菇粉后面条的环境扫描电镜结果(图5)显示,菇浆面条的结构较菇粉面条更加紧密,淀粉颗粒之间孔隙较大,小颗粒较为聚集,丝状蛋白质较少。菇粉面条淀粉颗粒间孔隙较小,小颗粒较少,大多是大颗粒聚集在一起,丝状蛋白质较多。

3 结论

添加金针菇对面条品质有一定影响。总体而言,菇粉添加量不超过 5%、菇浆不超过 40% 时,面条品质与对照接近。如金针菇添加量继续增多,则面条品质有较大下降。与菇粉相比,菇浆面条品质较好。鉴于金针菇已实现工厂化栽培和周年供应,从降低成本、提高品质的角度,可考虑采用菇浆方式添加。本研究为金针菇及其他食用菌在面条中的合理添加应用提供了有益参考。

参考文献

[1] Zhang J J, Li Y, Zhou T, et al. Bioactivities and health benefits of mushrooms mainly from China [J]. *Molecules*, 2016, 21 (7): 938-953.
 [2] 李亚娇, 孙国琴, 郭九峰, 等. 食用菌营养及药用价值研究进展 [J]. *食药菌*, 2017, 25 (2): 103-109.
 [3] Meng X, Liang H, Luo L. Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on the structural characteristics, antitumor mechanisms and immunomodulating activities [J]. *Carbohydrate Research*, 2016, 424: 30-41.

[4] 李芬妮, 张俊飏, 沈雪. 我国食用菌产业布局变迁的态势分析 [J]. *食药菌*, 2017, 25 (1): 1-5.
 [5] 刘晓真. 我国面制主食消费现状及趋势分析 [J]. *农业工程技术·农产品加工业*, 2014 (7): 20-22.
 [6] 刘骏, 乔旭光, 王文亮, 等. 添加剂对金针菇挂面加工工艺的影响研究 [J]. *中国食物与营养*, 2016 (7): 58-62.
 [7] 周星璐. 金针菇粉对面食质构影响的研究 [D]. 大连: 大连工业大学, 2015.
 [8] 李波, 芦菲, 王东玲, 等. 豆腐渣在面条中的应用研究 [J]. *中国粮油学报*, 2012, 27 (6): 83-88.
 [9] Kim S H, Lee J-W, Heo Y, et al. Effect of *Pleurotus eryngii* mushroom β -glucan on quality characteristics of common wheat pasta [J]. *Journal of Food Science*, 2016, 81 (4): c835-c840.
 [10] 靳羽慧, 邓楚君, 赵慧, 等. 3 种常见食用菌营养成分和嘌呤物质含量分析 [J]. *中国食用菌*, 2018, 37 (4): 62-65.
 [11] 郑刚, 胡小松, 李全宏, 等. 用色度仪和质构仪对高蛋白挂面色泽和质地的研究 [J]. *食品工业科技*, 2006 (10): 99-102.
 [12] Lu X, Brennan M A, Serventi L, et al. Incorporation of mushroom powder into bread dough—effects on dough rheology and bread properties [J]. *Cereal Chemistry*, 2018, 95: 418-427.
 [13] 周剑敏, 汤晓智, 南婷婷. 香菇粉对小麦面团热机械学和动态流变学特性的影响研究 [J]. *中国粮油学报*, 2014, 29 (7): 7-11.
 [14] Yuan B, Zhao L, Yang W, et al. Enrichment of bread with nutraceutical-rich mushrooms: impact of *Auricularia auricular* (mushroom) flour upon quality attributes of wheat dough and bread [J]. *Journal of Food Science*, 2017, 82 (9): 2041-2050.