

# 添加血耳发酵液的鲜湿热干面研制

姚芬<sup>1</sup>, 潘昌<sup>2</sup>, 高虹<sup>1</sup>, 殷朝敏<sup>1</sup>, 史德芳<sup>1</sup>, 彭珩<sup>3</sup>, 范秀芝<sup>1</sup>

(1. 湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所, 湖北武汉 430064) (2. 湖北省黄冈市浠水县人民政府办公室研究室, 湖北黄冈 438200) (3. 武汉市麦浪面业有限公司, 湖北武汉 430346)

**摘要:** 为提高鲜热干面的食用品质并实现血耳发酵液的有效利用, 本研究以感官评价、蒸煮品质和质构为评价指标, 探究了血耳发酵液的浓度, 血耳发酵液、食盐、食用碱和谷朊粉添加量对鲜湿热干面食用品质的影响, 并利用综合评分法对添加血耳发酵液的鲜湿热干面配方进行优化。结果表明: 各因素对鲜湿热干面食用品质的影响顺序依次为食用碱>食盐>谷朊粉>血耳发酵液, 最优的鲜湿热干面配方为在 100 g 面粉中, 添加浓度为 100%血耳发酵液 34 mL、食盐 1 g、食用碱 0.3 g、谷朊粉 2 g, 该条件下制得的鲜湿热干面的食用品质最佳, 综合评分为 81.05, 感官评分为 86.67 分, 断条率为 0, 蒸煮损失率仅为 5.13%, 蒸煮吸水率为 68.31%, 且优化后鲜湿热干面的货架期延长 1 倍。本研究为食用菌功能性主食开发提供了思路和依据。

**关键词:** 血耳发酵液; 热干面; 谷朊粉; 蒸煮品质; 质构

文章编号: 1673-9078(2021)08-192-199

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.8.1195

## Development the Fresh, Hot and Dry Noodles Containing A Fermentation Broth of *Tremella sanguinea*

YAO Fen<sup>1</sup>, PAN Chang<sup>2</sup>, GAO Hong<sup>1</sup>, YIN Chao-min<sup>1</sup>, SHI De-fang<sup>1</sup>, PENG Heng<sup>3</sup>, FAN Xiu-zhi<sup>1</sup>

(1. Institute of Agro- Products Processing and Nuclear-Agricultural Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China) (2. Office of the People's Government of Xishui County, Huanggang 438200, China) (3. Wuhan Mai Lang Flour Industry Co. Ltd., Wuhan 430346, China)

**Abstract:** In order to improve the quality of fresh, hot and dry noodles for consumption and realize the effective utilization of the fermentation broth of *Tremella sanguinea*, the sensory score, cooking quality and texture were used as the evaluation indices for the investigations on the effects of the concentration and the amount for addition of the fermentation broth of *Tremella sanguinea*, amount of added salt, amount of added edible alkali and amount of added wheat gluten on the quality of noodles for consumption. A comprehensive scoring method based on the orthogonal test was used to optimize the formular of fresh, hot and dry noodles containing a fermentation broth of *Tremella sanguinea*. The results showed that the order of factors influencing the noodles was: edible alkali > salt > wheat gluten > fermentation broth of *Tremella sanguinea*, with the optimal formula as: 0.3 g of edible alkali, 34 mL of fermentation broth of *T. sanguinea*, 1 g of salt and 2 g of wheat gluten per 100 g flour. Under such an optimal condition, the quality of the noodle for consumption was the highest, with a comprehensive score of 81.05, sensory score of 86.67, breaking rate as zero, cooking loss rate as 5.13% and water absorption rate as 68.31%. After optimization, the shelf life of the fresh, hot and dry noodles was doubled. The results obtained from the present study may provide ideas and a basis for the development of functional staple food with edible fungi.

**Key words:** *Tremella sanguinea* fermentation broth; hot dry noodles; gluten; cooking quality; texture

引文格式:

姚芬,潘昌,高虹,等.添加血耳发酵液的鲜湿热干面研制[J].现代食品科技,2021,37(8):192-199

YAO Fen, PAN Chang, GAO Hong, et al. Development the fresh, hot and dry noodles containing a fermentation broth of *Tremella sanguinea* [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(8): 192-199

收稿日期: 2020-12-24

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (31601806); 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303080)

作者简介: 姚芬 (1991-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 食用菌加工; 共同第一作者: 潘昌 (1994-), 男, 硕士, 研究方向: 食品加工与安全

通讯作者: 范秀芝 (1984-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 食用菌活性物质代谢调控及功能食品开发

鲜湿热干面是民间“中国五大面食”之一，是一种经和面、熟化、复合压延、切条、蒸煮、拌油回生等工艺加工而制成的碱水面。然而，鲜湿热干面中水分含量和活度较高，在储藏过程中容易褐变、老化、断裂等，使其食用品质降低，而且极易滋生微生物，引起腐败变质<sup>[1,2]</sup>。因此，在碱水面的制作过程中往往添加适量的食盐和食用碱以改善面条的结构质地，提高面条的品质。此外，谷朊粉是一种小麦面筋蛋白，蛋白质含量丰富，在面条的制作过程中加入谷朊粉可以提高面条中蛋白质的含量，增加面条的筋度和韧性<sup>[3]</sup>。但目前，为保证口感，并没有很好的鲜湿热干面防腐方法，其储藏期一般在1~2 d。

食药菌，作为一类可供人类食用的大型真菌，含有丰富的营养成分、风味物质以及多糖、多酚、三萜类和甾醇等多种功效成分，可以发挥抗肿瘤、抗氧化、抑菌、降血糖等多种生物活性，使其在功能食品中占有一席之地<sup>[4-7]</sup>。但由于食药菌栽培周期较长，近年不少研究者借助发酵技术获得食药菌营养和活性物质<sup>[8]</sup>，并将其应用于面制品的开发。曾霖霖等<sup>[9]</sup>采用液体深层发酵制备了平菇、香菇、蛹虫草、猴头菇发酵液，通过对食用菌品种的筛选，最后制备出的平菇面条不仅保留了面条本身的面粉甜味，还增加了平菇液体培养物的鲜甜和香味，极大的丰富了面条的营养价值。杨玉华<sup>[10]</sup>研究表明灵芝发酵液中含有淀粉酶，能催化淀粉产生葡萄糖，馒头发酵剂中的酵母菌利用葡萄糖，产生CO<sub>2</sub>，增大馒头的比容，漆酶催化食品中蛋白质交联与发酵液转化支链淀粉为直链淀粉，增加馒头的硬度和咀嚼度，从而改善馒头的品质。

血耳(*Tremella sanguinea*)又称血银耳，隶属银耳属，是一种珍贵的食药菌，具有抗炎、抑菌、降血糖、降血脂和免疫调节等多种生理功能<sup>[11-13]</sup>。2020年，本课题组研究发现麻城血耳菌株发酵液对从鲜湿热干面中所分离的蜡样芽胞杆菌具有很好的抑制效果，并且具有明显的抗氧化活性，其中多糖含量为2.82±0.08 mg/mL<sup>[14]</sup>。因此，本研究将血耳发酵液应用于鲜湿热干面的制作，以期在提高面条品质同时延长其货架期。此外，为提高干面的品质和口感，在配方中添加盐、食用碱和谷朊粉，通过发酵液添加浓度以及发酵液、盐、食用碱和谷朊粉的添加量的优化研制出一种食用品质最佳、口感好的鲜湿热干面。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

麻城血耳菌株，购自华中农业大学菌种实验中

心。

高筋小麦粉，河北金沙河面业集团有限责任公司；食用碱，安琪酵母股份有限公司；谷朊粉，浙江一诺生物科技有限公司；食用盐，湖北盐业集团有限公司；玉米油，中粮福临门食品营销公司。

JYN-L8 智能面条机，九阳股份有限公司；LRH-250 生化培养箱，上海一恒科学仪器有限公司；辊面机，枣阳市巨鑫机械有限公司；TA-XT Plus 物性测试仪，英国 SMS 公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 血耳发酵液的制备

液体种子制备：血耳菌株在固体完全培养基(CYM)<sup>[14]</sup>中活化，8 mm 打孔器在平皿中打取5个菌块，接入含100 mL 液体CYM种子培养基的250 mL三角瓶中，26℃静置培养5 d。

发酵培养：种子液匀浆后按10%接种量接入含100 mL 基础发酵培养基<sup>[14]</sup>的250 mL三角瓶中，26℃、160 r/min 的振荡培养6 d，得到发酵液。

发酵液的收集：无菌条件下，将发酵液连同菌球于4℃，6000 r/min 离心30 min，收集上清液，即得食用菌发酵液，4℃保存。

#### 1.2.2 鲜湿热干面的制作工艺

100 g 面粉，32 mL 血耳发酵液，0.3 g 食用碱，1 g 盐，将上述材料按比例混合放入到面条机中进行和面，然后放入25℃恒温培养箱中醒发20 min，放入辊面机中进行辊压，最后放入面条机挤压出面条，再将面条水煮至面条中白芯消失捞出过凉沥干水分，然后加入玉米油拌匀，冷却后包装、封口。

#### 1.2.3 血耳发酵液浓度对鲜湿热干面品质的影响

将血耳发酵液稀释或浓缩后浓度调节为0%、50%、100%、200%、300%，分别在100 g 面粉中加入32 mL 不同浓度的发酵液，以及1 g 食盐，0.3 g 食用碱，按照1.2.2所述方法制作热干面，并进行面条蒸煮品质、感官评价以及质构测定。

#### 1.2.4 鲜湿热干面配方单因素试验

以100 g 面粉，1 g 食盐，0.3 g 食用碱，2 g 谷朊粉，浓度为100%的血耳发酵液32 mL 作为出发条件，以蒸煮品质、感官评价和质构测定为指标，对血耳发酵液、食盐、食用碱和谷朊粉的添加量进行比较筛选。其中血耳发酵液添加量设置为30 mL、32 mL、34 mL、36 mL、38 mL；食盐添加量为0.5 g、1 g、1.5 g、2 g、2.5 g；食用碱添加量0 g、0.3 g、0.6 g、0.9 g、1.2 g；谷朊粉添加量1 g、2 g、3 g、4 g、5 g。

## 1.2.5 鲜湿热干面配方正交试验

表1 正交因素水平表

水平	因素			
	A 发酵液/mL	B 盐/g	C 食用碱/g	D 谷朊粉/g
1	32	1	0.3	2
2	34	1.5	0.6	3
3	36	2	0.9	4

如表1所示,在单因素试验基础上,选用4因素3水平的正交实验对血耳发酵液、食盐、食用碱、谷朊粉的添加量进行优化,并进行多指标综合评分。根据各评价指标对鲜湿热干面食用品质的影响,设定各指标的权重系数,其中断条率和蒸煮损失率越低,面条品质越好,因此分别设定感官评价、断条率、吸水率、蒸煮损失率4个指标的权重系数为0.75、-0.20、0.25、-0.20。综合评分=感官评分×0.75-断条率×0.20+吸水率×0.25-蒸煮损失率×0.20。

## 1.2.6 鲜湿热干面蒸煮品质的评价

表2 感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation criteria

项目	满分	评分标准
色泽	10	面条的颜色和亮度,颜色呈微黄或者偏黄且光亮 8.5~10分;一般 6~8.4分;色泽暗、亮度差 1~6分
外观状态	10	表面光滑和膨胀程度,表面结构紧密 8.5~10分;一般 6~8.4分;粗糙、膨胀、变形严重 1~6分
适口性	20	牙咬断面条力度适中 17~20分;稍硬或软 12~17分;太硬或太软 1~12分
韧性	20	面条在咀嚼时有咬劲、富弹性 17~20分;一般 12~17分;咬劲差、弹性小 1~12分
黏性	20	在咀嚼期间,面条粘牙程度,咀嚼是爽口不粘牙,较爽口 17~20分,稍粘牙 12~17分,不爽口粘牙 1~12分
光滑性	5	口感光滑度,光滑 4.3~5分;中间 3~4.2分;光滑程度差 1~3分
食味	15	品尝味道,具有面条特有麦香味 12~15分;基本无异味 8~11分;有异味 1~7分

## 1.2.8 鲜湿热干面质构分析

## 1.2.8.1 面条的预处理

将适量的面条放入到500 mL沸水中煮制面条中白芯刚消失,迅速过冷,捞出用流动的蒸馏水冲洗5 s,用吸水纸擦干表面多余水分备用。

## 1.2.8.2 剪切试验测定

将预处理的面条切割成5 cm长的小段,取5根面条间隔0.5 cm摆放在载物台中间,每个试样重复6次。采用Code A/LKB质构仪探头进行剪切力测试,测试条件为:测试前速度2 mm/s,测试速度0.8 mm/s,测试后速度0.8 mm/s,压缩比90%,触发力3 g。

## 1.2.8.3 拉伸试验测定

采用Code A/SPR探头进行热干面拉伸力测定。测试条件为:测试前速度2 mm/s,测试速度2 mm/s,测试后速度10 mm/s,触发距离100 mm,触发力0.5 g。每次将一根面条缠绕固定在探头的上下两端,上端匀

## 1.2.6.1 断条率和吸水率

取20根长度为20 cm质量为 $m_1$ 的面条放入到500 mL沸水中煮制1 min,用筷子挑出过凉并沥干水分,测量其质量为 $m_2$ ,并记录断条数为N。计算断条率和吸水率:

$$\text{断条率 } S = N / 20 \times 100\%$$

$$\text{吸水率 } L = (m_2 - m_1) / m_1 \times 100\%$$

## 1.2.6.2 蒸煮损失率

称取质量为 $m_1$ 面条放入500 mL沸水中煮制1 min,捞出沥干水分,将沥出的水分倒回锅中,待锅中面汤冷却至室温,装入500 mL容量瓶中,定容,混匀,用量筒量取100 mL液体置105 °C烘干至恒重,干物质质量记为 $m_3$ 。

$$\text{蒸煮损失率 } F = m_3 \times 5 / m_1 \times 100\%$$

## 1.2.7 感官评价

由10位经过感官评价培训的人员组成品尝组,按标准LS/T 3202-1993规定的方法对煮好的面条进行评价<sup>[15]</sup>。评分标准及评分项目见下表2。

速地向上拉伸直至面条断裂。每个试样作6次平行试验。

## 1.2.9 鲜湿热干面货架期测定

《NY/T 1512-2014 绿色食品 新鲜面食、米粉制品》<sup>[16]</sup>中规定面条中菌落总数不超过 $3 \times 10^5$  CFU/g,以此作为上限确定鲜湿热干面货架期。

## 1.2.10 数据处理

采用Origin 8.0软件作图,SPSS 22.0软件对实验数据进行显著性分析。数值采用平均值±标准差表示(n=3), $p < 0.05$ 表示具有统计学意义。

## 2 结果与讨论

## 2.1 血耳发酵液浓度对鲜湿面热干面蒸煮特性、感官品质和质构的影响

表3 不同浓度的血耳发酵液对鲜湿面条蒸煮品质、感官评分及质构特性的影响

Table 3 The influence of different concentrations of fermented liquid of *Tremella sanguinea* on the cooking quality, sensory score and texture properties of fresh and wet noodles

指标	血耳发酵液的浓度/%				
	0	50	100	200	300
断条率/%	15.00±2.88 <sup>a</sup>	10.00±2.88 <sup>b</sup>	0.00±0.00 <sup>d</sup>	5.00±0.00 <sup>c</sup>	5.00±0.00 <sup>c</sup>
吸水率/%	54.56±0.12 <sup>c</sup>	61.92±0.01 <sup>b</sup>	64.50±0.13 <sup>a</sup>	56.47±0.03 <sup>c</sup>	51.27±0.15 <sup>d</sup>
蒸煮损失率/%	5.55±0.19 <sup>a</sup>	6.39±0.12 <sup>b</sup>	5.79±0.14 <sup>a</sup>	6.55±0.13 <sup>b</sup>	6.99±0.12 <sup>c</sup>
感官评分	73.00±5.00 <sup>c</sup>	80.00±3.61 <sup>b</sup>	84.67±2.31 <sup>a</sup>	71.00±2.65 <sup>d</sup>	65.00±1.73 <sup>e</sup>
剪切力	592.18±7.31 <sup>b</sup>	470.19±4.14 <sup>c</sup>	646.09±23.38 <sup>a</sup>	579.23±27.81 <sup>c</sup>	558.98±25.83 <sup>d</sup>
拉伸力	24.43±1.04 <sup>b</sup>	24.19±1.70 <sup>b</sup>	30.99±1.31 <sup>a</sup>	23.32±0.61 <sup>c</sup>	20.04±1.55 <sup>d</sup>

注：同一列的不同小写字母表示组间差异显著性 ( $P < 0.05$ )。

表4 各单因素对鲜湿面条蒸煮品质、感官品质及质构特性的影响

Table 4 Influence of the each single factors on the cooking quality, sensory score and texture properties of fresh and wet noodles

因素	添加量	断条率/%	吸水率/%	蒸煮损失率/%	感官评分	剪切力	拉伸力
血耳发酵液 添加量/mL	30	5.00±2.88 <sup>b</sup>	55.52±0.12 <sup>c</sup>	6.34±0.06 <sup>d</sup>	70.67±1.53 <sup>c</sup>	552.38±18.21 <sup>e</sup>	21.53±0.05 <sup>c</sup>
	32	0.00±0.00 <sup>a</sup>	58.15±0.21 <sup>a</sup>	5.32±0.12 <sup>a</sup>	87.00±1.00 <sup>a</sup>	741.56±45.04 <sup>b</sup>	24.99±0.2 <sup>a</sup>
	34	0.00±0.00 <sup>a</sup>	57.20±0.52 <sup>b</sup>	5.58±0.05 <sup>b</sup>	83.67±1.53 <sup>b</sup>	746.37±1.11 <sup>a</sup>	23.56±0.1 <sup>b</sup>
	36	0.00±0.00 <sup>a</sup>	54.50±0.46 <sup>c</sup>	5.97±0.04 <sup>c</sup>	73.00±3.61 <sup>bc</sup>	738.35±11.84 <sup>c</sup>	23.67±0.35 <sup>b</sup>
	38	0.00±0.00 <sup>a</sup>	50.40±0.30 <sup>d</sup>	5.93±0.04 <sup>c</sup>	69.67±0.58 <sup>d</sup>	676.72±21.41 <sup>d</sup>	20.35±0.53 <sup>c</sup>
食盐添加量/g	0.5	10.00±2.88 <sup>a</sup>	56.47±0.54 <sup>b</sup>	5.67±0.05 <sup>a</sup>	69.33±2.31 <sup>e</sup>	588.28±7.2 <sup>b</sup>	23.46±0.13 <sup>b</sup>
	1.0	0.00±2.88 <sup>b</sup>	59.78±0.32 <sup>a</sup>	5.94±0.04 <sup>a</sup>	80.67±0.58 <sup>b</sup>	704.59±19.31 <sup>a</sup>	28.22±1.26 <sup>a</sup>
	1.5	0.00±0.00 <sup>b</sup>	57.16±0.12 <sup>b</sup>	6.27±0.08 <sup>c</sup>	82.33±1.53 <sup>a</sup>	489.79±12.57 <sup>d</sup>	23.63±0.23 <sup>b</sup>
	2.0	0.00±0.00 <sup>b</sup>	51.34±0.23 <sup>c</sup>	6.29±0.06 <sup>c</sup>	77.67±1.53 <sup>c</sup>	542.54±3.23 <sup>c</sup>	22.03±0.68 <sup>c</sup>
	2.5	0.00±2.88 <sup>b</sup>	54.30±0.12 <sup>c</sup>	6.25±0.03 <sup>c</sup>	74.67±1.53 <sup>d</sup>	438.99±7.55 <sup>e</sup>	20.71±0.28 <sup>d</sup>
食用碱添加量/g	0	10.00±0.00 <sup>a</sup>	67.75±0.23 <sup>a</sup>	6.50±0.19 <sup>a</sup>	68.33±2.52 <sup>c</sup>	349.98±7.03 <sup>e</sup>	15.79±0.28 <sup>c</sup>
	0.3	0.00±0.00 <sup>c</sup>	59.27±0.12 <sup>b</sup>	6.43±0.12 <sup>a</sup>	79.00±1.00 <sup>ab</sup>	456.25±6.34 <sup>a</sup>	25.80±0.55 <sup>a</sup>
	0.6	5.00±2.88 <sup>b</sup>	51.08±0.24 <sup>d</sup>	6.79±0.12 <sup>b</sup>	81.33±1.53 <sup>a</sup>	391.96±2.56 <sup>c</sup>	20.42±0.86 <sup>b</sup>
	0.9	5.00±0.00 <sup>b</sup>	55.76±0.53 <sup>c</sup>	7.00±0.09 <sup>b</sup>	72.33±1.15 <sup>b</sup>	419.33±7.15 <sup>b</sup>	20.03±0.71 <sup>b</sup>
	1.2	10.00±0.00 <sup>c</sup>	52.83±0.22 <sup>d</sup>	7.13±0.03 <sup>c</sup>	64.33±2.31 <sup>d</sup>	368.44±6.76 <sup>d</sup>	14.90±0.63 <sup>c</sup>
谷朊粉添加量/g	1	5.00±2.88 <sup>b</sup>	50.40±0.56 <sup>c</sup>	6.50±0.19 <sup>b</sup>	76.67±1.53 <sup>d</sup>	387.16±7.31 <sup>c</sup>	23.46±0.27 <sup>d</sup>
	2	0.00±2.88 <sup>c</sup>	50.07±0.28 <sup>c</sup>	6.43±0.12 <sup>a</sup>	78.67±0.58 <sup>c</sup>	508.61±13.15 <sup>d</sup>	24.74±0.65 <sup>c</sup>
	3	0.00±0.00 <sup>c</sup>	47.37±1.20 <sup>d</sup>	6.79±0.12 <sup>b</sup>	84.67±1.15 <sup>a</sup>	511.53±20.07 <sup>c</sup>	25.20±0.20 <sup>b</sup>
	4	5.00±0.00 <sup>b</sup>	63.04±0.23 <sup>a</sup>	7.00±0.09 <sup>c</sup>	81.67±0.58 <sup>b</sup>	786.73±13.07 <sup>a</sup>	27.20±0.51 <sup>a</sup>
	5	10.00±0.00 <sup>a</sup>	58.74±0.15 <sup>b</sup>	7.13±0.03 <sup>c</sup>	70.67±3.79 <sup>c</sup>	573.49±31.63 <sup>b</sup>	25.70±0.22 <sup>b</sup>

注：同一因素同一列的不同小写字母表示组间有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。

由表3可知,随着血耳发酵液浓度的增大,面条的吸水率先增大后减小,断条率、蒸煮损失率、剪切力和拉伸力均呈现先减小后增大的趋势,分析原因可能是添加适量浓度的血耳发酵液,吸水率增大,面条的韧性增加,使得面条在蒸煮过程中不易发生断裂,蒸煮损失率下降。当血耳发酵液浓度为100%时,面条的断条率为0,吸水率最高,蒸煮损失率为5.79%,与不添加血耳发酵液时无明显差异,此时的感官评分最高,为84.67分,剪切力和拉伸测试两者也均出现

峰值,分别为649.09g和30.99g,表明此时面条的硬度、弹性和韧性最高。当浓度大于100%时,面条的断条率增加,剪切力和拉伸力下降,煮制时溶出物越来越多,口感粗糙,感官评分降低。弓志青<sup>[17]</sup>和李波等<sup>[18]</sup>在金针菇粉和平菇粉对面条品质的影响中有类似发现,添加适量浓度的金针菇粉和平菇粉,面条的吸水率较高,断条率和蒸煮损失率下降,感官品质较好,而浓度过低或过高的金针菇粉和平菇粉会显著降低面条的最大剪切力和拉伸力,面条咀嚼力较差,食

用品质降低。不同浓度的血耳发酵液导致面条品质不同,推测其原因可能是血耳发酵液包含的多糖等物质在适量浓度时可以与面筋蛋白质相互作用,促进面筋网络结构的形成;当浓度较低或较高时均会破坏面筋蛋白网络的连续性,面筋网络对淀粉的保持能力下降,使面条食用品质下降<sup>[19]</sup>。综合蒸煮品质、感官评分和质构等指标,在热干面的制作过程中使用血耳发酵液的最适添加浓度为100%,即原液。

## 2.2 血耳鲜湿热干面配方单因素试验结果

### 2.2.1 血耳发酵液的添加量对鲜湿面蒸煮特性、感官评分和质构的影响

由表4可知,随着血耳发酵液添加量的增加,面条的断条率变化不明显,只有在发酵液添加量为30 mL时,20根面条有1根出现断条;面条的吸水率先增大后减小,在添加量为32 mL时,面条的吸水率最大为58.15%,对照感官评分结果可以看出,面条吸水率越高,面条口感越好;面条的蒸煮损失率先减小后增大,在添加量为32 mL时,蒸煮损失率最小为5.32%,此时的感官评分也最高为87分;面条的剪切力和拉伸力先增大后减小,在添加量分别为34 mL和32 mL时,剪切力和拉伸力达到最大值,分别为746.37 g和24.99 g。随着血耳添加量的继续增大,面条口感变差,面条蒸煮损失率、剪切力、拉伸力和感官评分持续降低。推测出现上述规律的原因可能是发酵液的添加量在30 mL时,蛋白质和淀粉不能充分吸水,形成的网络结构比较疏松,导致面条品质较差。随着发酵液添加量的增加,蛋白质和淀粉能充分吸水膨胀,形成致密的面筋蛋白网络结构,面条的延伸性和拉伸力较好,面条的品质上升。当发酵液添加量超过36 mL时面条水化,面团筋力下降,进而导致面条的品质下降<sup>[20]</sup>。施建斌等<sup>[21]</sup>在鲜马铃薯热干面的制作中也出现类似的规律,当液体添加量为26%~32%时,热干面的断条率最低为0%,吸水率最高为147.25%,失落率最低为7.18%,感官评分最高为88.33分,当液体添加量超过32%,热干面的蒸煮和质构品质显著下降。综合蒸煮品质、感官评分和质构等指标,血耳发酵液的最适添加量应该在32 mL~36 mL之间。

### 2.2.2 食盐的添加量对鲜湿面蒸煮特性、感官品质和质构的影响

由表4可知,随着食盐添加量的增加,面条的断条率下降,蒸煮损失率不断增加,吸水率、剪切力和拉伸力先增加后减少。当食盐添加量为1 g时,断条率为零,吸水率最高,为59.78%,蒸煮损失率较低,为5.94%,且面条的拉伸力和剪切力达到峰值,分别

为704.59 g和28.22 g。当添加量超过1.5 g时,面条韧性和适口性变差,咸味过重,品质下降,这与其他研究者的报道类似。刘瑞莉<sup>[22]</sup>在面条加工中的应用中指出加入1%~3%的食盐,可以促进面粉和水的结合,形成良好的网络结构,使面条的品质得到改善;但加入的食盐超过3%,食盐会和面团中的蛋白质争夺游离水,从而使面条内部结构疏松导致面条的品质变差。荆鹏等<sup>[23]</sup>在食盐对面絮及面条品质影响研究中也发现添加2%~3%的食盐可以提高面条的色泽、适口性、韧性,并且改善面条品质。综合蒸煮品质、感官评分和质构等指标,食盐的最适添加量应该在1 g到2 g较为合适。

### 2.2.3 食用碱的添加量对鲜湿面蒸煮特性、感官品质和质构的影响

随着食用碱添加量的增加,面条断条率和蒸煮损失率先减小后增加,吸水率不断下降,剪切力和拉伸力则呈现出先增大后减小的趋势(表4)。当食用碱的添加量为0.3 g时,面条没有出现断条的现象,蒸煮损失率最低为6.43%,吸水率仅次于不添加食用碱的,剪切力和拉伸力出现峰值分别为456.43 g和26.13 g。当食用碱的添加量为0.6 g时,感官评分最高,为81.33分,但当添加量超过0.9 g时,面条的颜色太黄,色泽得分降低,且面条的韧性下降,口感偏软,在咀嚼时稍显黏牙,从而导致面条的感官评分降低。食用碱是碱面面条加工中一种非常重要的原料,加入适量的食用碱可以赋予面条一种独特的风味、改善面条的质构和色泽、降低面条的断条率,但过多却会使面条的断条率增大,面条品质下降<sup>[24,25]</sup>。这可能是因为添加适量食用碱可以增加面团中二硫键和氢键的数量,减少疏水相互作用,使面团中蛋白质的结构更加稳定,面条的韧性和适口性均得到提高,面条品质得到明显改善。但当食用碱的添加量过大,它会与面团中的面筋蛋白争夺水分从而使面团缺水,且食用碱会使面团周围环境的pH值增大从而影响二硫键的形成导致面团结构变差<sup>[26]</sup>。综合蒸煮品质、感官评分和质构等指标,面团中添加的最佳食用碱用量为0.3 g到0.9 g。

### 2.2.4 谷朊粉的添加量对鲜湿面蒸煮特性、感官品质和质构的影响

由于我国通用小麦面粉中蛋白质含量偏低,面筋质量较差,导致面条产品的断条率较高、面条不耐煮、易糊汤、口感较差<sup>[27]</sup>,因此研究者们常在面团制作中加入一定量的谷朊粉通过增加面团中蛋白质含量从而改善面条品质<sup>[28]</sup>。由表4可知,随着谷朊粉添加量的增加,面条断条率先减小后增加,吸水率先减小后增加再减小,蒸煮损失率不断增加,剪切力和拉伸力

则呈现出先增大后减小的趋势。当谷朊粉添加量为 2 g 时, 蒸煮损失率最低为 6.43%; 添加量为 3 g 时, 面条的断条率为 0, 感官评分最高为 84.67 分; 加量为 4 g 时, 吸水率最高为 63.04%, 剪切力和拉伸力出现峰值, 分别为 786.73 g 和 27.20 g。当添加量超过 4 g 时, 面条食用品质下降。这种现象和许蒙蒙等<sup>[29]</sup>的报道类似, 他们发现添加 2.7%~3.7% 的谷朊粉可以改善甘薯面条的蒸煮和质构品质, 使其与小麦粉所制面条的品质相近。推测原因可能是添加适量的谷朊粉可以增加面团中蛋白质的含量, 能更好的和水作用形成良好的网络结构, 增强面条的品质。但当面条中蛋白质的量过多时, 水分和面粉直接作用力减弱, 从而使面条的韧性降低, 并且使面条在煮制的过程中断条率增大, 品质下降<sup>[30]</sup>。综合蒸煮品质、感官评分和质构等指标, 谷朊粉的最适添加量为 2~4 g。

### 2.3 血耳鲜湿热干面配方正交试验结果

由表 5 可知, 各因素对综合评分的影响程度依次为 C>B>D>A, 即食用碱的添加量>盐的添加量>谷朊粉的添加量>血耳发酵液的添加量。正交实验得出的

最佳配方组合为 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>, 即发酵液的添加量 34 mL、盐的添加量 1 g、食用碱的添加量 0.3 g、谷朊粉的添加量 2 g。经验证, 正交试验优化出的最佳配方制得鲜湿热干面感官评分为 86.67 分, 断条率为 0%、蒸煮损失率为 5.13%、吸水率最高为 68.31%, 综合评分为 81.05, 相比试验组均处于最优水平, 食用品质最佳。

### 2.4 添加血耳发酵液对鲜湿热干面货架期影响

根据食品安全国家标准 GB 4789.2-2016<sup>[31]</sup>测定鲜湿热干面中菌落总数发现, 未添加血耳发酵液前, 4 °C 保存下的鲜湿热干面在 2 d 菌落总数就达到 3.16×10<sup>4</sup> CFU/g, 第 3 d 达到 2.16×10<sup>6</sup> CFU/g, 远高于 NY/T 1512-2014<sup>[16]</sup>中的限定值 (3×10<sup>5</sup> CFU/g), 说明未加血耳发酵液的鲜湿热干面在 4 °C 最多储藏 2 d。而添加血耳发酵液的鲜湿热干面在 4 °C 下储藏到第 4 d 菌落总数为 2.81×10<sup>5</sup> CFU/g, 接近但低于限定值, 表明添加血耳发酵液可以将鲜湿热干面的货架期延长 1 倍。

表 5 正交实验结果

Table 5 Orthogonal experimental results

试验号	A	B	C	D	感官得分	断条率	吸水率	蒸煮损失率	综合评分
1	1	1	1	1	85.00±0.13 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>b</sup>	67.63±2.34 <sup>a</sup>	5.56±0.13 <sup>b</sup>	78.55
2	1	2	2	2	80.00±0.15 <sup>c</sup>	0.00±2.88 <sup>c</sup>	57.28±1.15 <sup>c</sup>	6.34±0.02 <sup>d</sup>	73.05
3	1	3	3	3	75.00±0.00 <sup>d</sup>	10.00±0.00 <sup>a</sup>	56.34±1.17 <sup>c</sup>	6.27±0.00 <sup>c</sup>	67.08
4	2	1	2	3	81.00±0.12 <sup>bc</sup>	0.00±0.00 <sup>c</sup>	57.89±1.13 <sup>c</sup>	5.67±0.42 <sup>b</sup>	74.09
5	2	2	3	1	80.00±1.01 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>c</sup>	60.23±0.86 <sup>b</sup>	6.20±0.23 <sup>c</sup>	73.81
6	2	3	1	2	83.00±0.23 <sup>b</sup>	5.00±0.00 <sup>b</sup>	53.12±0.26 <sup>d</sup>	6.35±0.17 <sup>d</sup>	73.26
7	3	1	3	2	77.00±0.15 <sup>d</sup>	5.00±0.00 <sup>b</sup>	56.37±0.28 <sup>c</sup>	6.27±0.24 <sup>c</sup>	69.59
8	3	2	1	3	81.00±0.26 <sup>bc</sup>	0.00±2.88 <sup>c</sup>	60.34±0.27 <sup>b</sup>	6.34±0.23 <sup>d</sup>	74.57
9	3	3	2	1	80.00±0.00 <sup>c</sup>	10.00±0.00 <sup>a</sup>	59.85±2.10 <sup>b</sup>	6.50±0.63 <sup>e</sup>	71.66
K1	218.68	222.22	226.37	224.03					
K2	221.17	221.44	218.80	215.90					
K3	215.82	212.00	210.49	215.74					
k1	72.89	74.07	74.46	74.68					
k2	73.72	73.81	72.93	71.97					
k3	71.94	70.67	70.16	71.91					
R	1.78	3.41	5.30	2.71					
影响因子					C>B>D>A				
最优方案					A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> D <sub>1</sub>				

## 3 结论

本文通过对添加血耳发酵液的鲜湿热干面配方优化, 确定各因素对鲜湿面品质影响的大小为: 食用

碱的添加量>盐的添加量>谷朊粉的添加量>血耳发酵液的添加量。通过综合评分确定添加血耳发酵液的鲜湿热干面最佳配方为 100 g 面粉中添加 34 mL 血耳发酵液、1 g 盐、0.3 g 食用碱和 2 g 谷朊粉, 该配方制得

的面条口感筋道爽滑,色泽光亮,综合评分为 81.05,感官评分为 86.67 分,断条率为 0%,蒸煮损失率为 5.13%±0.12%,吸水率为 68.31%,面条的品质有了较大的提高,而且货架期延长了 1 倍。

## 参考文献

- [1] 王晓明,陈洁,吕莹果,等.生鲜面保鲜技术研究进展[J].粮食与油脂,2013,26(2):12-15  
WANG Xiao-ming, CHEN Jie, LYU Ying-guo, et al. Research progress of preservation technology for fresh noodles [J]. Cereals & Oils, 2013, 26(2): 12-15
- [2] Li M, Ma M, Zhu K X, et al. Delineating the physico-chemical, structural, and water characteristic changes during the deterioration of fresh noodles [J]. Food Chemistry, 2016, 216: 374-381
- [3] 严忠军,卞科,司建中,等.谷朊粉应用概述[J].中国粮油学报, 2005,5:20-24  
YAN Zhong-jun, BIAN Ke, SI Jian-zhong, et al. Application of wheat gluten powder: a review [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2005, 5: 20-24
- [4] Motta F, Gershwin M E, Selmi C. Mushrooms and immunity [J]. Journal of Autoimmunity, 2021, 117: 1-13
- [5] Sun Y S, Zhang M, Fang Z H. Efficient physical extraction of active constituents from edible fungi and their potential bioactivities: a review [J]. Trends in Food Technology, 2020, 105: 468-482
- [6] Roncero-Ramos I, Delgado-Andrade C. The beneficial role of edible mushrooms in human health [J]. Current Opinion in Food Science, 2017, 14: 122-128
- [7] Bach F, Ferreira Zielinski Acá Antonio, Helm C V, et al. Bio compounds of edible mushrooms: *in vitro* antioxidant and antimicrobial activities [J]. LWT - Food Science and Technology, 2019, 107: 214-220
- [8] Reis F S, Martins A, Helena Vasconcelos M, et al. Functional foods based on extracts or compounds derived from mushrooms [J]. Food Weekly News, 2017, 66: 48-62
- [9] 曾霖霖,江瑞荣,陈峰,等.液体深层发酵制备食用菌风味面条[J].中国食用菌,2013,32(2):47-50  
ZENG Lin-lin, JIANG Rui-rong, CHEN Feng, et al. Preparation of edible fungi flavor noodle by liquid deep fermentation [J]. Chinese Edible Fungi, 2013, 32(2): 47-50
- [10] 杨玉华.灵芝发酵液改善馒头品质的机制及漆酶基因在毕赤酵母内的异源表达[D].新乡:河南师范大学,2015  
YANG Yu-hua. Impact of the fermentation broth of *Ganoderma lucidum* on the quality of Chinese steamed bread and the expression of laccase genes in *Pichia pastoris* [D]. Xinxiang: the Graduate School of Henan Normal University, 2015
- [11] Wang Z W, Zeng Y W, Luo D H. Structure elucidation of a non-branched and entangled heteropolysaccharide from *Tremella sanguinea* Peng and its antioxidant activity [J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 152(5): 33-40
- [12] 王昭晶,曹森,曾亚威,等.血耳多糖的提取工艺、微观结构及其抗炎作用[J].中国食品学报,2019,19(1):96-102  
WANG Zhao-jing, CAO Sen, ZENG Ya-wei, et al. Extraction optimization, microstructure and anti-inflammatory properties of a polysaccharide from *Tremella sanguinea* Peng [J]. Chinese Journal of Food, 2019, 19(1): 96-102
- [13] 杨烁.血耳的化学成分研究及其生物活性筛选[D].长春:吉林农业大学,2019  
YANG Shuo. Study on chemical constitutions of *Tremella sanguinea* Peng and screening of their biological activities [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2019
- [14] 潘昌,范秀芝,姚芬.食用菌发酵液对热干面中蜡样芽孢杆菌的抑制作用[J].现代食品科技,2020,36(5):170-177  
PAN Chang, FAN Xiu-zhi, YAO Fen. Inhibitory effect of edible fungal fermentation broth on *Bacillus cereus* in hot dry noodles [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(5): 170-177
- [15] LS/T 3202-1993.面条用小麦粉[S]  
LS/T 3202-1993. Wheat flour for noodles [S]
- [16] NY/T 1512-2014.绿色食品 生面食、米粉制品[S]  
NY/T 1512-2014. Green food-uncooked processed food made of cerea [S]
- [17] 弓志青,王文亮,崔文甲.金针菇粉添加量对挂面品质特性的影响[J].山东农业科学,2019,51(7):126-129  
GONG Zhi-qing, WANG Wen-liang, CUI Wen-jia. Effect of additive amount of *Flammulina velutipes* powder on quality of noodles [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2019, 51(7): 126-129
- [18] 李波,聂远洋,常站站,等.添加平菇粉对面条品质特性的影响[J].中国食用菌,2018,37(6):64-67  
LI Bo, NIE Yuan-yang, CHANG Zhan-zhan, et al. Effect of adding *Pleurotus ostreatus* powder on the noodles quality [J]. Chinese Edible Fungi, 2018, 37(6): 64-67
- [19] 陈煜,龚号迪,赵贝贝,等.香菇多糖面条的制作及品质研究[J].粮食与油脂,2019,32(12):34-37  
CHEN Yu, GONG Hao-di, ZHAO Bei-bei, et al. Study on the preparation and quality of lentinan noodles [J]. Cereals & Oils, 2019, 32(12): 34-37

- [20] Park C S, Baik B K. Flour characteristics related to optimum water absorption of noodle dough for making white salted noodles [J]. *Cereal Chemistry*, 2020, 79(6): 869-873
- [21] 施建斌,蔡沙,何建军,等.鲜马铃薯热干面的制作工艺研究[J].*湖北农业科学*,2016,55(23):6211-6214,6223  
SHI Jian-bin, CAI Sha, HE Jian-ju, et al. Technology of hot-and-dry noodles from fresh potato [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2016, 55(23): 6211-6214, 6223
- [22] 刘瑞莉,陆启玉.盐类在面条加工中的应用[J].*粮食与油脂*, 2017,30(3):5-7  
LIU Rui-li, LU Qi-yu. Application of salt in noodles processing [J]. *Cereals & Oils*, 2017, 30(3): 5-7
- [23] 荆鹏,郑学玲,丁旋子,等.食盐对面絮及面条品质影响研究[J].*粮食与饲料工业*,2014,9:32-35  
JING Peng, ZHENG Xue-ling, DING Xuan-zi., et al. Effects of salt on the quality of dough pieces and noodle [J]. *Grain & Feed Industry*, 2014, 9: 32-35
- [24] Moss H J, Miskelly D M, Moss R. The effect of alkaline conditions on the properties of wheat flour dough and Cantonese style noodles [J]. *Journal of Cereal Science*, 1986, 4(3): 261-268
- [25] Rombouts I, Jansens K J A, Lagrain B, et al. The impact of salt and alkali on gluten polymerization and quality of fresh wheat noodles [J]. *Journal of Cereal Science*, 2014, 60(3): 507-513
- [26] 任佳影,陈洁,汪磊.食用碱对蛋白质聚集行为及面条品质的影响[J].*河南工业大学学报(自然科学版)*,2020,41(3):27-33  
REN Jia-ying, CHEN Jie, WANG Lei. Effects of dietary alkali on protein aggregation behavior and noodle quality [J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2020, 41(3): 27-33
- [27] 孙茹,张正茂,刘苗苗,等.营养功能性面条研究现状[J].*麦类作物学报*,2014,34(4):568-575  
SUN Ru, ZHANG Zheng-mao, LIU Miao-miao, et al. Research status on nutritional and functional noodles [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2014, 34(4): 568-575
- [28] 徐颖,汪璇,刘小丹,等.谷朮粉的功能特性及应用研究[J].*粮食与饲料工业*,2010,10:29-32  
XU Ying, WANG Xuan, LIU Xiao-dan, et al. Functional characteristics and application status of wheat gluten [J]. *Grain & Feed Industry*, 2010, 10: 29-32
- [29] 许蒙蒙,关二旗,张九魁.谷朮粉和甘薯淀粉对面条品质的影响[J].*粮食与饲料工业*,2015,8(3):28-34  
XU Meng-meng, GUAN Er-qi, ZHANG Jiu-kui. Effects of wheat gluten and sweet potato starch on noodle qualities [J]. *Cereal & Feed Industry*, 2015, 8(3): 28-34
- [30] 熊添,何建军,蔡芳,等.谷朮粉对马铃薯热干面品质的影响[J].*食品与发酵工业*,2021,47(2):205-211  
XIONG Tian, HE Jian-jun, CAI Fang, et al. Effect of wheat gluten on the quality of potato hot dry noodles [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2021, 47(2): 205-211
- [31] GB 4789.2-2016.食品微生物学检验菌落总数测定[S]  
GB 4789.2-2016. Determination of total bacterial count in food microbiological examination [S]

---

(上接第 61 页)

- [41] Xu H, Yu X, Qu S, et al. *In vive and in vitro* cardioprotective effects of *Panax quinquefolium* 20(S)-protopanaxadiol saponins (PQDS), isolated from *Panax quinquefolium* [J]. *Pharmazie*, 2013, 68(4): 287-292