

响应面法优化亚麻籽面条工艺研究

蒋变玲, 许雪华, 陈 琼, 段 红, 韩方凯, 胡杨杨

(宿州学院 生物与食品工程学院, 安徽 宿州 234000)

摘 要:以感官得分值和咀嚼性为评判指标,通过单因素实验和响应面法优化实验,对亚麻籽面条制作工艺进行研究。结果表明:原料配比在亚麻籽粉添加量 5.7%、食盐添加量 0.8%、谷朊粉添加量 7.2%,煮制时间 263s 时,面条综合评价值为 23.80,与预测值 23.88 接近。获得外观适宜、口感细腻、韧性足的面条成品。

关键词:响应面;亚麻籽;面条;工艺

中图分类号:TS201.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-260X(2021)03-0027-05

亚麻籽富含植物蛋白、膳食纤维、木酚素等^[1,2],是具有良好保健潜力的食品和药物资源^[3]。亚麻籽是我国产量较多的作物之一,主要用于油类的提炼及动物饲料,在食品研发中鲜有报道^[4,5]。

面条是我国传统主食的一种,因其食用便利、容易消化,广受人们喜爱^[6]。目前关于面条的报道主要集中在马铃薯面条^[7]、紫薯面条^[8]、青稞面条^[9]等方面,未见亚麻籽面条相关研究。传统面条的营养成分较为单一,无法满足现代人对食品营养的需求。将亚麻籽粉与小麦粉结合起来制作面条能够提高面条的营养价值。使用质构分析对面条感官品质的评价,能够避免评价者的主观态度对评价结果产生影响^[10]。

本研究通过单因素实验和响应面优化实验制作亚麻籽面条并确定其最佳工艺配方,为亚麻籽的综合利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

参照刘义军等^[11]的方法去除亚麻籽中生氰糖苷,得到脱毒亚麻籽粉,备用。使用金龙鱼高筋雪花麦芯小麦粉、中盐食盐和蜜丹儿牌谷朊粉,备用。

1.2 仪器与设备

美国 FTC TMS 质构仪,旭众机械 SZM25 型搅拌机,旭众机械 MT5 型面条机。

1.3 实验方法

1.3.1 亚麻籽面条制备工艺流程

原料混合→搅拌和面→面团醒发→压面→面饼切条→面条

1.3.2 单因素实验

亚麻籽粉添加量的选定:添加量是指加入原料与面粉的比例,控制面团最终含水率约 30%,下同。控制食盐 0.4%、谷朊粉 3%,煮制 270s 后,分别加入 3%、6%、9%、12%、15%的脱毒亚麻籽粉,测试其感官得分和咀嚼性。

食盐添加量的选定:控制脱毒亚麻籽粉 6%、谷朊粉 3%、煮制时间 270s,分别加入 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1%的食盐,测试其感官得分和咀嚼性。

谷朊粉添加量的选定:控制脱毒亚麻籽粉 6%、食盐 0.4%、煮制 270s,分别加入 1%、3%、5%、7%、9%的谷朊粉,测试其感官得分和咀嚼性。

煮制时间的选定:控制脱毒亚麻籽粉 6%、食盐 0.4%、谷朊粉 3%,分别煮制 240s、270s、300s、330s、360s,测试其感官得分和咀嚼性。

1.3.3 响应面优化实验设计

收稿日期:2021-01-05

基金项目:安徽省自然科学基金项目(1908085QC146);安徽省高等学校自然科学研究重点项目(KJ2018A0447);宿州学院科研平台开放课题项目(2017ykf06,2019ykf13);宿州学院重点科研项目(2019yzd06);安徽省大学生创新创业训练计划项目(201910379117)

根据单因素实验测定结果,选取对面条品质影响较大的因素水平进行响应面优化分析。响应面实验设计见表1。

表1 响应面法优化因素与水平设计

水平	A 亚麻籽粉添加量/%	B 食盐添加量/%	C 谷朊粉添加量/%	D 煮制时间/s
-1	3	0.6	5	240
0	6	0.8	7	270
+1	9	1.0	9	300

1.4 评定指标

1.4.1 感官评定

成立评定小组,评价人员由固定的20人组成,从面条表观形态(15分)、滋味(15分)、口感(20分)三个方面对产品开始评定得分,评定标准见表2。

表2 面条的感官评定标准

指标	评分标准
表观状态 (15分)	肉眼观察时面条的表面形态和粗糙度。外表光滑,无断裂为11-15分;一般为6-10分;外表粗糙、变形、发生断裂为1-5分
滋味 (15分)	品尝时的味道。能感受到较强清香味为11-15分;基本无清香味为6-10分;能品尝到明显异味为1-5分
口感 (20分)	咀嚼时感受到的嚼劲和黏牙程度。有嚼劲、弹力足、不黏牙为15-20分;一般为7-14分;无嚼劲、弹性差、黏牙为1-6分

1.4.2 TPA 测试

按标准制作面条样品,取100g放入电磁炉中的沸水煮制,当面条煮熟后浮上水面时捞出置于事先准备好的蒸馏水中冷却备用,每次取3根长度、厚薄相同的面条进行测试。测试条件:探头为A/LKB,速度为60mm/min,上升高度30mm,力的量程40N,形变量10%,初始力0.075N^[12]。

2 实验结果与分析

2.1 单因素实验结果分析

2.1.1 亚麻籽粉添加量的选定

由图1可知,感官得分和咀嚼性随着亚麻籽粉添加量的增大先升高后降低。当亚麻籽粉为6%时,二者均达到最大值,此时面条表面光滑、滋味口感适宜。随着亚麻籽粉含量的增加,面团不易

搅拌,面条外观粗糙、不易成型、亚麻籽味较浓,影响口感。故选取3%、6%、9%亚麻籽粉添加量进行优化。

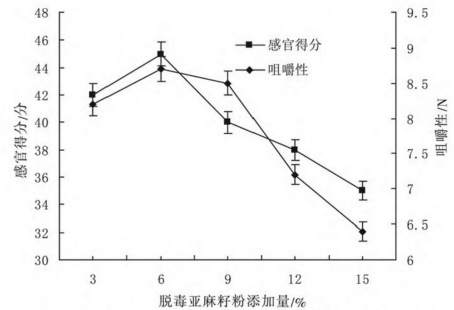


图1 亚麻籽粉添加量对面条品质的影响

2.1.2 食盐添加量的选定

由图2可知,亚麻籽面条感官得分和咀嚼性随着食盐含量的增大先升高后降低,食盐含量在0.8%时所得感官得分和咀嚼性最高。可能由于食盐能促进面条中面筋网络的形成,增强面条的韧性,改善质构特性^[13]。食盐中的钠、氯离子分布在面筋蛋白质周围,能够使面粉吸水速度加快,增加水分固定能力,面筋的弹性和延伸性也有所增强^[14]。故选取0.6%、0.8%、1%的食盐添加量进行优化。

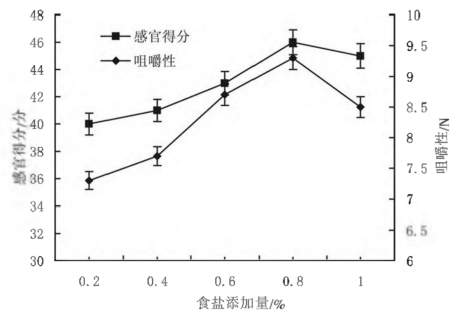


图2 食盐添加量对面条品质的影响

2.1.3 谷朊粉添加量的选定

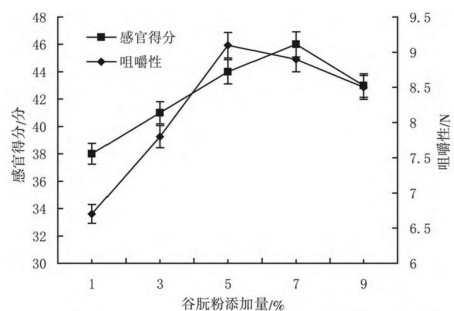


图3 谷朊粉添加量对面条品质的影响

由图3可知,感官得分和咀嚼性分别在谷朊粉含量为7%和5%时达到最大值,之后略有降低。当

谷朊粉含量超过 3%时,面条的质构特性较好,此时的面条外观形态佳,韧性足,断条率低,原因可能是谷朊粉利用它的组成成分麦醇溶蛋白和麦谷蛋白的水协同作用以及自身独特的粘弹性改善了面团强度,促使面条的网状结构更加牢固,不易发生断裂^[15]。另外由于谷朊粉蛋白质含量高,还含有少量淀粉、脂肪、无机物等,丰富了面条的口味层次,改善了口感^[16]。故根据综合评价,选取 5%、7%、9%的谷朊粉添加量进行优化。

2.1.4 煮制时间的选定

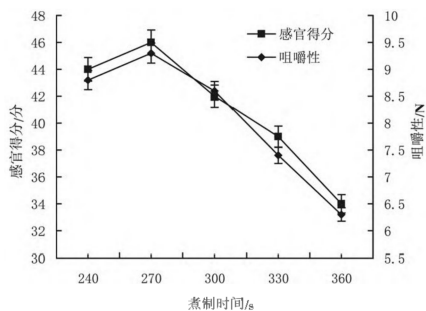


图 4 煮制时间对面条品质的影响

由图 4 可知,随着煮制时间的增长,亚麻籽面条感官得分和咀嚼性先升高后降低,当煮制时间为 270s 时所得感官得分值和咀嚼性最高,此时的面条煮制程度较为适中,韧性和黏性都较好。随着煮制时间增长,面条表面与水接触时间过长,致使面条表面粗糙,色泽变暗,硬度和韧性明显降低,嚼劲欠佳,黏性增大,综合口感变差。故根据综合评价,选取 240s、270s、300s 进行优化。

2.2 响应面结果与分析

2.2.1 响应面实验结果

以单因素实验结果为基本依据,以感官得分和咀嚼性的综合评价 (综合评价 $Y = \text{感官得分} \times 0.4 + \text{咀嚼性} \times 0.6$) 为响应值,设计 4 因素 3 水平的响应面分析实验。实验结果见表 3。

根据 Design-Expert 8.0 软件对表 3 中的实验结果数据进行拟合,得到方程为: $Y = 23.72 - 0.035A + 0.095B + 0.41C - 0.52D - 0.61AB - 0.39AC + 0.63AD + 0.17BC + 0.050BD + 0.20CD - 1.43A^2 - 0.56B^2 - 2.22C^2 - 1.23D^2$

2.2.2 方差分析

亚麻籽粉面条响应面实验方差分析见表 4。

表 3 响应面实验设计及结果

序号	A	B	C	D	综合评价
1	-1	-1	0	0	21.24
2	1	-1	0	0	22.16
3	-1	1	0	0	24.98
4	1	1	0	0	20.48
5	0	0	-1	-1	20.26
6	0	0	1	-1	20.78
7	0	0	-1	1	18.82
8	0	0	1	1	20.14
9	-1	0	0	-1	21.82
10	1	0	0	-1	20.90
11	-1	0	0	1	19.82
12	1	0	0	1	21.42
13	0	-1	-1	0	19.50
14	0	1	-1	0	20.14
15	0	-1	1	0	21.24
16	0	1	1	0	22.56
17	-1	0	-1	0	20.42
18	1	0	-1	0	20.94
19	-1	0	1	0	20.66
20	1	0	1	0	19.62
21	0	-1	0	-1	22.96
22	0	1	0	-1	22.92
23	0	-1	0	1	21.52
24	0	1	0	1	21.68
25	0	0	0	0	23.56
26	0	0	0	0	24.32
27	0	0	0	0	23.44
28	0	0	0	0	24.54
29	0	0	0	0	22.74

由表 4 实验方差分析可知,实验设计模型 $P < 0.01$,差异极显著,这表明面条综合评价与 4 个变量之间有良好的-一致性,并且失拟项 $P = 0.4516 > 0.05$,不显著,表明该方程具有显著意义,能充分反映实际情况。通过表 4 实验结果可以得出,D 对面条综合评价影响显著,而 A^2 、 C^2 、 D^2 对面条综合

表4 方差分析

数据	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	51.21	14	3.66	5.96	0.0010	**
A	0.015	1	0.015	0.024	0.8792	
B	0.11	1	0.11	0.18	0.6809	
C	2.02	1	2.02	3.29	0.0914	
D	3.24	1	3.24	5.29	0.0374	*
AB	1.46	1	1.46	2.38	0.1448	
AC	0.61	1	0.61	0.99	0.3364	
AD	1.59	1	1.59	2.59	0.1301	
BC	0.12	1	0.12	0.19	0.6710	
BD	1.000E-002	1	1.000E-002	0.016	0.9003	
CD	0.16	1	0.16	0.26	0.6177	
A ²	13.20	1	13.20	21.50	0.0004	**
B ²	2.05	1	2.05	3.33	0.0893	
C ²	32.09	1	32.09	52.26	<0.0001	**
D ²	9.80	1	9.80	15.96	0.0013	**
残差	8.60	14	0.61			
失拟	6.50	10	0.65	1.24	0.4516	
纯误差	2.10	4	0.52			
总和	59.80	28				

注:* 差异显著, $P < 0.05$; ** 差异极显著, $P < 0.01$

评价价值影响极显著,其他因素无显著影响。由 F 值可知,对面条综合评价价值的影响从大到小的因素依次为煮制时间、谷朥粉添加量、食盐添加量、亚麻籽粉添加量。

2.2.3 响应面分析

响应面 3D 曲线图见图 5-图 10。

结合表 4 和图 5-图 10, 脱毒亚麻籽粉添加量和谷朥粉添加量具有显著交互作用,其余则无显著交互作用。

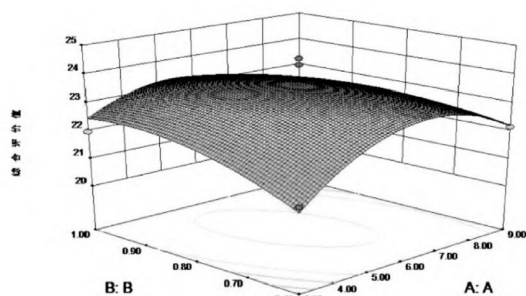


图5 亚麻籽粉添加量与食盐添加量对综合评价价值影响曲面图

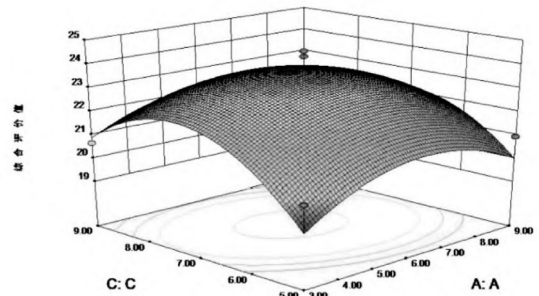


图6 亚麻籽粉添加量与谷朥粉添加量对综合评价价值影响曲面图

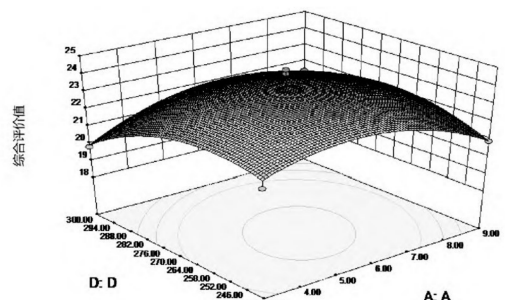


图7 亚麻籽粉添加量与煮制时间对综合评价价值影响曲面图

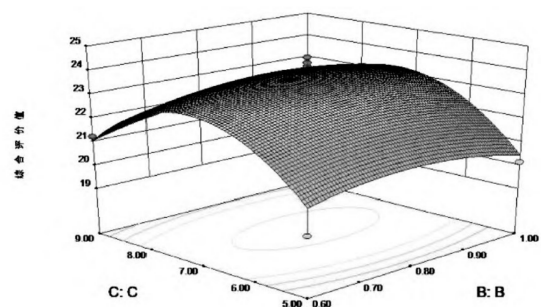


图8 食盐添加量与谷朥粉添加量对综合评价价值影响曲面图

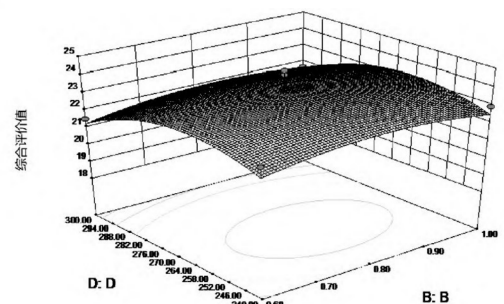


图9 食盐添加量与煮制时间对综合评价价值影响曲面图

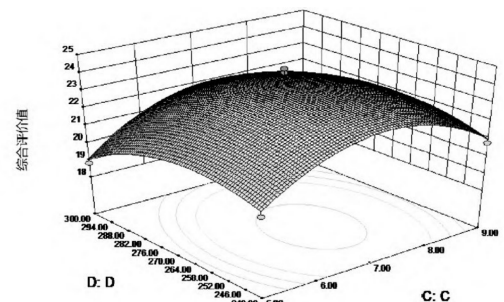


图10 谷朥粉添加量与煮制时间对综合评价价值影响曲面图

2.2.4 验证实验

利用 Design-Expert 8.0 软件进行相关分析,确定面条综合评价取得最高的最佳条件为:脱毒亚麻籽粉添加量 5.68%、食盐添加量 0.83%,谷朊粉添加量 7.19%,煮制时间 263.18s,在此条件下综合评价值为 23.88。考虑工业化流程和实际生产过程的限制修正实验条件为脱毒亚麻籽粉添加量 5.7%、食盐添加量 0.8%,谷朊粉添加量 7.2%,煮制时间 263s。基于此工艺条件进行 3 次验证实验,确定本工艺可靠性,得出综合评价值平均为 23.80,与预测值接近,证明实验结果具有可靠性。此时的面条光泽度好,表面略显淡黄色,亚麻籽分布均匀,有小麦和亚麻籽香味,口感好、韧性足。

3 结论与展望

通过以上实验结果可知:脱毒亚麻籽粉添加量 5.7%、食盐添加量 0.8%,谷朊粉添加量 7.2%,煮制时间 263s 为最佳条件,在此条件下综合评价值为 23.80。该方法相对于传统方法来说,改善了面条口感与口味,简化了制作工艺流程,有较好的应用前景,有进行规模化生产和市场推广的潜力。

参考文献:

- [1]王恒生,刁治民,陈克龙,等.胡麻经济价值、开发应用前景及在青海种植现状[J].安徽农业科学,2014,42(07):2093-2096.
- [2]刘婷婷,石少侠,段虎平,等.亚麻籽营养成分提取及其功能和应用研究进展[J].中国油脂,2020,045(03):90-97.
- [3]赵利,党占海,李毅,等.亚麻籽的保健功能和开发利用[J].中国油脂,2016,31(03):71-74.
- [4]曹伟伟,黄庆德,邓乾春.亚麻籽粉食品的开发利用研究进展[J].食品研究与开发,2017,38(07):200-205.
- [5]史湘铃,孙桂菊.亚麻籽调节糖脂代谢作用的研究进展[J].食品科学,2020,33(13):242-248.
- [6]Fu B X. Asian noodles:History,classification,raw materials and processing[J]. Food Research International, 2007, 41(09): 888-902.
- [7]冯一丹,刘香英,康立宁,等.马铃薯面条配方的响应面法优化[J].粮食与油脂,2019,32(09):30-34.
- [8]范会平,李菲菲,符锋,等.紫薯全粉面条的制备及其品质影响研究[J].现代食品科技,2019,35(05):151-159.
- [9]肖猛,丁捷,赵雪梅,等.基于响应面和主成分分析的速冻微波青裸鱼面品质改良[J].江苏农业学报,2018,34(06):175-182.
- [10]寇兴凯,杜方岭,贾敏,等.主料成分对低蛋白高粱面条品质的影响研究[J].粮食与油脂,2016,29(10):41-46.
- [11]刘义军,魏晓奕,王飞,等.含氰糖苷类作物脱毒技术及其检测方法的研究进展[J].食品工业科技,2013,34(12):357-360.
- [12]甄佳美,刘通,彭杉,高宇航.响应面法优化姬松茸面条生产工艺[J].农产品加工,2017(06):26-30.
- [13]张笑笑,李瑜,张利革.菠菜营养面条工艺研究[J].粮食加工,2017,42(01):62-65.
- [14]张笑笑,李瑜.响应面法优化马铃薯泥面条工艺配方[J].包装方式与食品机械,2016,34(03):20-24.
- [15]葛珍珍,张圆圆,陈淑慧,等.谷朊粉对面条质构及微观结构的影响[J].食品科技,2019,44(09):160-165.
- [16]崔晚晚,李利民,郑学玲,等.不同种类谷朊粉对新鲜面条品质的影响[J].粮食与油脂,2018,31(12):43-49.