

超微绿茶粉对面条品质特性的影响及 绿茶面条配方优化

Effects of ultra-fine green tea powder on noodle quality and optimization of green tea noodle formula

蔡茜茜¹ 陈旭¹ 陈选¹

CAI Xi-xi¹ CHEN Xu¹ CHEN Xuan¹

陈梦诗¹ 高学玲² 汪少芸¹

CHEN Meng-shi¹ GAO Xue-ling² WANG Shao-yun¹

(1. 福州大学生物科学与工程学院, 福建 福州 350108;

2. 安徽农业大学茶叶生物学与资源利用国家重点实验室, 安徽 合肥 230036)

(1. College of Biological Science and Engineering, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350108, China;

2. State Key Laboratory of Tea Plant Biology and Utilization, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China)

摘要:目的: 开发一种超微粉化绿茶生鲜面条。方法: 综合分析添加超微绿茶粉对面条的质构特性、水分迁移情况、感官风味的影响, 并通过响应面设计优化超微绿茶面条配方。结果: 添加 2%~4% 的超微绿茶粉可改善面条的硬度、咀嚼性、拉断力等质构特性和感官特性; 超微绿茶粉面条的最佳配方为 4.0% 超微绿茶粉添加量、1.9% 氯化钠添加量、0.2% 海藻酸钠添加量和 38.0% 加水量, 该条件下绿茶面条咀嚼性为 0.359 8 N。结论: 利用超微绿茶粉可研制出高端健康的高膳食纤维绿茶面条。

关键词: 超微化; 绿茶; 面条; 配方; 品质特性

Abstract: Objective: The study aimed to explore the effect of ultra-fine green-tea powder on the quality of noodles, and develop a kind of noodles rich in superfine powder of green tea. **Methods:** The effects of ultra-fine green tea powder on the texture characteristics, water migration and sensory flavor of noodles were comprehensively analyzed, and the formula of ultra-fine green tea noodles was optimized by response surface design. **Results:** The addition of ultra-fine green-tea powder had adverse effect on the cooking characteristics of noodles. Adding 2%~4% superfine

green tea powder could improve the sensory and texture properties of noodles, including hardness, chewability and breaking force. The best formula of green-tea noodles was 4.0% ultra-fine green-tea powder, 1.9% sodium chloride, 0.2% sodium alginate, and 38.0% water addition. Under the control of these conditions, the chewiness of green-tea noodles is 0.359 8 N. **Conclusion:** The green-tea noodles developed with ultra-fine green-tea powder had excellent texture characteristics and sensory flavor, which could provide a scientific basis for the industrial development of high-end healthy noodles with high dietary fiber.

Keywords: ultra-fine; green tea; noodles; recipe; quality characteristic

绿茶属于非发酵茶类, 较好地保留了茶鲜叶中的大部分天然物质, 化学成分多达 500 余种, 其中维生素、嘌呤生物碱类、酚类及其衍生物、蛋白质、矿物质和多糖是其主要的功能性成分^[1]。多项研究^[2-4]表明, 绿茶具有抗氧化、抗菌、抗癌等多种药理功能。面条是亚洲国家最重要的传统主食之一, 其生产和食用历史已有 4 000 多年^[5]。近几十年来中国国内面条的产量激增, 但是高端面条发展缓慢, 使得国内面条产业进入高产低质的瓶颈阶段。绿茶的色泽鲜绿并富含膳食纤维, 常被作为食品添加剂用于给食品增色以及改善食品营养结构^[6]。研究^[7]表明, 绿茶及绿茶提取物能赋予面条鲜艳的色泽、提高面条的营养成分。茶提取物中富含的多酚类物质, 使得面条具有一定的抗菌、

基金项目: 国家重点研发计划项目 (编号: 2016YFD0400202-7); 福建省区域发展重大项目 (编号: 2014N3005, 2016N3016)

作者简介: 蔡茜茜, 女, 福州大学讲师, 硕士生导师, 博士。

通信作者: 汪少芸 (1970—), 女, 福州大学教授, 博士。

E-mail: shywang@fzu.edu.cn

收稿日期: 2021-06-07

抗氧化性,可延长面条保质期^[8]。但绿茶及提取物成本相对较高,且易发生氧化而改变茶提取物的色泽和风味^[6]。超微粉碎技术作为一项新兴技术,有利于食品资源的充分利用,赋予产品细腻口感,增强天然植物有效成分(特别是高纤维和高硬度食物),提高其在动物体内的吸收和生物利用率^[9-10]。以低值绿茶为原料,通过超微粉碎技术可保留绿茶全成分^[11],实现对绿茶的食用从“饮茶”向“吃茶”转变。目前,已有研究^[12-14]将超微绿茶粉添加到面粉中生产绿茶面条,具有良好的色泽与感官品质,然而报道中对绿茶面条的品质评价多采用感官评定,而较缺少超微绿茶粉对面条咀嚼性、拉断力等质构特性影响的综合分析。研究拟以前期制备的具备强抗氧化活性、高水溶性和分散稳定性的超微绿茶粉^[11]为原料,探究超微绿茶粉对面条的质构特性和色泽风味的影响,优化超微绿茶面条制备工艺,旨在为低值绿茶的全值化利用和富含功效成分高端面条的研发提供思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

超微绿茶粉:福建隽永天香茶叶有限公司;

中筋面粉:市售;

海藻酸钠和氯化钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

质构仪:TA.XT Plus 型,英国 Stable Micro Systems 公司;

低场核磁共振仪:NMI20-Analyst 型,23 MHz,0.56 T,上海纽迈电子科技有限公司;

和面机:YM-H30 型,上海研麦食品机械有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 面条的制作工艺 超微绿茶粉按固液比 1:3 (g/mL)加入水调和成绿茶膏,取适量面粉、绿茶膏、氯化钠、海藻酸钠和蒸馏水放入和面机中,以 190 r/min 的转速和面 10 min,制成面团。将和均匀的面团用保鲜膜包裹好,放入自封袋中于室温下熟化 40 min。将熟化后的面团于面条机上分别用 1 档(轨距 1.2 mm)反复折叠压片 6 次,2 档(轨距 1.1 mm)压片一次,3 档(轨距 1.0 mm)压片一次,4 档(轨距 0.9 mm)压片两次。压成 0.9 mm 面皮,将面皮切成 2 mm 宽的面条^[15]。

1.3.2 超微绿茶粉添加对面条品质的影响 在水、氯化钠和海藻酸钠添加量(质量分数)分别为 40%,1%,

0.05%基础上,研究超微绿茶粉添加量(质量分数分别为 0%,2%,4%,6%,8%)对面条品质的影响。

1.3.3 面条吸水率测定 在搪瓷杯中加入约 200 mL 水,于电磁炉上煮至沸腾,加入 15 根长度约 20 cm 的面条,煮制 10 min,测定面条蒸煮前后的重量,按式(1)计算面条干物质吸水率。

$$W = \frac{m_1 - m_0 \times (1 - w_0)}{m_0 \times (1 - w_0)} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

W ——吸水率,%;

m_0 ——煮前面条的质量,g;

m_1 ——煮后面条的质量,g;

w_0 ——煮前面条含水量,%。

1.3.4 面条蒸煮损失率测定 在搪瓷杯中加入约 200 mL 水,于电磁炉上煮至沸腾,加入 15 根长度约 20 cm 的面条,煮制 10 min。捞出面条,面汤在常温下冷却后,定容至 500 mL。取 50 mL 面汤于烧杯中,在电炉上加热,重复此步骤 4 次。将烧杯内残留物烘干至恒重,按式(2)计算面条的干物质损失率。

$$L = \frac{2.5M}{m_0 - (1 - w_0)} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

L ——蒸煮损失率,%;

M ——200 mL 面汤干重,g;

m_0 ——煮前面条的质量,g;

w_0 ——煮前面条含水量,%。

1.3.5 面条质构特性测定 将煮熟的面条过冰水冷却,沥干后立即使用质构仪分别进行拉伸、剪切和 TPA 测试,拉伸测试:A/LKB 探头,Tension 模式,测前速率为 2 mm/s,测试速率为 1 mm/s,测试后速率为 10 mm/s,距离为 100 mm,起始间距为 45 mm;剪切测试:轻型刀片,Measure Force in Compression 模式,测前速率为 2 mm/s,测试速率为 0.8 mm/s,测试后速率为 10 mm/s,应变为 90%,触发力为 5 g;TPA 测试:P50 探头,测前速率为 2 mm/s,测试速率为 0.8 mm/s,测试后速率为 10 mm/s,压缩率为 75%,触发力为 5 g。

1.3.6 面条感官特性测定 挑选 10 名经过培训的品评员组成感官评定小组,对不同组别的面条进行感官评定。采用 9 点喜好标度法对样品的生面色泽与熟制面条的色泽、弹性、咀嚼性、风味和总体可接受度 6 项指标进行打分,结果取平均值作为该样品的最终得分。

表 1 感官评定分值表

Table 1 The value of sensory evaluation

分值	9	8	7	6	5	4	3	2	1
评价	非常喜欢	很喜欢	一般喜欢	有点喜欢	无感	有点不喜欢	一般不喜欢	很不喜欢	非常不喜欢

1.3.7 面条水分分布测定 称取 2.5 g 样品放入口径 18 mm 的核磁管中,并置于 NMR 探头中。通过 CPMG 序列测试横向弛豫时间 T_2 ,扫描参数:SW 为 200 kHz, RFD 为 0.110 ms, TW 为 1 000.000 ms, RG1 为 20.0 db, P90 为 18 μ s, P180 为 36 μ s, TD 为 414 098, DRG1 为 3, DR 为 1, NS 为 8, NECH 为 2 000。试验取 3 份平行,每份平行测 3 次。

1.3.8 绿茶面条配方的单因素试验

(1) 氯化钠添加量:固定超微绿茶粉、加水量和海藻酸钠的质量分数分别为 4%, 40%, 0.05%, 研究氯化钠添加量(质量分数分别为 0%, 1%, 2%, 3%, 4%)对绿茶面条的质构测定指标的影响。

(2) 加水量:固定超微绿茶粉、氯化钠和海藻酸钠的质量分数分别为 4%, 1%, 0.05%, 研究加水量(质量分数分别为 34%, 36%, 38%, 40%, 42%)对绿茶面条的质构测定指标的影响。

(3) 海藻酸钠添加量:固定超微绿茶粉、加水量和氯化钠的质量分数分别为 4%, 40%, 1%, 研究海藻酸钠添加量(质量分数分别为 0.05%, 0.01%, 0.15%, 0.20%, 0.25%)对绿茶面条的质构测定指标的影响。

1.3.9 绿茶面条配方的响应面优化试验 在单因素试验基础上,利用 Design-Expert 8.0 软件,采用 Box-Behnken 试验设计,以面条咀嚼性为响应值对氯化钠添加量、海藻酸钠添加量和加水量进行配方优化。

1.4 统计分析

采用 SPSS 19.0 进行方差分析,显著性检验方法为 Duncan,检测限为 0.05;采用 Design-Expert 8.0 进行响应面试验设计和结果分析。

2 结果与讨论

2.1 超微绿茶粉添加对面条品质的影响

2.1.1 蒸煮特性 由图 1 可知,随着超微绿茶粉添加量的增加,面条吸水率下降,同时蒸煮损失率上升,在绿茶添加量为 4% 时,面条吸水率下降不明显,与未添加绿茶面条的吸水率相比仅下降了 3.5%。继续添加超微绿茶粉,面条吸水率大幅度下降。这可能是由于超微绿茶粉中富含纤维素等物质,添加超微绿茶粉会弱化面条中的面筋网络结构,同时纤维素也具有较强的吸水能力,因此在绿茶添加量 $\leq 4\%$ 时,面条吸水率下降不明显。但随着绿茶添加量的进一步增加,面条中的面筋网络结构更加松散,面筋在数量上被稀释,造成面条吸水率大量下降。造成面条蒸煮过程中包裹在面筋网络中的淀粉颗粒、绿茶颗粒及其他物质更容易暴露并流失。

2.1.2 质构特性 由图 2 可知,面条的硬度和拉伸力随超微绿茶粉的添加而上升,黏度、胶着性、咀嚼性和剪切力都随绿茶粉添加量的增加呈先升后降的趋势。这是因

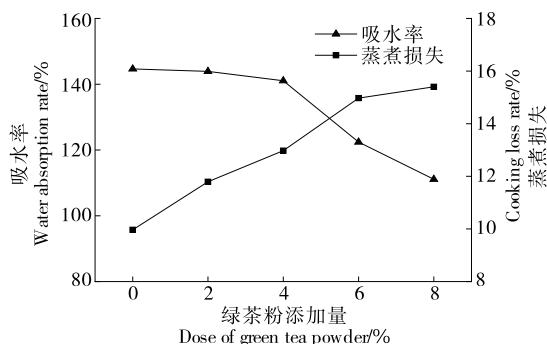


图 1 超微绿茶粉添加对面条蒸煮特性的影响

Figure 1 The influence of green tea powder on the cooking quality of noodles

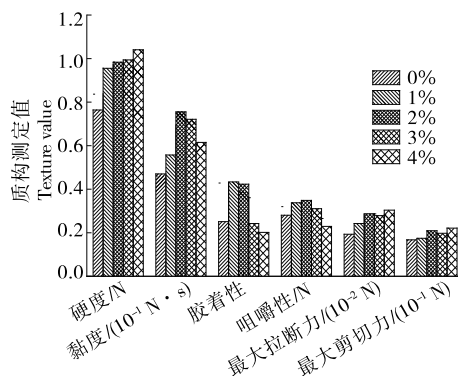


图 2 超微绿茶粉添加对面条质构特性的影响

Figure 2 The influence of green tea powder on the texture profile analysis of noodles

为随绿茶粉添加面团的流变学性质(形成时间和稳定时间)会呈先上升后下降的趋势。在绿茶粉添加量 $\leq 4\%$ 时绿茶面条的黏度、咀嚼性、胶着性随绿茶添加量增加而增强,因为绿茶中含有 20% 左右的蛋白质,其中约 80% 为谷蛋白,在面团搅拌过程中与面筋蛋白结合,同时绿茶中的茶多酚、多糖等成分也能够与面筋蛋白结合,增大面筋强度。当超微绿茶粉添加量超过 4% 后,绿茶与面筋结合成分达到饱和,多余的成分反而会使面筋蛋白被稀释,致使面筋网络结构变得松散。

2.1.3 感官特性 超微绿茶粉添加量对面条感官风味的影响结果如图 3 所示。风味方面,感官评定的分数随绿茶添加量的增加呈先升后降的趋势,这是因为适量添加超微绿茶粉可以增加面条中的茶香,改善面条风味,当绿茶添加量为 6% 和 8% 时面条会产生苦涩味,不利于风味的改善。色泽方面,加入超微绿茶粉后,评分下降,而且生面的色泽分数下降得比熟面的更为明显。特别是当绿茶添加量达到 8% 时,绿茶面条色泽让人难以接受。咀嚼性和硬度方面的分数差异不大,其整体趋势与质构分析的结果相近。此外,在生面的制作过程中,适当添加超微绿茶粉能够一定程度地改善面条的口感。总体可接受程度方面,未添加超微绿茶粉的面条分数最高,添加 4%

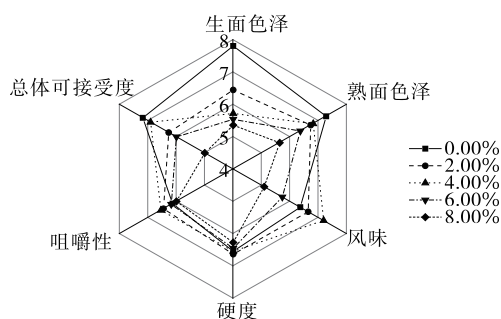
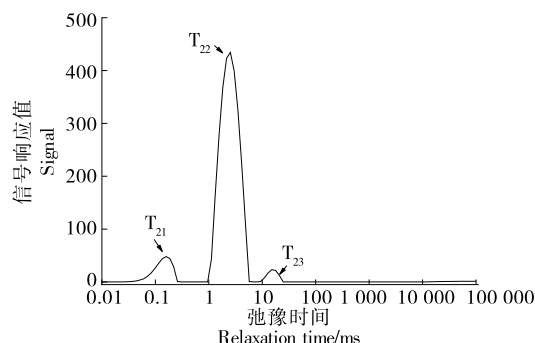
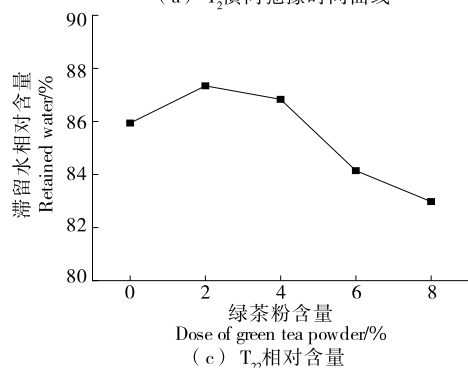
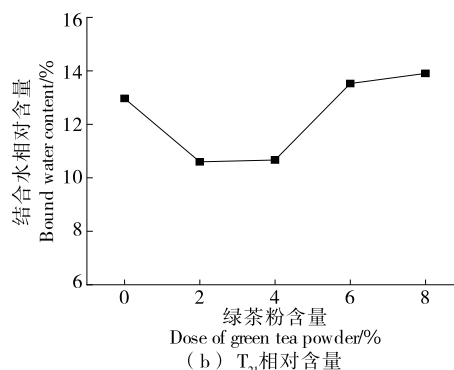
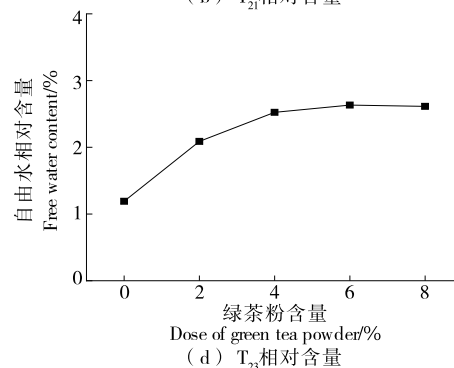


图 3 绿茶面条的感官评定

Figure 3 Sensory properties of green tea noodles

(a) T_2 横向弛豫时间曲线(c) T_{22} 相对含量(b) T_{21} 相对含量(d) T_{23} 相对含量图 4 绿茶添加对面条水分弛豫时间 T_2 影响Figure 4 The influence of green tea powder on the relaxation times T_2 of noodles

重上升。当绿茶粉添加超过 4% 后,面筋网络结构被破坏,与面筋蛋白结合的水分一部分被绿茶亲水成分结合 T_{22} 转化成 T_{21} ,另一部分转化为自由水,因此 T_{22} 比重下降, T_{21} 与 T_{23} 升高。

试验结果表明添加超微绿茶粉会提高面条的蒸煮损失率,然而,添加 2%~4% 的绿茶粉可改善面条的质构特性和感官特性,且绿茶成分的添加会促使面条中水分的重新分布。结合质构特性与感官特性的试验结果确定绿茶面条中超微绿茶粉的最佳添加量为 4%。

2.2 绿茶面条配方的单因素试验

2.2.1 NaCl 添加对绿茶面条品质的影响 由图 5 可知,随着 NaCl 添加量不断增大,绿茶面条的硬度、黏度、胶着性、咀嚼性、最大拉断力和最大剪切力均呈先增大后减小

绿茶的面条次之,且二者差异不大。

2.1.4 超微绿茶粉添加对面条水分分布的影响 T_{21} 表示深层结合水,主要是与面筋蛋白紧密结合的水; T_{22} 表示滞留水,流动性介于深层结合水和自由水之间,此部分水结合于蛋白质、淀粉等大分子之间; T_{23} 表示自由水,流动性最强。由图 4 可知,加入超微绿茶粉后绿茶中的亲水成分与面筋蛋白互相争夺水分子致使面条中的水分重新分布,随着绿茶成分的添加, T_{21} 先减少后增加, T_{22} 先增加后减少,而 T_{23} 逐渐上升。说明在争夺水分子的过程中,绿茶粉与面筋蛋白弱化了强结合水与对方的结合能力。因此在绿茶粉添加量为 2% 时, T_{21} 比重下降, T_{22} 比

的趋势,在 NaCl 添加量为 2% 时测定结果最佳。NaCl 主要通过自身的离子强度影响面条中的水分分布,从而影响面条的品质。当添加适量 NaCl 时,NaCl 溶液通过自身的渗透作用,加速面筋网络的形成,同时少量的盐离子能够完善面筋网络,增大面筋强度,提高面团质量。当 NaCl 过量添加时,NaCl 会阻碍面筋蛋白水化,使面筋蛋白持水力下降,结构松散因此各项指标发生下降。综上,选取 NaCl 添加量为 1%,2%,3% 作为响应面试验水平。

2.2.2 加水量对绿茶面条品质的影响 由图 6 可以看出,随着水分添加量不断增加,绿茶面条硬度、胶着性、咀嚼性、最大拉断力等均呈先增大后减小的趋势,黏度先降低后增加,最大剪切力无规则变化。综合以上指标,在加水量为 38% 时测定结果最佳。综上,选取加水量为 36%,

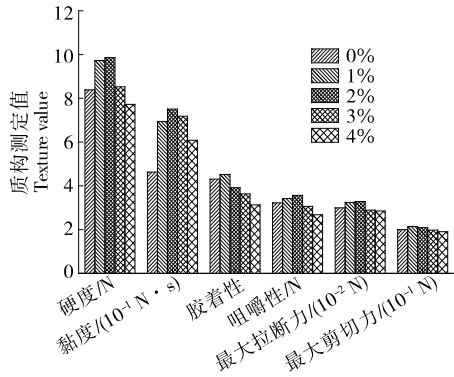


图 5 NaCl 添加对面条质构特性的影响
Figure 5 The influence of NaCl on the texture profile analysis of noodles

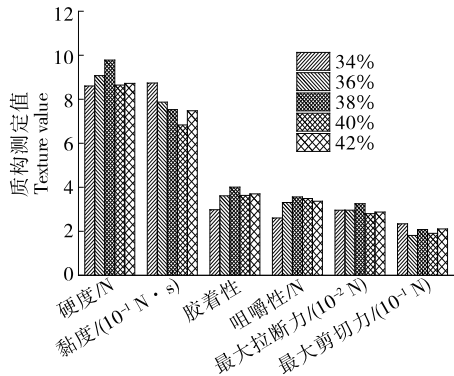


图 6 加水量对面条质构特性的影响
Figure 6 The influence of water on the texture profile analysis of noodles

38%, 40% 作为响应面试验水平。

2.2.3 海藻酸钠添加对绿茶面条品质的影响 由图 7 可以看出,海藻酸钠对面条品质改善效果显著。随着海藻酸钠添加量不断增大,绿茶面条各项质构指标均呈先增大后减小的趋势,在海藻酸钠添加量为 0.20% 时测定结果最佳。这是因为海藻酸钠作为亲水胶加入面粉中,增加面团吸水率,海藻酸钠形成三维网络结构,与面筋蛋白

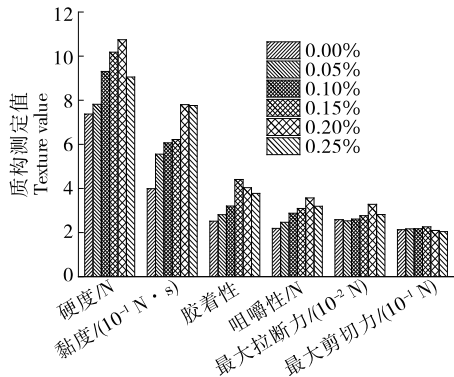


图 7 海藻酸钠添加量对面条质构特性的影响
Figure 7 The influence of sodium alginate on the texture profile analysis of noodles

结合强化面筋结构提升面条质构特性。过量添加,造成海藻酸钠与面筋蛋白争夺水分,形成空间阻碍,在相同的时间里面筋网络没有完全形成,导致面条质构特性下降。综上,选取海藻酸钠添加量为 0.15%, 0.20%, 0.25% 作为响应面试验水平。

2.3 绿茶面条配方的响应面优化试验

根据单因素试验结果确定的氯化钠添加量、海藻酸钠添加量和加水量试验水平见表 2。为获得最优绿茶面条口感,选择咀嚼性为响应值进行配方优化。咀嚼性是一个与食物硬度、黏度等质构指标密切相关的综合性指标,其直接关系到食物口感。用 Design-Expert 8.0 软件进行试验设计,试验设计与结果见表 3。对表中的咀嚼性进行多元回归拟合,以绿茶面条咀嚼性为 Y 值,得到氯化钠添加量、海藻酸钠添加量和加水量的三元二次回归方程为:

$$Y = -11.7907 + 0.1765A + 9.5954B + 0.5833C - 0.2740AB - 0.0002AC - 0.1262BC - 0.0388A^2 - 11.1430B^2 - 7.3644C^2 \quad (3)$$

对模型进行方差分析,其结果如表 4 所示。结果表

表 2 Box-Behnken 试验因素水平编码表

Table 2 Coded levels and factors of Box-Behnken design

编码	A 氯化钠添加量/%	B 海藻酸钠添加量/%	C 加水量/%
-1	1	0.15	36
0	2	0.20	38
1	3	0.25	40

表 3 响应面优化试验结果

Table 3 Response surface methodology and results

试验号	A	B	C	咀嚼性/N
1	0	0	0	0.3576
2	0	0	0	0.3679
3	-1	0	-1	0.3079
4	0	-1	1	0.3148
5	0	0	0	0.3509
6	1	-1	0	0.3129
7	-1	0	1	0.3052
8	1	0	1	0.2848
9	0	-1	-1	0.3027
10	1	1	0	0.2619
11	0	1	1	0.2717
12	-1	-1	0	0.3075
13	0	0	0	0.3617
14	1	0	-1	0.2893
15	0	1	-1	0.3101
16	0	0	0	0.3476
17	-1	1	0	0.3113

明,该模型回归极显著($P<0.01$),失拟项不显著,说明回归方程中的各变量与响应值之间的关系是显著的;该模型 $R^2=0.979\ 0$, $R^2_{\text{Adj}}=0.952\ 0$, 变异系数(CV% 值为 2.18%)较低,说明该模型的拟合度及可靠性较好。此外,方程的一次项 A(NaCl 添加量)、B(海藻酸钠添加量)和交互项 AB、BC 对响应值的影响极显著,二次项 A^2 、 B^2 、 C^2 对响应值影响极显著,说明各变量对响应值的影响不是简单的线性关系。

根据回归方程利用 Design-Expert 8.0 软件绘制交互项响应曲面图如图 8 所示。交互项 AB 对咀嚼性的影响随 NaCl、海藻酸钠的添加先上升后下降,见图 8(a)。交互项 BC 对咀嚼性的影响随海藻酸钠添加量、加水量的增加先上升后下降,见图 8(b)。从图 8 中的等高线形状可以看出,交互项 AB 和 BC 对咀嚼性的影响极显著($P<0.01$),而交互项 AC 响应曲面的等高线接近圆形,说明该交互项影响不显著。

表 4 模型回归方程方差分析[†]

Table 4 Analysis results of variance in regression

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	1.55E-02	9	1.72E-03	36.24	<0.000 1	* *
A	8.61E-04	1	8.61E-04	18.16	0.003 7	* *
B	8.59E-04	1	8.59E-04	18.11	0.003 8	* *
C	1.40E-04	1	1.40E-04	2.96	0.129 1	
AB	7.51E-04	1	7.51E-04	15.83	0.005 3	* *
AC	8.10E-07	1	8.10E-07	0.02	0.899 7	
BC	6.38E-04	1	6.38E-04	13.44	0.008 0	* *
A^2	4.02E-03	1	4.02E-03	84.67	<0.000 1	* *
B^2	3.27E-03	1	3.27E-03	68.90	<0.000 1	* *
C^2	3.65E-03	1	3.65E-03	77.04	<0.000 1	* *
残差	3.32E-04	7	4.74E-05			
失拟	6.53E-05	3	2.18E-05	0.33	0.807 8	不显著
净误差	2.67E-04	4	6.67E-05			
总和	1.58E-02	16				

[†] * * 代表差异极显著, $P<0.01$; * 代表差异显著, $P<0.05$ 。 $R^2=0.979\ 0$, $R^2_{\text{Adj}}=0.952\ 0$, CV%=2.18%。

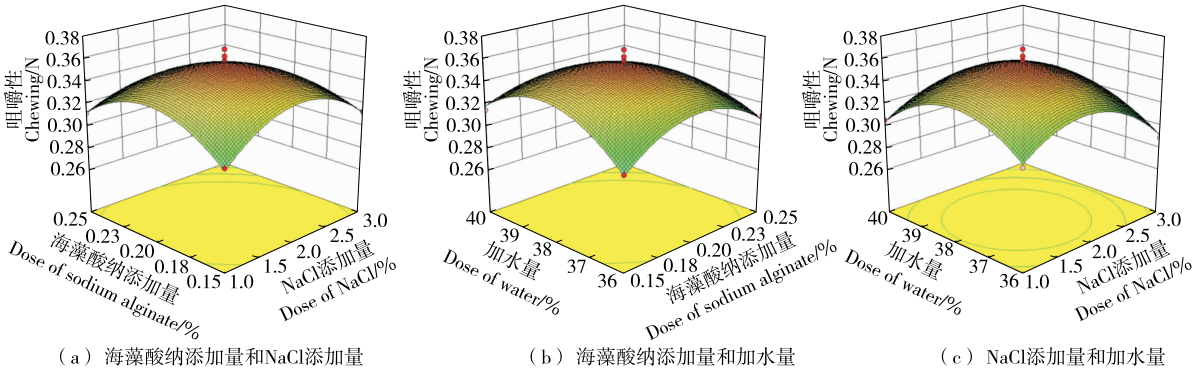


图 8 各因素交互作用对面条咀嚼性的影响

Figure 8 The influences of interaction of various factors on chewing of noodles

利用 Design-Expert 8.0 软件解模型方程(3),得咀嚼性最大预测值为 0.358 7 N,此时,NaCl 添加量 1.86%、海藻酸钠添加量 0.19%、加水量 37.92%。为方便验证,取各参数近似值 1.9% NaCl 添加量、0.2%海藻酸钠添加量和 38.0%加水量,经 3 次平行验证实验,得到绿茶面条的咀嚼性平均值为 0.359 8 N,与预测值相符,说明该模型可行。

3 结论

试验探究了超微绿茶粉对面条品质特性的影响并对绿茶面条进行配方优化。研究表明,添加 4%的超微绿茶粉可有效提高面条质构特性,并赋予面条茶香,改善风味。以面粉 100%为基数,绿茶面条的最优配方为:超微绿茶粉添加量 4%、氯化钠添加量 1.9%、海藻酸钠添加量 0.2%、加水量 38%,该条件下面条咀嚼性为 0.359 8 N,质

构特性和感官风味俱佳。后续可进一步根据超微绿茶粉的高膳食纤维和抗氧化性对绿茶面条的保健功能进行探究,以期为进一步利用绿茶及开发高端面条提供科学依据。

参考文献

- [1] GUO S, KUMAR A M, WANG Yue-fei, et al. Current understanding in conversion and application of tea waste biomass: A review[J]. Bioresource Technology, 2021, 338: 125530.
- [2] LU Xin-shan, ZHAO Yan, SUN Yan-fei, et al. Characterisation of polysaccharides from green tea of Huangshan Maofeng with antioxidant and hepatoprotective effects[J]. Food Chemistry, 2013, 141(4): 3 415-3 423.
- [3] SUN Yue, WANG Yu-wan, SONG Peng-peng, et al. Anti-obesity effects of instant fermented teas in vitro and in mice with high-fat-diet-induced obesity[J]. Food & Function, 2019, 10(6): 3 502-3 513.
- [4] ZHAO Li-na, WANG Shao-yun, HUANG Yi-fan. Antioxidant function of tea dregs protein hydrolysates in liposome-meat system and its possible action mechanism[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2014, 49(10): 2 299-2 306.
- [5] LIANG Ying, QU Zhuo-ting, LIU Mei, et al. Further interpretation of the strengthening effect of curd on frozen cooked noodles quality during frozen storage: Studies on water state and properties[J]. Food Chemistry, 2021, 346: 128908.
- [6] 管馨馨, 董伟峰, 李慧娟, 等. 绿茶色素提取及其稳定性研究[J]. 食品工业, 2017, 38(2): 100-102.
- GUAN Qing-xin, DONG Wei-feng, LI Hui-juan, et al. Extraction and stability of pigment from green tea[J]. Food Industry, 2017, 38(2): 100-102.
- [7] 徐国良. 绿茶生鲜面的品质调控研究[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(8): 19-22.
- XU Guo-liang. Studies on quality control of superfine green tea powder fresh noodles[J]. Food Research and Development, 2014, 35(8): 19-22.
- [8] 张家辉, 李曼, 朱科学, 等. 超微绿茶粉生鲜面的研制及特性研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(9): 164-166.
- ZHANG Jia-hui, LI Man, ZHU Ke-xue, et al. Study on the preparation and properties of superfine green tea powder fresh noodles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2011, 32(9): 164-166.
- [9] 秦琴, 王禹峰. 超细粉体制备工艺的研究现状[J]. 热加工工艺, 2018, 47(4): 47-50.
- QIN Qin, WANG Yu-feng. Research status of preparation technology of ultrafine powder[J]. Hot Working Technology, 2018, 47(4): 47-50.
- [10] 唐璇, 李东, 雷雨, 等. 抹茶超微粉碎技术研究进展[J]. 食品工业, 2021, 42(8): 222-226.
- TANG Xuan, LI Dong, LEI Yu, et al. Research progress of matcha ultrafine pulverization technology[J]. Food Industry, 2021, 42(8): 222-226.
- [11] 陈梦诗, 蔡茜茜, 赵立娜, 等. 微粉化处理对绿茶物理特性及抗氧化性的影响[J]. 中国食品学报, 2018, 18(11): 126-132.
- CHEN Meng-shi, CAI Xi-xi, ZHAO Li-na, et al. Effect of superfine green tea powder on physical characteristics and antioxidant activity[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(11): 126-132.
- [12] 袁地顺. 超微茶粉在面条上的应用研究[J]. 福建茶叶, 2003(1): 10-11.
- YUAN Di-shun. Study on the application of superfine tea powder in noodles[J]. Fujian Chaye, 2003(1): 10-11.
- [13] 于克学, 孙建霞, 白卫滨, 等. 超微茶粉面条的研制[J]. 食品科技, 2008(6): 121-123.
- YU Ke-xue, SUN Jian-xia, BAI Wei-bin, et al. Study on ultramicro green tea powder noodle [J]. Food Science and Technology, 2008(6): 121-123.
- [14] 韦玲冬, 易霞, 邹溪, 等. 绿茶面条的制作及其微观结构与茶多酚含量的变化[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(10): 135-139.
- WEI Xue-ling, YI Xia, ZHOU Xi, et al. Preparation, microstructure and tea polyphenols content variation of green tea noodles [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2020, 48(10): 135-139.
- [15] HONG Ting-ting, MA Yue, YUAN Yi-rong, et al. Understanding the influence of pullulan on the quality changes, water mobility, structural properties and thermal properties of frozen cooked noodles[J]. Food Chemistry, 2021, 365: 130512.

(上接第 138 页)

- [14] 汪天宇, 曹成茂, 谢承健, 等. 基于模糊聚类算法的山核桃壳仁分选系统设计[J]. 食品与机械, 2018, 34(6): 110-114, 157.
- WANG Tian-yu, CAO Cheng-mao, XIE Cheng-jian, et al. Design of hickory nuts shell and kernel sorting system based on fuzzy clustering algorithm[J]. Food & Machinery, 2018, 34(6): 110-114, 157.
- [15] 杨明欣, 张耀光, 刘涛. 基于卷积神经网络的玉米病害小样本识别研究[J]. 中国生态农业学报, 2020, 28(12): 1 924-1 931.
- YANG Ming-xin, ZHANG Yao-guang, LIU Tao. Corn disease recognition based on the Convolutional Neural Network with a small sampling size[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2020, 28(12): 1 924-1 931.
- [16] LECUN Y, BENGIO Y, HINTON G. Deep learning[J]. Nature, 2015, 521(7 553): 436.
- [17] GHAZI M M, YANIKOGLU B, APTOULA E. Plant identification using deep neural networks via optimization of transfer learning parameters[J]. Neurocomputing, 2017, 235: 228-235.
- [18] INKYU S, ZONGYUAN G, FERAS D, et al. Deep fruits: A fruit detection system using deep neural networks[J]. Sensors, 2016, 16(8): 1 222.
- [19] DYRMANN M, KARSTOFT H, MIDTIBY H S. Plant species classification using deep convolutional neural network[J]. Biosystems Engineering, 2016, 151: 72-80.
- [20] IOFFE S, SZEGEDY C. Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift[C]// International Conference on Machine Learning. [S.l.]: PMLR, 2015: 448-456.