

抹茶味面筋蛋白基口香糖的研制

曾 荣, 何伟俊, 林燕丹, 白永亮*

(佛山科学技术学院食品科学与工程学院, 广东 佛山 528200)

摘 要:以小麦面筋为胶基原料,以水、甘油、复合甜味剂(山梨醇和麦芽糖醇)以及抹茶4种辅料研制抹茶味面筋蛋白基口香糖。通过单因素试验确定水、甘油、复合甜味剂(山梨醇和麦芽糖醇)以及抹茶4种辅料的合适用量,再选取用水量、甘油用量、山梨醇和麦芽糖醇比例3个因素进行均匀试验以优化配方。通过感官评定确定抹茶味面筋蛋白基口香糖的最佳配方,并制作相关的产品,最后进行质构分析评判产品性能。感官评定结果表明,口香糖的最佳配方为:小麦面筋蛋白10 g,薄荷冰0.02 g, β -环糊精0.8 g,抹茶0.2 g,水11 g,甘油1.2 g,山梨醇和麦芽糖醇各为2.5 g。对口香糖的质构测定结果进行回归和相关性分析,表明测定结果能较好地预测口香糖的硬度、弹性、黏聚性和咀嚼性,但口香糖的硬度、弹性、黏聚性与辅料之间(除加水量与硬度、咀嚼性、黏聚性3个因素之间)相关性不显著。

关键词:小麦面筋;口香糖;感官评定;质构测定;回归分析

Development of Matcha Flavored Gluten-Based Chewing Gum

ZENG Rong, HE Wei-jun, LIN Yan-dan, BAI Yong-liang*

(School of Food Science and Engineering, Foshan University, Foshan 528200, China)

Abstract: In this experiment, wheat gluten was used as the base material for the preparation of matcha-flavored gluten-based chewing gum with water, glycerin, complex sweeteners (sorbitol and maltitol) and matcha powder. The suitable dosages of water, glycerin, complex sweeteners (sorbitol and maltitol) and matcha powder were firstly determined by single factor test, then the three factors contained the dosage of water, glycerin and the ratio of sorbitol to maltitol were selected to optimize the formula using uniform design. The chewing gum products were prepared based on the optimal formula determined by sensory evaluation, and the properties of the products were measured by texture analysis. The results of sensory evaluation showed that the optimal formula of chewing gum was as followed: wheat gluten 10 g, mint ice 0.02 g, β -CD 0.8 g, matcha tea 0.2 g, water 11 g, glycerin 1.2 g, sorbitol 2.5 g, and maltitol 2.5 g. Regression analysis and correlation analysis of the texture results of chewing gum showed that the measurement results could predict hardness, elasticity, cohesiveness and chewability of chewing gum better. However, there was no significant correlation between hardness, elasticity, cohesiveness of chewing gum and the accessories (except for the correlation between water addition and hardness, chewiness and cohesion).

Key words: wheat gluten; chewing gum; sensory evaluation; texture analysis; regression analysis

中图分类号:TS213.29

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2021.02.015

基金项目:广东省农村科技特派员选派对接项目(bgk43207)

作者简介:曾 荣(1978—)女,汉族,博士,副教授,研究方向:食品加工与安全。

*通讯作者:白永亮,博士,高级工程师,主要从事食品加工与开发等方面的研究工作。

目前国内对口香糖的研究主要集中在以下几个领域:一是在口香糖中添加某种保健成分,如去火、清肝明目的菊花^[1],健脾温胃的无糖春砂仁^[2],利咽养喉的藏青果^[3],抗氧化、抑菌、祛痰的罗汉果^[4]等,赋予产品保健功效,通过单因素试验和正交试验研制出该保健口香糖的配方。二是针对普通口香糖胶基污染环境的问题,采用可降解质替代口香糖胶基。如根据可降解质性质,通过光、温度、添加剂用量、酶改性等因素对可降解质替代的胶基进行优化,或对研制的环保口香糖的可降解性进行验证^[5]。三是结合现代科技或生物模型等手段,研究咀嚼口香糖对人体的生理影响,以预测咀嚼口香糖预防疾病的功效。研究表明口香糖可缓解妇科腹部手术患者术前口渴、饥饿和术后恶心呕吐^[6];Mahmoud 等^[7]的试验研究发现,咀嚼口香糖可降低阑尾切除术后肠梗阻,促进胃肠功能恢复。四是对口香糖研究手段进行创新,通过科学的统计软件分析口香糖的质构指标测定结果,预测口香糖感官品质与质构品质的关系。如 Yaman 等^[8]研究双色口香糖时采用自定义插件 Image J 软件对数字图像进行分析,测量基线红段的几何色散(GD),测定了咀嚼前后 RG 口香糖的硬度和质量,然后计算硬度损失和质量损失,并与市售口香糖进行比较,并用 Pearson 相关系数证实 GD 与咀嚼周期数显著相关($r=0.90$ $P<0.001$)。

口香糖可以清新口气,提神醒脑,还能预防龋齿^[3]。随着人们生活质量的提高和社会交往的频繁,口香糖受到大众的青睐,其消费量与日俱增^[3]。然而,目前市售口香糖的胶基是塑胶基和丁苯橡胶,很难在环境中降解,且黏性大,清理困难,造成了巨大的环境污染^[9]。小麦面筋蛋白又称谷朊粉,其麦醇溶蛋白和麦谷蛋白独特的组成以及其中的二硫键使其吸水后具有较强的黏弹性、延伸性、薄膜成型性和吸脂乳化性,符合口香糖胶基的特性^[10]。小麦面筋蛋白作为胶基原

料,由于其具有可食用性,可防止误吞口香糖难以消化的危险。陈振兴等^[11]研究了葛粉口香糖加工工艺,但要进行葛粉提取,其工艺复杂。童琦等^[12]研究了可可味口香糖的加工工艺,直接使用具有黏弹性小麦面筋蛋白(谷朊粉)为胶基原料,一方面降解速度比普通胶基快,从根本上解决了环境污染的问题;另一方面无需进行蛋白面筋提取,方法简单易行。余美绒^[9]通过人为环境和土埋法,研究了竹笋环保口香糖的降解过程,以失重率和微生物繁殖率作为指标验证了醇溶蛋白胶基的口香糖比普通胶基口香糖降解效果好。

综上,本试验拟采用小麦面筋蛋白为胶基原料,通过单因素试验和均匀试验探究甘油、山梨糖醇、麦芽糖醇、抹茶等添加剂合适的用量,采用感官指标确定口香糖的配方,研制出环保的小麦面筋蛋白基口香糖的产品,并对产品辅质指标测定,判定产品性能,以期对口香糖质构提供工艺参数,为环保口香糖的研制奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

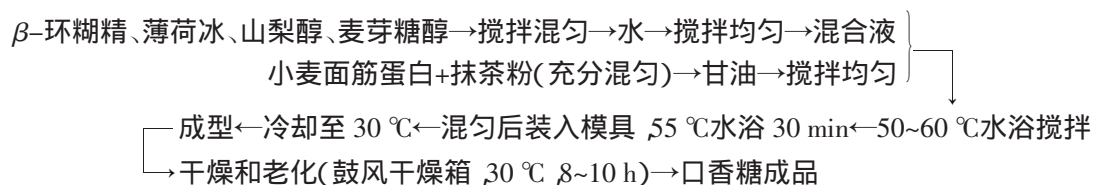
小麦面筋蛋白:蜜丹儿牌谷朊粉,购自封丘县华丰粉业有限公司;麦芽糖醇、山梨糖醇、 β -环糊精,购自江苏健康食品有限公司;薄荷冰,购自浙江一诺生物科技有限公司;甘油,购自连云港新爱食品科技有限公司;抹茶粉为市售。

1.1.2 仪器与设备

DK-98-A 型电热恒温水浴锅, GZX-9030MBE 型电热鼓风干燥箱, JJ200 型精密电子天平, ME104E 型电子天平, TA. new plus 质构仪。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程



以下研究以小麦面筋 10 g, 薄荷冰 0.02 g β -环糊精 0.8 g 进行试验。

1.2.2 操作要点

1.2.2.1 辅料和添加剂混合

准确称取好薄荷冰、 β -环糊精、山梨醇和麦芽糖醇,用玻璃棒充分搅拌均匀,加入适量水搅拌至辅料和添加剂完全溶解。

1.2.2.2 主要原料混合

称取 10 g 小麦面筋蛋白,加入抹茶粉(按试验设计的量)充分搅拌混匀,倒入适量的甘油(按试验设计的量),迅速搅拌至甘油完全融入粉末中,粉末呈分散潮湿状。注意视情况在合适时间加入甘油,不能让甘油混合后的粉末放置太久。因为小麦面筋蛋白与甘油混合时间太久,会使口香糖难以成型。

1.2.2.3 主料与配料混合

迅速将“1.2.2.1”的混合液和“1.2.2.2”中的混合粉装入 50 mL 烧杯(模具)中,于 50~60 ℃ 水浴中迅速搅拌均匀,振荡挤出溶液中的空气,以保证填充紧实。

1.2.2.4 水浴成型

将主配料混合后放置在 55 ℃ 水浴 30 min,水浴期间保持静置,防止影响其成型。取出水浴好的烧杯,静置冷却至 30 ℃。倒扣烧杯,轻轻振荡烧杯壁,使口香糖脱模。

1.2.2.5 干燥与老化

将脱模的口香糖晾在托盘中,于鼓风干燥箱中 30 ℃ 干燥 8~10 h。

1.2.3 试验方案设计

1.2.3.1 单因素试验设计

分别以加水量、甘油用量、复合甜味剂(山梨醇和麦芽糖醇)比例、抹茶用量组合 4 个参数为影响因子逐一进行单因素试验,观察口香糖感官评分的变化趋势。

(1)加水量试验条件:加水量分别为 4、6、8、10、12 mL,抹茶用量 0.2 g,甘油用量 1.0 g,复合甜味剂(山梨醇和麦芽糖醇)比例为 2:3(g/g),共 5 组。

(2)抹茶用量试验条件:加水量 10 mL,抹茶用量分别为 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 g,甘油用量 1.0 g,复合甜味剂(山梨醇和麦芽糖醇)比例 2:3(g/g),共 5 组。

(3)甘油用量试验条件:加水量 10 mL,抹茶用量 0.2 g,甘油用量分别为 0.6、0.8、1.0、1.2、1.4 g,复合甜味剂(山梨醇和麦芽糖醇)比例 2:3(g/g),共 5 组。

(4)复合甜味剂(山梨醇和麦芽糖醇)比例试验条件:加水量 10 mL,抹茶用量 0.2 g,甘油用量 1.0 g,复合甜味剂(山梨醇和麦芽糖醇)比例分别为 3:7、2.5:5、2:3、3:2、5:2.5、7:3(g/g),共 6 组。

1.2.3.2 均匀试验

根据单因素试验的结果,选定加水量、甘油用量、复合甜味剂(山梨醇和麦芽糖醇)比例 3 个因素,以其最优水平为中心梯度,确定更紧密的 7 个水平(表 1),进行 $U_7(7^6)$ 均匀试验(表 2),通过感官评定,选取最优配方^[13]。

1.2.4 感官指标评定

分别从口香糖的质地、口感、耐咀嚼程度、滋味气味等方面进行综合评分。评分人员为 3 位从事食品工艺研究方向的老师和 15 位喜欢咀嚼口香糖的食品专业的学生,综合评价口香糖的品质^[13-14]。评分标准见表 3。

表 1 均匀试验因素水平

Table 1 Factor and level of uniform design

因素	水平						
	1	2	3	4	5	6	7
X_1 加水量/mL	6	7	8	9	10	11	12
X_2 甘油用量/g	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
X_3 山梨醇与麦芽糖醇质量比(g/g)	5:0	4:1	3:2	2.5:2.5	2:3	1:4	0:5

表 2 $U_7(7^6)$ 均匀试验设计Table 2 $U_7(7^6)$ uniform test design

试验号	因素		
	X_1 加水量/mL	X_2 甘油用量/g	X_3 山梨醇与麦芽糖醇 质量比(g/g)
1	1(6)	2(0.7)	3(3:2)
2	2(7)	4(0.9)	6(1:4)
3	3(8)	6(1.1)	2(4:1)
4	4(9)	1(0.6)	5(2:3)
5	5(10)	3(0.8)	1(5:0)
6	6(11)	7(1.2)	4(2.5:2.5)
7	7(12)	5(1.0)	7(0:5)

表 3 口香糖感官评定标准

Table 3 Sensory evaluation standards for chewing gum

项目	评定标准	得分/分
外观形态 (15 分)	色泽均匀,表面光滑,有光泽,符合该产品该有的色泽	13~15
	色泽较暗,表面较光滑,较符合该产品的色泽	9~12
	色泽暗淡,不均匀,颜色异样	0~8
口感 (30 分)	延伸性,弹性好,软硬适中,不粘牙粘纸	26~30
	延伸性,弹性一般,不粘牙粘纸	20~25
	咀嚼无太大黏弹性,粘牙粘纸或者质地硬	0~19
耐咀嚼程度 (25 分)	咀嚼时间大于 4 min,不分散,组织结构均匀	21~25
	咀嚼时间 2~4 min,不分散,组织结构较均匀	15~20
	咀嚼时间低于 2 min,粉末状感,组织结构不均匀	0~14
滋味和气味 (30 分)	抹茶薄荷香气纯正,甜度适中,适口感好,味道持久	25~30
	抹茶薄荷香气较纯正,甜度适中,适口感好,味道不持久	20~24
	香气不纯,味道过浓(有抹茶苦味,或有甜腻感)或者过淡	0~19

1.2.5 全质构(TPA)测定

样品准备 :由于试验样品大小形状一致 ,符合测定要求 ,无需进行特殊处理 ,将市售口香糖胶基替代小麦面筋蛋白 ,其他试验步骤与试验组一样 ,制备对照组^[15]。

参数设置 :测定模式采用全质构(TPA)模式 ,探头 TA/5 ,测试速度 0.5 mm/s ,测试前速度 2.00 mm/s ,测试后速度 1.00 mm/s ,目标模式为张力 ,测试类型为压缩 ,目标值 50.000% ,时间 2.00 s ,触发点 5.000 g ,触发类型为力量。

1.2.6 回归分析

使用数据分析软件 SPSS Statistics 17.0 ,以口香糖 4 个指标(硬度、弹性、黏聚性、咀嚼性)分别作为因变量 ,计算出各个因变量与用水量(X_1)、甘油用量(X_2)和山梨醇与麦芽糖醇的比例(X_3)3 个自变量的相关回归方程 ,并通过 F 检验 ,验证回归方程的可预测性。最后分析 X_1 、 X_2 、 X_3 三个因素和硬度、弹性、黏聚性、咀嚼性 4 个指标的 Pearson 系数 ,验证 X_1 、 X_2 、 X_3 分别与 4 个指标相关性的显著性^[8,14]。

1.2.7 数据处理

以上试验中每组均设置 3 个平行 ,作图及数据分析均采用平均值和标准差的形式表示。数据处理采用 Excel 2016、SPSS17.0 进行分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 加水量对口香糖品质的影响

由表 4 可见 ,加水量在 8.0 mL 或者 10.0 mL 时 ,

口香糖品质较好 ,为了更好地溶解糖醇和薄荷冰等辅料 ,选择面筋蛋白和水的比例为 1:1(g/mL) ,即加水量为 10 mL。

表 4 加水量对口香糖品质影响
Table 4 Influence of water addition on quality of chewing gum

加水量/ mL	小麦面筋 蛋白/g	口香糖品质
4.0	10.0	质地很硬 ,表面粗糙 ,有裂纹 ,无黏弹性
6.0	10.0	质地较硬 ,表面较粗糙 ,黏弹性差
8.0	10.0	柔软性良好 ,表面光滑 ,黏弹性好
10.0	10.0	柔软性较好 ,表面光滑 ,黏弹性好
12.0	10.0	质地太软 ,表面光滑 ,但是弹性稍低 ,黏性偏高

2.1.2 不同抹茶用量对口香糖感官品质的影响

由表 5 可以看出 ,在其他条件固定的情况下 ,抹茶用量为 0.2 g 时 ,综合评分最高 ,口香糖感官综合品质最佳。用量太少或太多 ,会导致口香糖口味太淡或太浓 ,使得产品颜色过浅或过深(偏墨绿色) ;且抹茶用量太多会使其黏弹性下降 ,表面粗糙 ,评分明显下降。

2.1.3 不同甘油用量对口香糖感官品质的影响

由表 6 可见 ,在其他配料一定时 ,当甘油用量为 1.0 g 时 ,综合评分最高 ,口香糖感官综合品质最佳。甘油作为保湿剂 ,用量太少时会使其在干燥过程中水分丢失过多 ,导致质地变硬 ;用量太多时导致含水量太多而质地太软 ,弹性降低。

表 5 抹茶用量对口香糖感官品质的影响
Table 5 Effect of matcha powder dosage on sensory quality of chewing gum

抹茶用量/g	外观形态/分	口感/分	耐咀嚼程度/分	滋味气味/分	综合评分/分
0.1	9.67±0.75 b	20.00±1.63 c	17.83±1.21 b	18.83±0.69 d	66.33±1.80 d
0.2	12.00±0.82 a	25.00±1.15 a	21.17±1.21 a	24.67±1.25 a	82.83±1.57 a
0.3	11.67±0.75 a	23.33±1.25 b	18.83±0.69 b	23.00±1.29 b	76.83±2.41 b
0.4	9.17±0.69 b	22.67±1.25 b	17.83±0.69 b	21.50±0.76 c	71.17±2.54 c
0.5	7.17±0.69 c	18.67±0.94 c	13.00±0.58 c	18.67±0.75 d	57.50±1.89 e

注 :同一列中 ,不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。以下各表同。

表 6 甘油用量对口香糖感官品质的影响
Table 6 Effect of glycerin dosage on sensory quality of chewing gum

甘油用量/g	外观形态/分	口感/分	耐咀嚼程度/分	滋味气味/分	综合评分/分
0.6	10.67±0.94 a	18.17±0.90 c	14.33±1.11 c	23.17±1.09 ab	66.33±2.92 c
0.8	10.83±0.69 a	25.00±1.00 a	22.00±1.29 a	23.00±1.29 ab	80.83±2.91 a
1.0	11.50±0.76 a	25.67±0.94 a	22.17±0.69 a	23.50±0.96 a	82.83±1.46 a
1.2	10.50±1.10 a	21.67±1.73 b	21.67±1.17 a	22.00±1.06 bc	75.83±2.90 b
1.4	10.83±1.07 a	18.67±1.25 c	16.17±1.07 b	21.00±0.58 c	66.67±1.49 c

2.1.4 不同山梨醇与麦芽糖醇比例对口香糖感官品质的影响

由表 7 表明,在其他配料用量一定时,山梨醇和麦芽糖醇用量和比例影响口香糖的滋味和质地,山梨醇和麦芽糖醇的质量比为 2:3(g/g)时,综合评分最

高,口香糖感官综合品质最佳。

2.2 均匀试验结果

由表 8 可以看出,当加水量 11 mL、甘油用量 1.2 g、山梨醇和麦芽糖醇比例 2.5:2.5(g/g)时,口香糖综合评分最高,感官品质最佳。

表 7 山梨醇和麦芽糖醇比例对口香糖感官品质的影响

Table 7 Effect of sorbitol-to-maltol mass ratio on sensory quality of chewing gum

山梨醇:麦芽糖醇(g/g)	外观形态/分	口感/分	耐咀嚼程度/分	滋味气味/分	综合评分/分
3:7	11.67±0.47 a	24.50±0.50 b	22.17±0.90 ab	18.33±0.75 b	76.67±1.70 b
2.5:5	10.00±0.58 b	22.83±0.69 c	20.00±0.82 b	17.50±1.12 b	70.33±1.97 c
2:3	11.67±1.11 a	26.50±0.96 a	23.50±1.12 a	23.67±0.94 a	85.33±2.05 a
3:2	11.33±0.94 a	19.17±1.07 d	21.67±0.94 b	14.67±0.75 d	66.83±1.86 d
5:2.5	11.17±0.90 a	24.00±1.15 b	22.33±0.94 ab	18.17±1.07 b	75.67±3.09 b
7:3	5.50±11.12 c	17.17±0.69 e	11.83±1.34 c	16.00±1.15 c	50.50±2.22 e

表 8 均匀试验各组口香糖的综合评分

Table 8 Uniform design experimental results for sensory score of chewing gum

试验号	外观形态/分	口感/分	耐咀嚼程度/分	滋味气味/分	综合评分/分
1	10.40±0.80 b	17.80±0.75 e	14.20±0.98 d	24.40±0.80 a	66.80±2.32 e
2	11.40±0.49 b	19.00±0.00 de	18.00±1.10 abc	20.00±1.26 b	68.40±1.02 de
3	12.00±0.37 ab	21.00±1.91 bc	19.33±1.73 ab	19.67±1.86 b	72.00±2.62 bc
4	11.20±1.17 b	22.20±1.17 b	17.20±2.23 cd	22.80±2.23 a	73.40±1.96 b
5	10.50±1.38 b	21.00±1.29 bc	17.00±1.53 bc	23.00±2.58 a	71.50±2.22 bc
6	13.80±0.98 a	28.20±0.40 a	20.20±1.47 a	26.60±2.06 a	88.80±0.40 a
7	12.00±0.89 ab	20.20±0.75 cd	14.20±0.75 d	24.40±0.80 a	70.80±1.47 cd

2.3 均匀试验中各组口香糖质构特性

由图 1、图 2 可知,试验组口香糖的硬度和咀嚼性均随着水分的增加逐渐降低。第 1 组口香糖硬度和咀嚼性最高,即当加水量 6 g、甘油用量 0.7 g、山梨醇和麦芽糖醇比例 3:2(g/g)时,口香糖硬度和咀嚼性最高,但显著低于对照组(市售口香糖)。

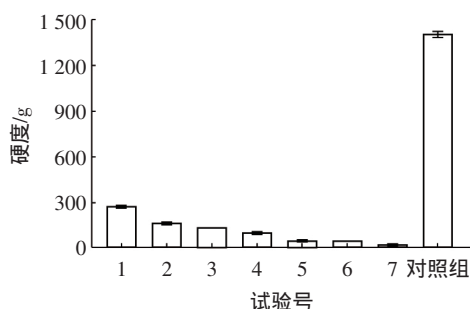


图 1 均匀试验中各组口香糖的硬度

Fig.1 Uniform design experimental results for hardness of chewing gum

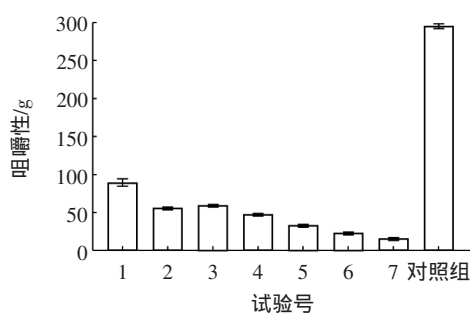


图 2 均匀试验中各组口香糖的咀嚼性

Fig.2 Uniform design experimental results for chewiness of chewing gum

由图 3 可知,各组口香糖的弹性差异不大,说明 3 个因素对弹性影响较小。第 1、2、7 组的弹性与对照组(市售口香糖)较接近。

由图 4 可知,各组口香糖的黏聚性均显著高于市售口香糖。第 5 组口香糖的黏聚性最高,第 1 组口香糖的黏聚性最低。

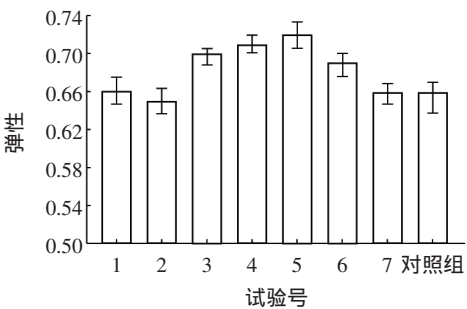


图 3 均匀试验中各组口香糖的弹性
Fig.3 Uniform design experimental results for springiness of chewing gum

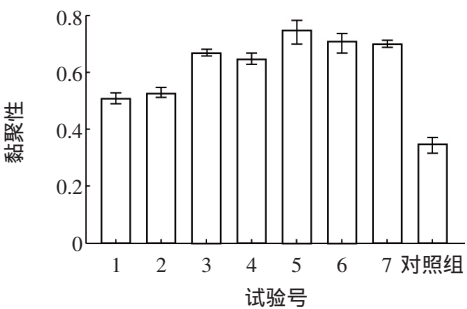


图 4 均匀试验中各组口香糖的黏聚性
Fig.4 Uniform design experimental results for cohesiveness of chewing gum

2.4 口香糖质构指标的回归分析

对表 9 中的数据进行回归分析,计算出口香糖硬度 Y_1 、弹性 Y_2 、黏聚性 Y_3 、咀嚼性 Y_4 这 4 个因变量分别与加水量 X_1 、甘油用量 X_2 、山梨醇与麦芽糖醇比例 X_3 之间的回归方程分别为:

$$Y_1 = -37.762X_1 - 19.734X_2 - 5.374X_3 + 490.212 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0.008X_1 - 0.034X_2 + 0.012X_3 + 0.608 \quad (2)$$

$$Y_3 = 0.041X_1 + 0.012X_2 + 0.026X_3 + 0.200 \quad (3)$$

$$Y_4 = -10.859X_1 - 7.001X_2 + 0.841X_3 + 148.936 \quad (4)$$

由表 10 可知,方程 1~4 的 R 值为拟合优度,均方接近 1,即模型对口香糖质构指标的拟合程度高;经过 F 检验,方程 1~4 的 F 值均小于 $F_{0.01}(3,3)$,说明 $\alpha=0.01$ 时回归方程均无显著差异,表明方程具有较好的预测性。

表 9 口香糖质构特性均匀试验设计与结果

Table 9 Uniform experimental design and results for texture characteristics of chewing gum ($k=3$ $n=7$)

试验号	X_1 加水量/mL	X_2 甘油用量/g	X_3 山梨醇:麦芽糖醇(g/g)	Y_1 硬度/g	Y_2 弹性	Y_3 黏聚性	Y_4 咀嚼性/g
1	1(6.0)	2(0.7)	3(3:2)	278.85	0.66	0.51	89.69
2	2(7.0)	4(0.9)	6(1:4)	172.69	0.65	0.53	57.348
3	3(8.0)	6(1.1)	2(4:1)	130.75	0.70	0.67	60.23
4	4(9.0)	1(0.6)	5(2:3)	107.55	0.71	0.65	49.03
5	5(10.0)	3(0.8)	1(5:0)	62.38	0.72	0.75	33.30
6	6(11.0)	7(1.2)	4(2.5:2.5)	49.50	0.69	0.71	24.34
7	7(12.0)	5(1.0)	7(0:5)	32.38	0.66	0.70	15.12

表 10 回归方程的拟合优度与 F 检验结果

Table 10 Goodness of fit and of F test results for the equations ($k=3$, $n=7$)

方程	R	df_1	df_2	F	$F_{0.01}(3,3)$
1	0.954	3	3	10.143	29.46
2	0.879	3	3	3.400	
3	0.979	3	3	23.455	
4	0.970	3	3	16.163	

注 $df_1=k$ $df_2=n-k-1$ 。

分析 X_1 、 X_2 、 X_3 分别和硬度、弹性、黏聚性、咀嚼性 4 个质构指标的相关性,运用 Pearson 系数验证 X_1 、 X_2 、 X_3 三个因素分别与这 4 个指标相关性的显著性,结果如表 11 所示。

表 11 Pearson 相关系数分析结果

Table 11 Pearson correlation coefficients ($n=7$)

项目	相关性指标	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
X_1	Pearson 相关性	-0.947**	0.382	0.859*	-0.967**
	显著性(双侧)	0.001	0.398	0.013	0.000
X_2	Pearson 相关性	-0.450	-0.039	0.404	-0.462
	显著性(双侧)	0.312	0.934	0.368	0.297
X_3	Pearson 相关性	0.111	0.646	0.264	0.271
	显著性(双侧)	0.813	0.117	0.567	0.557

注:**表示在 0.01 水平(双侧)上极显著相关,*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

由表 11 可知,加水量(X_1)与硬度(Y_1)、咀嚼性(Y_4)都是负相关,且相关性极显著($P<0.01$),与黏聚性(Y_3)、弹性(Y_2)都是正相关,但与黏聚性(Y_3)的相关性显著($P<0.05$),与弹性(Y_2)的相关性不显著。甘油用量(X_2)、山梨醇与麦芽糖醇比例(X_3)两个因素与硬度(Y_1)、弹性(Y_2)、硬度(Y_3)、咀嚼性(Y_4)的相关性均不显著。

3 讨论

3.1 加水量对口香糖品质的影响

加水量对口香糖的影响主要是由小麦面筋和配料在不同水量溶解程度不同而引起的。当水量过少,面筋蛋白不能完全溶解,使其胶黏性不好,表面粗糙,结构分散;水量过多时,面筋蛋白聚合程度低,口香糖难以成型或者结构软塌,无弹性且黏性大。在单因素试验中,在规定小麦面筋蛋白 10 g 的条件下,探究合适的加水量,结果显示,加水量为 8 mL 或者 10 mL 是最佳水平。童琦等^[12]研究了可可味口香糖的配方,其中小麦面筋和水的比例为 5:4,结果与本试验的结果比较接近。均匀试验结果表明,感官评分最高的是第 6 组(即加水量 11 mL),原因是均匀试验中增加了山梨糖醇、麦芽糖醇和 β -环糊精、抹茶粉等辅料,因此需要增加水量以促进辅料的溶解。综上,适宜的加水量为 11 mL。

3.2 抹茶用量对口香糖感官品质的影响

从感官评分结果可以看出,抹茶影响口香糖的颜色、风味和组织形态。抹茶用量太少或太多,会导致口香糖口味太淡或太浓,使得产品颜色过浅或过深(偏墨绿色);且抹茶用量太大会使其黏弹性下降,表面粗糙,评分明显下降。在其他条件固定的情况下,抹茶用量在 0.2 g 时综合评分最高,口香糖感官综合品质最佳。

3.3 甘油用量对口香糖感官品质的影响

甘油作为乳化剂,能保持胶基的水分^[9]。当甘油量过少时,口香糖的持水能力较差,导致样品在干燥后,胶基中的水分缺乏,口感不佳;当甘油量过多时,口香糖虽保持了一定的持水能力,但口香糖在干燥后,胶基中的水分多,因此口香糖软塌,延伸性差。另外,感官评分在口感和耐咀嚼程度两个项目中具有差异。在单因素试验中甘油用量在 0.8 g(占小麦面筋蛋白 8%)时评分最高,与余美绒^[9]研究的竹笋环保口香糖中甘油用量相近,均匀试验的结果则显示,甘油用量 1.2 g 时,感官综合评分最高,猜测是其他配料相互影响的结果。

3.4 复合甜味剂对口香糖感官品质的影响

在单因素试验结果中,山梨糖醇和麦芽糖醇比例为 2:3(g/g)的综合评分最高,均匀试验结果为 2.5:2.5(g/g)。与专利 CN107259057A 中^[13]山梨醇和麦芽糖醇的添加量(每 40 g 面筋胶基含有山梨糖醇 0.75 g、麦芽糖醇 0.5 g)相比较,本试验的研究结果明显升高。这可能是因为专利 CN107259057A 的配方中有芥末,而芥末能够给产品提供一定的风味,主要强调提神效果,对口香糖的甜度有所弱化,因此所需的山梨糖醇和麦芽糖醇的用量较少。而本试验配方的风味主要是由山梨醇和麦芽糖醇提供,因此综合用量相对较多。

山梨醇添加到薄荷糖果中能起到增强清凉的作用^[15]。因此在单因素试验中,随着山梨醇用量的增加,口香糖有特殊的果香味和清凉口感,使人有愉悦的感觉。山梨醇在水中的溶解度为 220 g/100 mL^[15],因此,随着山梨醇添加量的增加,其溶解能力有所降低。当山梨醇添加量达到 7 g 时,由于溶解程度较低,使得口香糖的胶黏性减弱,组织分散,感官评分下降;而麦芽糖醇用量太多,成品的甜腻感强,同样使得口香糖风味方面的得分偏低。因此根据单因素试验的评分结果,在均匀试验过程中选择山梨醇和麦芽糖醇总用量为 5 g,按更为紧密的水平设置山梨醇和麦芽糖醇的比例,得出最佳的试验结果为 2.5:2.5(g/g)。

3.5 口香糖的质构特性与回归分析

口香糖的咀嚼性是指将固体食品咀嚼到可吞咽状态时所作的功,与其硬度、弹性、黏聚性有关。均匀试验的结果表明,各组口香糖样品的硬度与咀嚼性存在差异较大的现象,表明各种添加剂对口香糖的硬度和咀嚼性具有不同程度的影响。试验组的硬度显著低于市售口香糖,主要是因为口香糖的干燥程度不够,胶基水分含量太高,且未添加任何有关增强硬度的食品添加剂对胶基进行改善。相反,若口香糖过度干燥,其胶基会变质,失去了黏弹性。市售口香糖的胶基在未经任何处理的条件下,其硬度很大;而当其入口咀嚼出现黏弹性后,硬度开始下降。这就提示在测定成品硬度时,测定方法(市售口香糖胶基样品处理等)应尽量与感官契合,应对改善胶基硬度方面做进一步的探究。

在口香糖的质构指标与添加剂用量的回归分析中,回归方程经 F 检验,说明回归方程的模型能较好地预测口香糖质构指标。但 Pearson 系数检验结果表明,加水量(X_1)与硬度(Y_1)、咀嚼性(Y_4)均呈极显著负相关($P<0.01$),与黏聚性(Y_3)呈显著正相关($P<0.05$)。甘油用量(X_2)、山梨醇与麦芽糖醇比例

(X_3)分别与硬度(Y_1)、弹性(Y_2)、硬度(Y_3)、咀嚼性(Y_4)之间的相关性均不显著。这是因为甘油作为乳化剂,通过保持一定的水分使口香糖富有弹性,但对口香糖的质构指标影响不大^[9],而山梨醇和麦芽糖醇主要是改善口香糖的风味。综上, X_1 (加水量)、 X_2 (甘油用量)、 X_3 (山梨醇和麦芽糖醇比例)对口香糖质构指标的影响不如推测的显著。

质构指标分析结果表明,均匀试验第1组样品的硬度、咀嚼性、黏聚性最接近对照组(市售口香糖),第1、2、6组的弹性与对照组(市售口香糖)较接近。若以质构指标评定口香糖的品质,即口香糖的质构指标越接近对照组(市售口香糖),其品质越佳,则第1组最优,但若以感官指标评定,均匀试验第6组为最优样品。由此可见,质构分析结果和感官评分结果存在一定的差异。原因是口香糖在感官评分中综合考虑了风味、组织结构、口感等方面因素,而质构测定主要是通过口香糖的质构指标预测口香糖的口感,忽略了滋味风味。综上,质构测定方法不能全面评价分析面筋蛋白基口香糖的品质,口香糖的品质评价应综合感官评定与质构指标测定两种方法。

4 结论

经感官评定,小麦面筋蛋白基口香糖的最佳配方是:小麦面筋蛋白 10 g,薄荷冰 0.02 g,β-环糊精 0.8 g,抹茶 0.2 g,水 11 g,甘油 1.2 g,山梨醇和麦芽糖醇各为 2.5 g。在此条件下,制得的口香糖表面光滑,有光泽,口感佳,耐咀嚼,滋味气味适中。

口香糖各质构指标分析结果表明:不同添加剂对口香糖的硬度和咀嚼性的影响程度较大,对弹性和黏聚性的影响程度较小,硬度和咀嚼性接近于软糖。研制的产品以质构指标判定,是介于口香糖与软糖之间的产品;回归方程的模型能较好地预测口香糖质构,为口香糖的质构提供工艺参数;但3种口香糖辅料(水、甘油、山梨醇和麦芽糖醇比例)与口香糖的质构指标之间(除加水量与硬度、咀嚼性、黏聚性之间)的相关性均不显著,即3种辅料改善胶基质构的效果不如推测那么显著。以质构指标结果推断出的口香糖最优组与感官评分的结果存在明显差异,即质构测定方法不能全面评价分析面筋蛋白基口香糖的品质,口香

糖的评价手段需要综合感官评分与质构指标测定两种方法。

参考文献:

- [1] 王佳萍. 菊花保健口香糖的研制[J]. 海峡药学, 2014, 26(7): 30-31.
- [2] 梁敏惠, 黄莹, 杨娟. 无糖春砂仁口香糖的制备研究[J]. 智库时代, 2017(15): 236-237.
- [3] 张国强, 高丹, 杜晓映. 藏青果利咽口香糖加工工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(24): 63-66. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6521.2016.24.015.
- [4] 周治德, 张连香, 杨裴庆, 等. 罗汉果口香糖工艺研究[J]. 广东化工, 2016, 43(5): 23-24. DOI: 10.3969/j.issn.1007-1865.2016.05.010.
- [5] 翁靖一, 卢咏来, 王润国, 等. 口香糖及其发展趋势和思考[J]. 食品工业科技, 2011, 32(7): 441-443.
- [6] 刘丽丽, 史婷奇, 陆宁丽, 等. 妇科腹部手术患者术前咀嚼口香糖缓解不适反应的效果观察[J]. 护理学报, 2015, 22(2): 51-53.
- [7] MAHMOUD M H, MOHAMMAD S H. Chewing gum for declining ileus and accelerating gastrointestinal recovery after appendectomy[J]. Frontiers of Nursing, 2018, 5(4): 277-284. DOI: 10.1515/for-2018-0038.
- [8] YAMAN Y, NOSIZANA M, YUSOF F. Assessment of masticatory performance by geometric measurement of the mixing ability with 2-color chewing gum[J]. The Journal of Prosthetic Dentistry, 2019, 121(6): 916-921. DOI: 10.1016/j.prosdent.2018.09.005.
- [9] 余美绒. 竹笋环保口香糖的研究[D]. 长沙: 中南农业大学, 2007. DOI: 10.7666/d.y1847987.
- [10] 杨文. 添加剂对组织化小麦蛋白理化性质及结构影响的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017. DOI: 10.7666/d.Y3196949.
- [11] 陈振兴, 吴苏喜, 陈个贤, 等. 葛根植物口香糖加工工艺研究[J]. 食品与机械, 2009, 25(1): 131-134.
- [12] 童琦, 刘晔, 余筱洁, 等. 可可味高木糖醇生物降解口香糖的研制[J]. 食品工业科技, 2012, 33(11): 212-214.
- [13] 佛山科学技术学院. 一种环保的提神口香糖及其制备方法: CN107259057A[P]. 2017-10-20.
- [14] 刘舒, 刘琦, 刘佩, 等. 不同添加剂用量对面筋蛋白基口香糖品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(24): 130-135.
- [15] 陈娟, 李颖, 朱永军, 等. 山梨醇的性质及其在食品中的应用研究进展[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(8): 7-9. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9578.2018.08.003.

收稿日期: 2020-06-12