

可食性黄瓜膜的研制及性能分析

缪园欣, 朱雨树, 尹茜, 谭静, 李西玉, 刘雨

(荆楚理工学院生物工程学院, 湖北 荆门 448000)

摘要:以黄瓜为原材料,以海藻酸钠、黄原胶和羧甲基纤维素钠为增稠剂,甘油为增塑剂,采用流延法制备可食性黄瓜膜。通过单因素和正交试验得出最佳配方为:黄原胶添加量 0.40%、海藻酸钠添加量 0.40%、甘油添加量 0.30%。此时,膜的感官得分为 89 分,断裂伸长率为 21.72%。

关键词:黄瓜;感官品质;断裂伸长率;可食性膜;鼓风干燥

Study on the Preparation and Properties of Edible Cucumber Film

MIAO Yuan-xin, ZHU Yu-shu, YIN Xi, TAN Jing, LI Xi-yu, LIU Yu

(School of Biological Engineering of Jingchu University of Technology, Jingmen 448000, Hubei, China)

Abstract: Edible cucumber films were prepared by the method of fluidization using cucumber as raw material, sodium alginate, xanthan gum and sodium carboxymethyl cellulose as thickener and glycerol as plasticizer. The optimal formula was obtained by single factor and orthogonal experiment: 0.40% addition amount of xanthan gum, 0.40% addition amount of sodium alginate, and 0.30% addition amount of glycerin. At this time, the sensory score of the membrane was 89 points, and the elongation at break was 21.72%.

Key words: cucumber; sensory quality; elongation at break; edible membrane; blast drying

引文格式:

缪园欣,朱雨树,尹茜,等.可食性黄瓜膜的研制及性能分析[J].食品研究与开发,2021,42(7):147-151.

MIAO Yuanxin, ZHU Yushu, YIN Xi, et al. Study on the Preparation and Properties of Edible Cucumber Film [J]. Food Research and Development, 2021, 42(7): 147-151.

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是葫芦科一年生蔓生或攀援草本植物,属于茎藤药用的水果蔬菜两用型食品,在我国种植范围广、产量大。中医认为,黄瓜具有清热解毒、利水消肿、生津止渴、除湿降压、减肥抗癌等功效,成分研究发现黄瓜富含多种营养物质,且价格低廉具有很多利用优势^[1-4]。在我国黄瓜以鲜果销售为主,但其储藏期较短、易腐烂,导致许多外观差的黄瓜不能有效利用,其深加工产品较少,造成严重的资源浪费^[5]。近年来,由于食品包装膜具有不污染环境的优良性能,其高透明度对于包装的美化也起到很好的

作用,因此食品包装膜在商品包装中的地位越来越重要^[6-11]。绿色环保的食品包装膜将是包装产业发展的必然趋势^[12-16]。为了充分利用黄瓜资源,可通过制备可食性黄瓜膜对黄瓜进行深加工,提高黄瓜附加值,尽可能提高黄瓜的利用率。本试验以黄瓜为原材料,甘油为增塑剂,海藻酸钠、黄原胶、羧甲基纤维素钠为增稠剂制备可食性黄瓜膜,并对所得膜的断裂伸长率进行研究,探究膜的最优配方,以为黄瓜的深加工提供试验数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黄瓜:市售;海藻酸钠(食品级):青岛明月海洋科技有限公司;黄原胶(食品级):山东阜丰集团有限公司;羧甲基纤维素钠(食品级):上海长光企业发展有限

基金项目:荆楚理工学院 2019 年高层次人才科研启动金项目(QDJ201902);2020 年度荆门市一般科技计划项目(2020YFYB045);荆楚理工学院科研团队(TD201905)

作者简介:缪园欣(1988—),女(汉),副教授,博士,研究方向:食品质量与安全。

公司;甘油(分析纯):山东鲁力亚新材料有限公司。

1.2 仪器与设备

HH-2 数显恒温水浴锅:常州金坛良友仪器有限公司;L18-Y22 高速破壁机:九阳股份有限公司;JMS 系列胶体磨:廊坊市冠通机械有限公司;SHZ-3 循环水式多用真空泵:上海泉峰泵业厂;DHG-9053A 电热鼓风干燥箱:南京卓鼎干燥设备厂;玻璃皿:上海良品玻璃仪器厂;293-151 螺旋测微器:东莞市广丰计量仪器有限公司;TA.XTC-20 质构仪:上海保圣实业发展有限公司。

1.3 可食性黄瓜膜制备工艺流程

材料选择→切块→热烫→制浆→均质细化→真空脱气→铺料成型→烘干揭膜

1.4 方法

1.4.1 试验过程

1.4.1.1 材料选择

选择色泽好、成熟、无虫害的黄瓜,从而保证试验可以达到较好的效果。

1.4.1.2 切块

用自来水清洗黄瓜并用刨刀刨去黄瓜表皮,再将其切成 1 cm×1 cm 的小块。

1.4.1.3 热烫

为了使黄瓜中过氧化物酶以及多酚氧化酶的活性能够降低,减少酶促褐变发生,达到护色的目的,将黄瓜小块置于 60 ℃纯水中热烫 10 min 后^[3],捞起过筛除去其表面附带水分,冷却后再使用。

1.4.1.4 制浆

将黄瓜果肉放入破壁机中高速打浆,按照每瓶 200 g 分装于容器中。

1.4.1.5 均质细化

先将海藻酸钠、黄原胶、羧甲基纤维素钠按不同比例溶解于适量的水中搅拌均匀,再将 3 种增稠剂和甘油加入至打好的黄瓜浆料中,在常温常压下利用胶体磨对其进行均质,重复 3 次,得到均匀浆料。

1.4.1.6 真空脱气

在常温、真空度为-0.095 MPa 条件下脱气以除去溶解在浆料中的气泡。

1.4.1.7 铺料成型

将脱气后的黄瓜浆料静置 10 min,铺至玻璃器皿上。

1.4.1.8 烘干揭膜

将鼓风干燥设置为 60 ℃和 4 h,将干燥后的半成品取出并置于室温(22 ℃~28 ℃)下冷却,最后揭膜得到成品。

1.4.2 试验设计

1.4.2.1 单因素试验设计

调整海藻酸钠添加量(以黄瓜浆料质量计)为:

0.20%、0.30%、0.40%、0.50%、0.60%,黄原胶添加量为:0.40%、0.50%、0.60%、0.70%、0.80%,羧甲基纤维素钠添加量为:0.10%、0.20%、0.30%、0.40%、0.50%,甘油添加量(以黄瓜浆料体积计)为:0.10%、0.20%、0.30%、0.40%、0.50%。采用单一变量控制法进行单因素试验,每个试验重复 3 次,观察各因素对成膜效果的影响。

1.4.2.2 正交试验设计

根据单因素试验结果,以海藻酸钠添加量(A)、黄原胶添加量(B)、甘油添加量(C)为试验因子,选择膜的断裂伸长率为优选指标,进行三因素三水平正交试验,如表 1 所示,重复 3 次试验,取平均值进行膜的性能分析。

表 1 正交试验因素水平

Table 1 Factors and levels of the orthogonal test

水平	因素		
	A 海藻酸钠 添加量/%	B 黄原胶 添加量/%	C 甘油 添加量/%
1	0.20	0.40	0.20
2	0.30	0.50	0.30
3	0.40	0.60	0.40

1.4.3 膜的性能测试指标

1.4.3.1 感官评定

选择 10 名学生,从成膜性、表面性状、色泽 3 个方面对可食性黄瓜膜进行感官评定。取平均值作为评定的分数。膜的感官得分在 80 以上,认为其感官品质好;得分在 70 分~80 分,认为其感官品质良好;得分低于 70 分则认为感官品质差。感官评分见表 2。

表 2 感官评价标准

Table 2 Criterion of sensory evaluation

项目	标准	分值
成膜性 (40分)	成膜完整,不黏结,均匀一致	36~40
	成膜较完整,少量黏结,较均匀	21~35
	成膜不完整,大量黏结,不均匀	10~20
表面性状 (30分)	表面平整,极少气泡,无杂质	26~30
	表面较平整,少量气泡,无杂质	16~25
	表面不平整,较多气泡,少许杂质	10~15
色泽 (30分)	颜色自然,较透明,色泽均一	26~30
	颜色自然,透明,色泽较均一	16~25
	颜色不自然,微许透明,色泽不均一	10~15

1.4.3.2 断裂伸长率

参考 GB/T 1040.3—2006《塑料 拉伸性能的测定 第 3 部分:薄膜和薄片的试验条件》的方法,对断裂伸长率进行测量计算。

$$A/\% = [(L - L_0) / L_0] \times 100$$

式中:A 为断裂伸长率,%;L₀ 为试样测试前的长

度,mm; L 为试样在断裂时的长度,mm。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 海藻酸钠添加量对膜性能的影响

不同添加量的海藻酸钠对膜性能的影响结果见表3。

表3 海藻酸钠添加量对膜性能的影响

海藻酸钠添加量/%	感官性质	感官得分	断裂伸长率 A/%
0.20	成膜较完整,表面较平整,少量气泡,色泽较均一	62	18.34±0.91 ^b
0.30	成膜完整,表面平整,极少气泡,色泽自然	83	21.49±1.48 ^a
0.40	成膜较完整,表面平整,极少气泡,色泽较均一	74	14.10±1.23 ^d
0.50	成膜较完整,表面较平整,色泽较均一	78	16.69±1.45 ^{bc}
0.60	成膜较完整,表面较平整,色泽较自然均一	80	13.67±1.31 ^d

注:同列试验结果后不同小写字母代表邓肯氏新复极差法测验差异显著($P < 0.05$)。

依据表3中测试数据能够看出,随着海藻酸钠添加量的增大,可食性黄瓜膜感官品质得分先增大后减小,在添加至一定量时其得分又有增加的趋势,在海藻酸钠添加量为0.30%时,可食性黄瓜膜的感官品质得分最高。在本试验的过程中,添加剂海藻酸钠的作用为增稠,在一定程度上使得膜的内部结构更加紧密,较强的阴荷性是海藻酸钠所具有的一个性质,并且大量的羟基都在其分子中,所以亲水性很强。其1%浓度溶液的酸碱度(pH值)为6~8,黏性在酸碱度(pH值)6~9时稳定^[17-18],因此随着海藻酸钠添加量的增加,当海藻酸钠添加量大于等于0.40%,最后的成品可食性黄瓜膜会变得较脆,质地疏松,不易揭膜。综上,海藻酸钠添加量为0.30%附近时满足试验要求。

2.1.2 黄原胶添加量对膜性能的影响

不同添加量的黄原胶对膜性能的影响结果见表4。

依照表4中数据得出,随着黄原胶添加量的增加,可食性黄瓜膜感官品质得分先升高后降低,最适宜的黄原胶添加量为0.50%,此时所得的成品可食性黄瓜膜成膜较为完整,几乎无黏结,膜中气泡极少,且无杂质,颜色自然透明,色泽均一。当黄原胶添加过量后,成品黄瓜膜在揭膜的过程中因质地松散而无法得到完整的黄瓜膜。大分子结构是黄原胶的一个物理性

表4 黄原胶添加量对膜性能的影响

Table 4 Effects of xanthan gum addition amount on film properties

黄原胶添加量/%	感官性质	感官得分	断裂伸长率 A/%
0.40	成膜较完整,表面较平整,色泽较均一	72	9.00±1.42 ^b
0.50	成膜较完整,表面平整,色泽自然均一	87	8.98±1.39 ^b
0.60	成膜较完整,表面较平整,色泽较均一	79	10.15±1.17 ^b
0.70	成膜较完整,表面较平整,少量气泡,色泽较均一	66	7.98±1.21 ^b
0.80	成膜较完整,表面较平整,色泽较均一	64	16.62±1.00 ^a

注:同列试验结果后不同小写字母代表邓肯氏新复极差法测验差异显著($P < 0.05$)。

质,同时又因为黄原胶的胶体特性,当其加入到黄瓜浆料中时,在水中会扩散开来,紧接着便会乳化,从而形成黏稠胶体,而这种胶体是亲水性的,并且稳定。黄原胶添加量为0.40%~0.50%时,成膜效果较好,过量时在浆料中难以搅拌充分,黄原胶外层会因吸水而膨胀成团,从而使得水分子不能进入到里层,其作用的发挥便被限制^[9]。综上,黄原胶添加量在0.50%附近时满足试验要求。

2.1.3 甘油添加量对膜性能的影响

不同添加量的甘油对可食性黄瓜膜性能的影响结果见表5。

表5 甘油添加量对膜性能的影响

Table 5 Effects of glycerol addition amount on film properties

甘油添加量/%	感官性质	感官得分	断裂伸长率 A/%
0.10	成膜较完整,表面较平整,色泽较均一	69	9.59±0.741 ^b
0.20	成膜较完整,表面较平整,色泽较均一	71	10.58±1.042 ^b
0.30	成膜较完整,少量气泡,色泽较均一	77	14.74±0.624 ^a
0.40	成膜较完整,表面较平整,色泽较自然	72	10.89±1.186 ^b
0.50	成膜较完整,表面较平整,色泽较自然	74	10.98±1.457 ^b

注:同列试验结果后不同小写字母代表邓肯氏新复极差法测验差异显著($P < 0.05$)。

在以甘油添加量为变量的单因素试验过程中,依照表5中测试的数据,可得到随着甘油添加量的增加,成品可食性黄瓜膜的感官得分先升高后降低。甘油添

加量在 0.30% 时成膜效果较好。当甘油加入到黄瓜浆料中时,可提高黄瓜膜的柔韧性,使得在成品揭膜时,可被完整地揭下,但是若甘油添加量过量,在溶解过程中,容易使黄瓜浆料结块,造成搅拌不均匀,而且在倒入成膜器皿中时,难以铺垫平整,从而直接影响最后的成膜效果。一方面,甘油使膜的致密性得以增强,那么其断裂伸长率从而可以提高,另一方面,则是因为亲水性是甘油的特性之一,过量甘油的添加会破坏大分子之间氢键的形成,不利于构成膜的结构,导致最后膜的形成质地疏松,效果较差^[20]。综上,甘油添加量在 0.30% 附近时满足试验要求。

2.1.4 羧甲基纤维素钠添加量对膜性能的影响

不同添加量的羧甲基纤维素钠对膜性能的影响结果如表 6 所示。

表 6 羧甲基纤维素钠添加量对膜性能的影响

Table 6 Effects of carboxy methyl cellulose sodium (CMC) addition amount on film properties

羧甲基纤维素钠添加量/%	感官性质	感官得分	断裂伸长率 A/%
0.10	成膜较完整,表面较平整,色泽自然	74	16.11±1.27 ^a
0.20	成膜完整,表面较平整,色泽自然	78	21.47±1.60 ^a
0.30	成膜较完整,表面较平整,色泽自然透明	80	18.04±1.05 ^b
0.40	成膜较完整,表面较平整,色泽自然均一	72	16.54±0.68 ^b
0.50	成膜较完整,表面平整少量气泡,色泽自然	70	16.85±0.85 ^b

注:同列试验结果后不同小写字母代表邓肯氏新复极差法测验差异显著($P<0.05$)。

在以羧甲基纤维素钠添加量为变量的单因素试验过程中,随着羧甲基纤维素钠添加量的增加,成品可食性黄瓜膜的感官得分先升高后降低,且当羧甲基纤维素钠添加量为 0.30% 时成膜效果最好。此增稠剂是属于阴离子型的,并且还是线性高分子物质^[21]。羧甲基纤维素钠在增稠、稳定、吸水等方面具有比较大的优势。其在水中时会渐渐扩散开来,从而形成可见透明的胶状液体,这是由于羧甲基纤维素钠与水之间的氢键不断的增加,从而构成稳定且又紧密的三维结构,使得整个黄瓜浆料的体系黏度增大,但羧甲基纤维素钠的添加量过量时,其分子间的间隙变大,反而影响了成膜的效果。综上,羧甲基纤维素钠添加量在 0.30% 附近时满足试验结果。

2.2 正交试验

试验过程中发现,使用 3 种增稠剂时浆料过于黏

稠,将黄原胶、海藻酸钠进行复合增稠,浆料黏稠度适中,所得黄瓜膜的感官品质最佳,因此选取黄原胶、海藻酸钠作进一步分析。为了确定最佳制膜参数,以黄原胶添加量、海藻酸钠添加量、甘油添加量为试验因素,以膜的断裂伸长率为试验指标,进行 $L_9(3^3)$ 正交试验。正交试验结果与极差分析见表 7。

表 7 正交试验结果与极差分析

Table 7 Orthogonal test results and range analysis

试验号	A 海藻酸钠添加量	B 黄原胶添加量	C 甘油添加量	断裂伸长率 A/%
1	1	1	1	13.04
2	1	2	2	8.82
3	1	3	3	7.69
4	2	1	2	8.62
5	2	2	3	10.64
6	2	3	1	7.55
7	3	1	3	16.00
8	3	2	1	9.09
9	3	3	2	20.00
K_1	29.559	37.664	29.682	
K_2	26.806	28.553	37.444	
K_3	45.091	35.239	34.331	
极差 R	6.095	3.037	2.588	
最优水平	A_3	B_1	C_2	
主次因素	A>B>C			
最优组合	$A_3B_1C_2$			

由表 7 极差分析结果可知,使膜断裂伸长率受到影响的因素主次顺序为:海藻酸钠添加量、黄原胶添加量、甘油添加量。当以膜断裂伸长率为优选指标时,从 K 值得出可食性黄瓜膜的最佳制作工艺配方为 $A_3B_1C_2$ (海藻酸钠添加量为 0.40%,黄原胶添加量为 0.40%,甘油添加量为 0.30%),而正交试验最优组合为 $A_3B_3C_2$ (第 9 组),故在此基础上进行验证试验。经验证后,组合 $A_3B_1C_2$ 的膜断裂伸长率优于组合 $A_3B_3C_2$,为 21.72%,且所制得的黄瓜膜感官评分为 89 分,其色泽均匀嫩绿、质地透明平整。因此可食性黄瓜膜的最佳制作工艺配方为 $A_3B_1C_2$,即海藻酸钠添加量为 0.40%,黄原胶添加量为 0.40%,甘油添加量为 0.30%。

3 结论

本试验以黄瓜为主要原料,根据单因素试验以及正交试验探讨可食性黄瓜膜的制备工艺。正交试验结果表明,影响可食性黄瓜膜的因素主次顺序为:海藻酸钠添加量>黄原胶添加量>甘油添加量,得出最优配方为:海藻酸钠添加量 0.40%,黄原胶添加量 0.40%,甘油添加量 0.30%,此时膜的感官得分为 89 分,断裂伸

长率 21.72%,该条件下所得的黄瓜膜在成膜性、表面性状、色泽方面均较佳。本研究制备的可食性黄瓜膜具有安全、无污染等特点,可为黄瓜在食品工业领域的开发提供理论依据。

参考文献:

- [1] 洛宽. 黄瓜的营养与保健功效[J]. 吉林蔬菜, 2010(2):42.
- [2] 汤虎,徐志宏,孙智达,等. 可食性膜的研究现状与展望[J]. 农产品加工学刊, 2007,91(2):20-25.
- [3] 户超,李保国,吴西芝,等. 鼓风干燥机制备黄瓜粉的工艺实验研究[J]. 食品工业科技, 2010(9): 226-228.
- [4] 吕慧芳,刘四运,王俊良. 黄瓜的保健价值及机理研究进展[J]. 吉林蔬菜, 2012(3):57-58.
- [5] 吴小波,周海霞. 河南省黄瓜生产现状与发展方向[J]. 农业科技通讯, 2014(3):22-23.
- [6] 林伟静,刘红芝,刘丽,等. 可食性花生蛋白膜研究进展[J]. 中国粮油学报, 2015,30(1):140-146.
- [7] 邓扬悟,田少君. 大豆分离蛋白的成膜性研究[J]. 郑州工程学院学报, 2004,25(2):17-21.
- [8] 师雯. 可食性膜在包装中的应用[J]. 中国包装工业, 2006(4):43-44.
- [9] 李爱珍,邵秀芝,张建华. 可食性包装膜的研究进展及其发展前景[J]. 包装与食品机械, 2009,27(1):54-57.
- [10] 蒋春啟,周然. 可食性包装膜及其制备工艺优化研究[J]. 湖北农业科学, 2017,56(21):4119-4123.
- [11] 禾. 绿色环保是食品包装膜发展必然趋势[J]. 福建轻纺, 2015(6): 26-27.
- [12] 吴贺君,胡彪,董知韵,等. 可食性西瓜皮基膜制备与性能分析[J]. 食品与生物技术学报, 2018,37(10):1091-1098.
- [13] 雷晏琳,朱芮,赵茂洁,等. 柚子皮基可食性膜的制备及性能研究[J]. 核农学报, 2019,33(2):290-296.
- [14] 徐中岳,何小维,罗志刚,等. 多糖可食性包装膜的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2008,29(7): 179-182.
- [15] 王新伟,孙秀秀,贺连斌,等. 可食性果蔬纸的研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2010,12(3):34-38.
- [16] WANG X, SUN X, LIU H, et al. Barrier and mechanical properties of carrot puree films[J]. Food & Bioproducts Processing, 2011, 89(2): 149-156.
- [17] 陈辉, 黄惠华. 菠萝皮渣羧甲基纤维素/海藻酸钠复合水凝胶珠固定化菠萝蛋白酶的制备及稳定性研究 [J]. 食品工业科技, 2020,41(6):131-134, 141.
- [18] 陈晓欣,黄金桦,苟琼友. 载柚皮素的海藻酸钠/壳聚糖复合水凝胶[J]. 纺织科技进展, 2020(1):33-36.
- [19] 王珂,杨波,杨光,等. 改性黄原胶酯化条件的优化及结构的表征[J]. 工业微生物, 2020(1):20-25.
- [20] 王宗胜,李少路,张克明,等. 超支化聚缩水甘油的合成及性能[J]. 功能高分子学报, 2019,32(4):507-512.
- [21] 王璐,叶玉稳,胡国华. 葵盘果胶与羧甲基纤维素钠复配及其在果酱中的应用[J]. 食品科学技术学报, 2019,37(6):116-123.

加工编辑:冯娜

收稿日期:2020-06-06

奋斗“十四五”，奋进新征程。