

龙眼超微粉含片的配方优化及品质评价

刘佳梦¹, 王梓涵², 林丽静¹, 廖雪汝², 陈冲^{1*}, 刘义军¹, 夏秋瑜²

(1. 中国热带农业科学院农产品加工研究所 农业农村部热带作物产品加工重点实验室, 海南省果蔬贮藏与加工重点实验室, 广东 湛江 524001; 2. 广东海洋大学 食品科技学院, 广东 湛江 524088)

摘要: 该文利用超微粉碎技术将龙眼干二次加工为龙眼超微粉, 并结合适宜的填充剂、甜味剂直接压片制备龙眼超微粉含片。通过响应面法优化得到最佳配方, 并对以最佳工艺制备的含片进行水分含量、硬度以及色度的检测。结果表明: 龙眼超微粉含片的最佳工艺配方为龙眼超微粉 50%、奶粉 50%、木糖醇 4% (以基料总质量计); 最优配方下制备的含片水分含量为 13.09%, 硬度为 107.84 N, 色泽与纯龙眼超微粉含片相似。在此配方下制得的含片口感好, 并且符合该产品应有的色泽以及感官要求, 能够充分保留龙眼的特征风味。

关键词: 龙眼; 超微粉碎技术; 直接压片法; 响应面法; 含片

Formula Optimization and Quality Evaluation of the Buccal Tablets of Superfine Longan Powder

LIU Jia-meng¹, WANG Zi-han², LIN Li-jing¹, LIAO Xue-ru², CHEN Chong^{1*}, LIU Yi-jun¹, XIA Qiu-yu²

(1. Key Laboratory of Tropical Crop Products Processing of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Hainan Key Laboratory of Storage and Processing of Fruits and Vegetables, Agricultural Products Processing Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang 524001, Guangdong, China;
2. College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, Guangdong, China)

Abstract: Superfine grinding technology was employed to produce superfine longan powder from dried longan. The buccal tablets of superfine longan powder were prepared by direct pressing method combined with proper fillers and sweeteners. The formula was optimized by response surface methodology and then the moisture content, hardness and color of the buccal tablets prepared under the optimal formula were investigated. The optimal formula of the buccal tablets of superfine longan powder was composed of 50% superfine longan powder, 50% milk powder, and 4% xylitol (based on the total mass of basic material). The buccal tablets produced with the optimal formula had the moisture content of 13.09%, the hardness of 107.84 N, and the color similar to that of the buccal tablets prepared with pure superfine longan powder. Moreover, the buccal tablets had good taste, good color, and high sensory quality and fully retained the characteristic flavor of fresh longan.

Key words: longan; superfine grinding technology; direct pressing method; response surface methodology; buccal tablets

引文格式:

刘佳梦, 王梓涵, 林丽静, 等. 龙眼超微粉含片的配方优化及品质评价[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(21): 99-107.

LIU Jiameng, WANG Zihan, LIN Lijing, et al. Formula Optimization and Quality Evaluation of the Buccal Tablets of Superfine Longan Powder[J]. Food Research and Development, 2022, 43(21): 99-107.

基金项目: 广东省现代农业产业技术体系创新团队龙眼产业创新团队(2021KJ123)

作者简介: 刘佳梦(1998—), 女(汉), 研究实习员, 硕士, 研究方向: 食品加工技术。

* 通信作者: 陈冲(1991—), 女, 助理研究员, 博士, 研究方向: 果蔬贮藏与加工。

龙眼(*Dimocarpus longan* Lour.)又称“桂圆”,属无患子科龙眼属植物。龙眼是我国重要的热带水果,原产于中国南部地区,分布于广东、广西、福建等省^[1-2]。龙眼最早出现在《神农本草经》中,其假种皮营养丰富,富含维生素和磷质,具有补益心脾、益气安神等作用^[3-5]。从古至今,龙眼均被视为滋补佳品,曾有“北人参,南桂圆”之称^[6]。然而龙眼采收期较为集中,且鲜果极易腐烂、不易储存,故多以鲜食为主^[7-10]。为延长龙眼的贮藏期,对龙眼鲜果进行初加工或深加工显得尤为重要。目前,与龙眼相关的产品除龙眼干外,主要还有龙眼果汁^[11-12]、龙眼果酒^[13]、龙眼果醋^[14-16]、龙眼粉^[17]等。

超微粉碎技术是指利用机械或者流体动力的途径部分破坏物料分子的内聚力,将3 mm以上的物料颗粒粉碎至10 μm~25 μm的过程^[18-20]。由于颗粒的细化导致表面积和空隙率的增加,从而使超微粉体表面分子排列、电子分布结构和晶体结构等均有所改变,故具有独特的物理化学性能,例如良好的分散性、吸附性、溶解性、化学活性等^[21-23]。食品超微粉碎技术的应用意义重大,一方面可以提高食品口感,利于营养物质的溶出,另一方面使原本不能被充分吸收或利用的原料重新被利用,推动了传统食品工艺、配方的改进以及新产品的开发^[19]。

近年来,压片糖果被广泛运用在食品加工行业与药业中,大多数食材、药材被加工成压片糖果后,不仅能够保留原材料的功效,还能改善原材料的口感^[24]。粉末直接压片法是将原料与辅料混合均匀后直接压片而成,适合用于生产稳定性较差或易水解的产品^[25-27]。

吴建兰等^[28]采用粉末直接压片法研制出水分散片剂,此法避免了药物分解氧化等问题,大大地提高了药物的稳定性。

目前龙眼加工产品大多是对龙眼鲜果进行初加工,并未充分利用龙眼深加工的资源优势。本文利用龙眼超微粉,并结合填充剂、甜味剂制备龙眼超微粉含片,以此拓展龙眼加工形式,丰富产品类别,改善龙眼行业加工水平低、加工形式单一及产品附加值低等问题。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

龙眼干:高州市屋梁岭生态农业有限公司;白砂糖:市售;奶粉、脱脂奶粉:伊利乳业有限公司;淀粉、木薯淀粉:海宁枫园食品有限公司;木糖醇、海藻糖、甘露醇:山东福田药业有限公司;其它试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

WZJ6 振动超微粉碎机:济南倍力粉技术工程有限公司;FW100 万能粉碎机:上海菲力博食品有限公司;YP10002B 电子天平:宁波金诺天平仪器有限公司;BJ-15 粉末压片机:天津搏君科技有限公司;Colori 5D 色差仪:美国 X-Rite 公司;XU-5 紫外-可见分光光度计:上海屹谱仪器有限公司;DHG-9140A 电热恒温鼓风干燥箱:上海林频仪器有限公司;CT3-50K 物性测试仪:美国 Brookfield 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

龙眼超微粉含片制备工艺流程见图1。



图1 龙眼超微粉含片制备工艺流程

Fig.1 Preparation process flow chart of the buccal tablets of superfine longan powder

1.3.2 龙眼超微粉含片的制备工艺优化

1.3.2.1 龙眼超微粉的制备

龙眼干与75%的食用酒精以1:3质量比浸泡48 h,期间每隔12 h换一次浸泡液。浸泡后的龙眼干用纯净水洗去表面残留的酒精,打浆,平铺于托盘后于50℃的鼓风干燥箱放置24 h,取出置于干燥皿回软24 h。将回软后的龙眼用万能粉碎机粉碎1 min后置于振动超微粉碎设备中,在-15℃条件下超微粉碎3 min得到龙眼超微粉。

1.3.2.2 龙眼超微粉含片的制备

将龙眼超微粉、填充剂以及甜味剂分别过80目筛

装袋备用,以防止吸潮导致粉体聚集。龙眼超微粉、填充剂、甜味剂按照一定比例复配后混合均匀。将混合好的粉体过80目筛后倒入粉末压片机的模具中,保持压力在10 MPa左右并维持该压力1 min,将压制完成的龙眼超微粉含片进行真空包装。

1.3.3 单因素试验

以填充剂种类、甜味剂种类、填充剂添加量、甜味剂添加量(以基料总质量定)以及含片质量为主要影响因素进行单因素试验,考察填充剂种类(无、淀粉、木薯淀粉、奶粉、脱脂奶粉)、甜味剂种类(白砂糖、阿斯巴甜、海藻糖、木糖醇)、填充剂添加量(10%、20%、30%、

40%、50%)、甜味剂添加量(占基料总质量的0%、2%、4%、6%、8%)以及含片质量(2.0、2.5、3.0、3.5、4.0 g)对龙眼超微粉含片的影响。

进行单因素试验时,固定填充剂种类为奶粉、甜味剂为白砂糖、填充剂添加量为40%、甜味剂添加量为4%,含片质量为3.0 g,每组试验进行3次。

1.3.4 响应面试验

以单因素结果为基础,选取3个主要因素进行响应面试验设计,包括龙眼超微粉添加量、奶粉添加量、木糖醇添加量。以感官评分为响应值,进行三因素三水平的试验设计。响应面分析因素及水平见表1。

表1 响应面分析因素及水平

Table 1 The factors and levels of response surface analysis

水平	因素		
	A 龙眼超微粉添加量/%	B 奶粉添加量/%	C 木糖醇添加量/%
-1	50	10	2
0	70	30	4
1	90	50	6

1.3.5 含片品质检测

1.3.5.1 感官评定

选择8名有相关感官评定知识且身体素质良好,味觉、视觉、嗅觉系统正常的食品科学与工程专业学生组成评定小组,以色泽、气味、滋味以及组织形态为评价指标进行感官评价,评定细则如表2所示,龙眼超微粉含片质构的感官评定细则如表3所示。

表2 龙眼超微粉含片感官评定

Table 2 Sensory evaluation of the buccal tablets of superfine longan powder

项目	评分标准	分值
色泽	色泽均匀呈浅驼色无明显黑点/白点	23~30
	色泽均匀呈浅驼色但稍有黑点/白点	15~22
	色泽较均匀稍泛白有黑点/白点	8~14
	色泽不均匀、黑点/白点偏多	1~7
气味	龙眼特征香味浓郁,气味怡人	12~15
	龙眼特征香味明显,可察觉	8~11
	龙眼特征香味较淡,不易察觉	5~7
	无龙眼特征香味	1~4
滋味	龙眼风味浓郁,甜度适中,无粉感	24~30
	龙眼风味稍淡,甜度适中,稍有粉感	14~23
	龙眼风味淡,略甜或略无味,粉感明显	8~13
	没有龙眼风味,过甜或无味,粉感重	1~7
组织形态	表面光滑、完整、结构紧密不掉粉	19~25
	表面较光滑、完整、略掉粉	13~18
	表面略粗糙、较完整、掉粉明显	7~12
	表面不平、有裂痕、掉粉严重	1~6

表3 龙眼超微粉含片质构的感官评定

Table 3 Sensory evaluation of the texture of the buccal tablet of superfine longan powder

项目	评分标准	分值
质构	软硬适中(与市面上的含片硬度相似)	8~10
	较硬(需稍用力掰断)	6~7
	较软(与掰山楂片相似)	3~5
	过硬/过软(掰不断/一碰就断)	1~2

1.3.5.2 龙眼超微粉含片水分含量的测定

根据GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法测定含片的水分含量。

1.3.5.3 龙眼超微粉含片硬度的测定

采用CT3-50K物性测试仪测定在最优配方下制备的龙眼超微粉含片的硬度,以纯龙眼超微粉含片为对照。使用探头TA39,测试参数:预测试速度2.00 mm/s、测试速度0.50 mm/s、返回速度0.50 mm/s、测试目标值0.5 mm,通过物性测试仪测定后收集硬度参数。每组样品平行测定6次,结果取平均值。

1.3.5.4 龙眼超微粉含片色度的测定

采用色差仪测定在最优配方下制备的龙眼超微粉含片的色差指数,以纯龙眼超微粉含片的色差指数为对照。其中, L^* 代表含片的明暗程度,当 L^* 的数值越大时,则该含片颜色越亮,反之越暗; a^* 代表含片的红蓝程度,当 a^* 的数值越大时,则该含片颜色偏红,反之偏蓝; b^* 代表含片的黄绿程度,当 b^* 的数值越大时,则该含片颜色偏黄,反之偏绿。

1.4 数据处理

每组试验重复3次,采用Origin Pro 9.1软件绘图,响应面试验利用软件Design-Expert 8.0.6进行试验结果分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

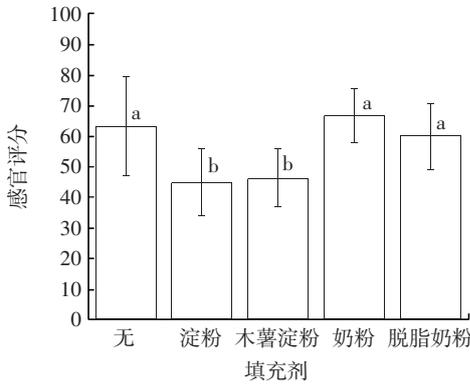
2.1.1 不同填充剂对龙眼超微粉含片感官评分的影响

不同填充剂对感官评分的影响如图2所示。

由图2可知,不添加填充剂、奶粉、脱脂奶粉与添加淀粉、木薯淀粉间存在显著性差异($p < 0.05$)。选择奶粉作为填充剂时,能够中和龙眼超微粉的粉感为含片带来更愉悦的口感,感官评分高;当使用其它填充剂时,龙眼超微粉含片粉感较重,对龙眼风味有所遮掩;不添加填充剂则能带来馥郁龙眼香气,但是含片口感差。综合考虑选择奶粉作为龙眼超微粉含片的填充剂。

2.1.2 不同甜味剂对龙眼超微粉含片感官评分的影响

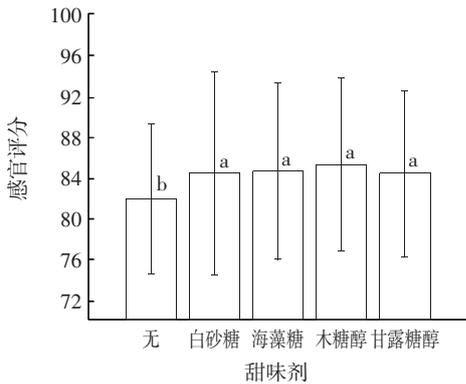
不同甜味剂对感官评分的影响如图3所示。



不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$)。

图2 不同填充剂对感官评分的影响

Fig.2 Effects of different fillers on sensory scores



不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$)。

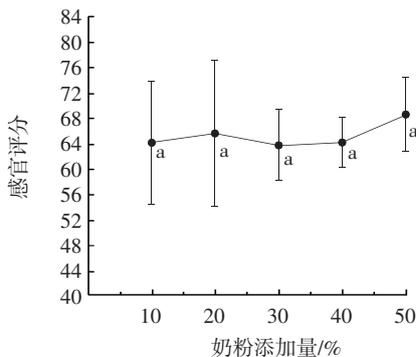
图3 不同甜味剂对感官评分的影响

Fig.3 Effects of different sweeteners on sensory scores

由图3可知,不同甜味剂对感官评分影响较小,考虑其原因为甜味剂主要功能相似,均为提供甜味改善口感;此外龙眼糖含量较高,龙眼超微粉具有甜味,加入甜味剂能够帮助产品呈现龙眼风味,综合考虑选择木糖醇作为甜味剂。

2.1.3 奶粉添加量对龙眼超微粉含片的感官评分影响

奶粉添加量对感官评分影响如图4所示。



相同小写字母表示差异不显著($p > 0.05$)。

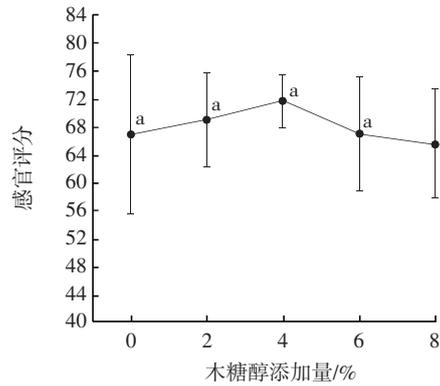
图4 不同奶粉添加量对感官评分的影响

Fig.4 Effects of the addition amount of milk power on sensory scores

选择奶粉作为龙眼超微粉含片的填充剂,由图4可知,随着奶粉添加量增加,感官评分整体呈上升趋势。奶粉能够降低超微粉含片的粉感,为其带来更好口感。当奶粉添加量为20%时,感官评分较高,且龙眼风味浓郁,由于响应面试验需设置3个不同水平,综合考虑各水平感官评分,选择10%、30%、50%作为响应面试验填充剂添加量。

2.1.4 木糖醇的添加量对龙眼超微粉含片感官评分的影响

木糖醇的添加量感官评分结果如图5所示。



相同小写字母表示差异不显著($p > 0.05$)。

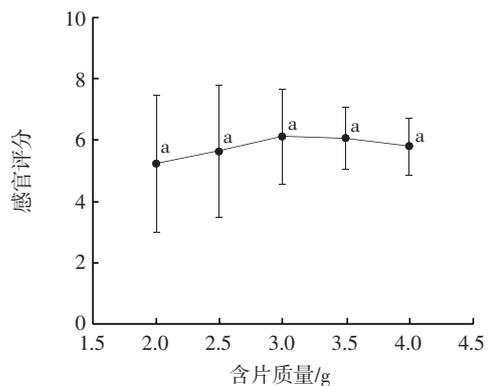
图5 不同木糖醇添加量对感官评分的影响

Fig.5 Effects of the addition amount of xylitol on sensory scores

由图5可知,当木糖醇添加量低于4%时,评分越来越高,是因为木糖醇添加量越高,其与龙眼超微粉的协同作用越强,使含片的口感变得更好;但当木糖醇添加量高于4%时,添加量越大,感官评分越低,主要是由于含片过甜,失去了龙眼的风味,所以感官评分较低。综上所述,选择木糖醇添加量为4%。

2.1.5 含片质量对龙眼超微粉含片感官评分的影响

含片质量感官评分结果如图6所示。



相同小写字母表示差异不显著($p > 0.05$)。

图6 不同质量含片的质构评分

Fig.6 Sensory score of weight selected during tablet pressing

由图6可知,当压片时选择的质量低于3.0 g时,其质构评分随质量减小而降低,是因为选择压片的质量越小,压出来的含片越薄,越容易裂开,影响外观。当压片时选择的质量高于3.0 g时,质构评分也越来越低,主要是由于压片的厚度越来越大,越难以掰断,且放入口中难以含化,因此其质构评分低。综上所述,选择压片的质量为3.0 g。

2.2 响应面试验结果与分析

2.2.1 响应面试验结果

利用 Design-Expert 8.0.6 软件设计的响应面进行优化试验,得出的感官评分见表4。

表4 响应面法优化龙眼超微粉含片制备设计及结果

Table 4 Design and results of optimization for preparation of the buccal tablets of superfine longan powder by response surface methodology

序号	A 龙眼超微粉添加量/%	B 奶粉添加量/%	C 木糖醇添加量/%	感官评分
1	70	30	4	77.31
2	70	10	2	73.38
3	70	50	2	71.50
4	50	30	2	80.06
5	70	30	4	74.81
6	90	50	4	68.75
7	70	30	4	76.19
8	70	30	4	73.69
9	50	30	6	81.00
10	50	50	4	80.81
11	50	10	4	77.94
12	90	10	4	77.44
13	90	30	2	71.88
14	70	50	6	71.69
15	70	10	6	71.38
16	90	30	6	71.44
17	70	30	4	73.88

通过 Design-Expert 8.0.6 软件对表4数据进行响应面分析后,得到编码形式的二次回归模型为 $Y=75.17-3.79A-0.92B-0.16C-2.89AB-0.34AC+0.55BC+2.58A^2-1.53B^2-1.67C^2$ 。

2.2.2 方差分析

表5为响应面二次回归模型的方差分析结果以及显著性检验结果。

由表5可知,此次试验回归模型的 p 值为 0.003 1,失拟项为 0.052 62,拟合系数 R^2 为 0.927 7。当 $p < 0.01$ 时表示为极显著,拟合系数 $R^2 > 85\%$ 表明该二次回归模型拟合性好。因此,本次试验回归模型差异极显著,表

表5 方差分析结果

Table 5 Results of analysis of variance

方差来源	偏差平方和	自由度	均方和	F值	p值	显著性
模型	204.16	9	22.68	9.98	0.003 1	**
A	114.86	1	114.86	50.51	0.000 2	**
B	6.80	1	6.80	2.99	0.127 4	
C	0.22	1	0.22	0.095	0.767 2	
AB	33.42	1	33.42	14.70	0.006 4	**
AC	0.47	1	0.47	0.21	0.662 3	
BC	1.20	1	1.20	0.53	0.491 8	
A ²	28.12	1	28.12	12.37	0.009 8	**
B ²	9.79	1	9.79	4.31	0.076 6	
C ²	11.68	1	11.68	5.14	0.057 8	
误差	15.92	7	2.27			
失拟项	6.29	3	2.10	0.87	0.052 62	
纯误差	9.63	4	2.41			
合计	220.08	16				
拟合系数	0.927 7					
校正系数	0.834 7					

注:**为差异极显著, $p < 0.01$ 。

示该二次回归模型适用于本试验;方程拟合性好,可预测 92.77%的数据。其中,龙眼超微粉添加量的一次项(A)、二次项(A²)以及交互项(AB)对龙眼超微粉含片感官评分的影响极显著($p < 0.01$),其余因素对结果的影响均表现为不显著。根据表5中的F值,3个因素对龙眼超微粉含片感官评分的影响大小顺序为龙眼超微粉添加量>奶粉添加量>木糖醇添加量。

2.2.3 响应面分析

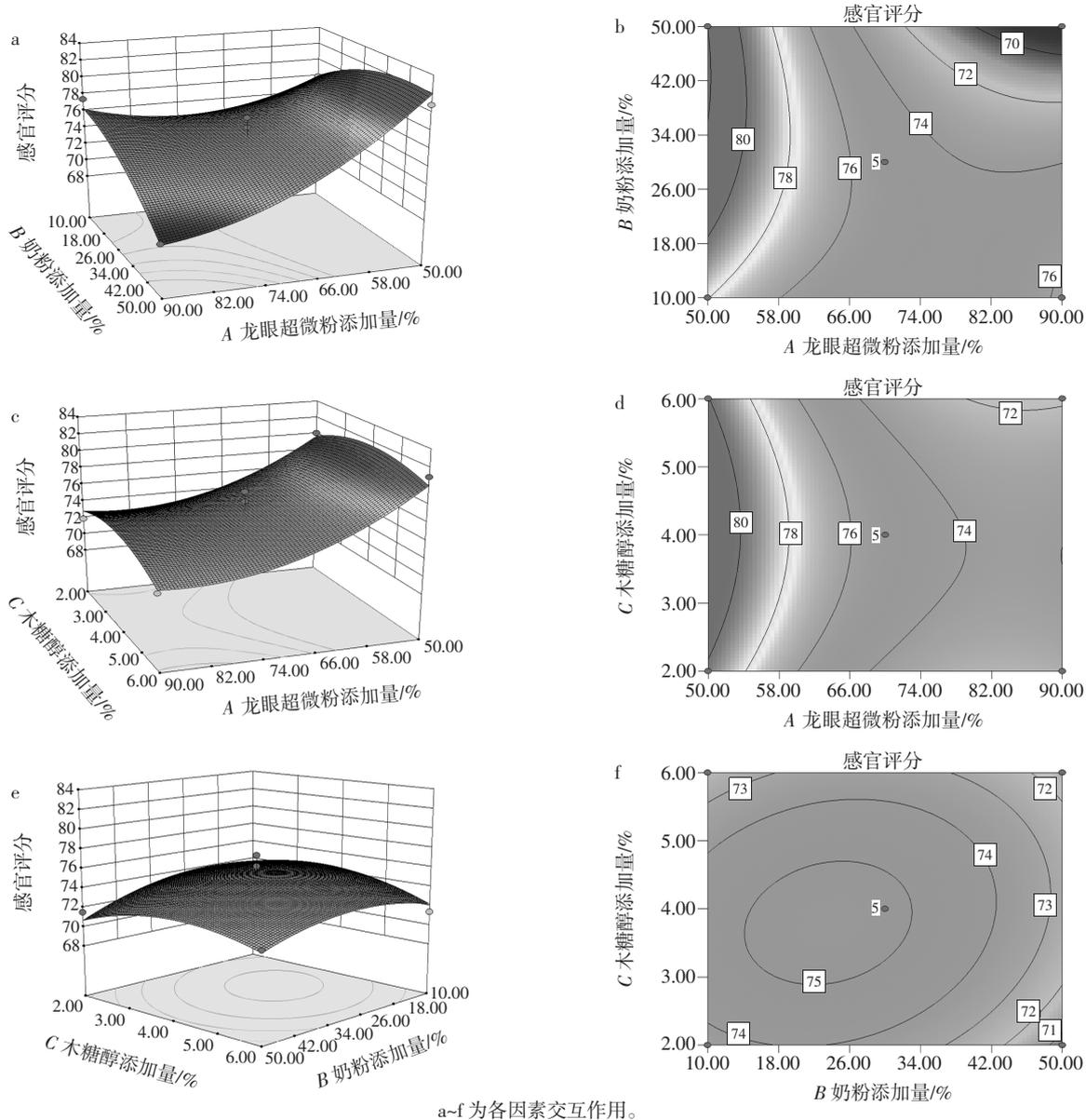
利用 Design-Expert 8.0.6 软件分析的响应曲面和等高线如图7所示。

通过响应面的曲面可直接观察到两个变量对结果的影响,当曲面坡度越大,则表示这两个变量对结果的影响越大,反之越小。而观察等高线则可以了解到两个变量间的交互作用是否显著,当等高线呈现出椭圆状时,则表示交互作用在两个变量间越显著,然而当等高线呈现出圆形时,表明交互作用在两个变量间越不显著^[7]。

图7a和图7c坐标轴上差值较大,即龙眼超微粉添加量与奶粉添加量以及龙眼超微粉添加量与木糖醇添加量间的交互作用对感官评分的影响较大。而图7e的曲面相对于图7a、图7c更平缓,则奶粉添加量与木糖醇添加量间的交互作用对龙眼超微粉含片感官评分的影响较小,影响不显著。

2.2.4 验证试验结果

采用 Design-Expert 8.0.6 软件对龙眼超微粉含片



a~f 为各因素交互作用。

图 7 各因素间交互作用对龙眼超微粉含片感官评分影响的响应曲面与等高线

Fig.7 Response surface and contour map of the influence of the interaction of various factors on the sensory score of the buccal tablets of superfine longan powder

配方进行优化,得到最优工艺配方为龙眼超微粉添加量 50%、奶粉添加量 50%、木糖醇添加量 4%(以基料总质量计)。龙眼超微粉含片的感官评分在优化后的预期值为 81.99。以此工艺配方制备龙眼超微粉含片并对其进行感官评分,最终得分为 85.69,实际得分与预期值的偏差为 4.51%,偏差在 5%以内,说明该模型的预期值较为准确。

2.3 含片品质测定结果

以最优配方制备得到龙眼超微粉含片与以纯龙眼超微粉压制的含片的品质测定结果如表 6 所示。龙眼超微粉含片与纯龙眼超微粉含片的质构分析图分别如图 8、图 9 所示。

表 6 龙眼超微粉含片的质量指标结果

Table 6 Quality index results of the buccal tablets of superfine longan powder

样品	水分含量/%	硬度/N	L*	a*	b*
纯龙眼超微粉含片	15.80	74.72	72.75	5.40	25.82
龙眼超微粉含片	13.09	107.84	70.83	5.37	25.33

由表 6 可知,龙眼超微粉含片的水分含量为 13.09%,小于纯龙眼超微粉含片的水分含量,可能是由于纯龙眼超微粉的吸潮能力更强,因此龙眼超微粉含片相比纯龙眼超微粉含片更易保存。

硬度是力学性能的一个综合指标,它可以表示材

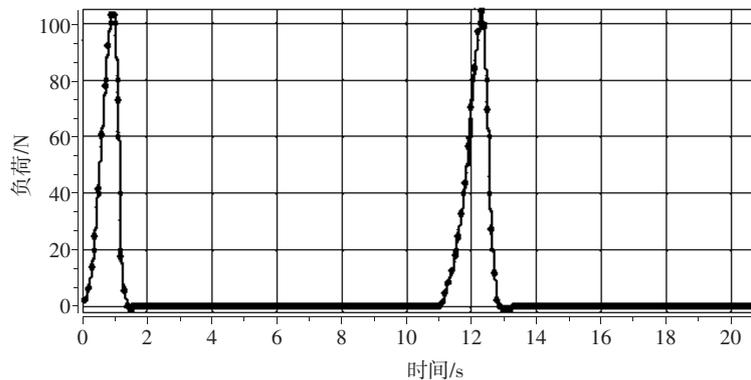


图8 龙眼超微粉含片的质构分析结果

Fig.8 Texture analysis of the buccal tablets of superfine longan powder

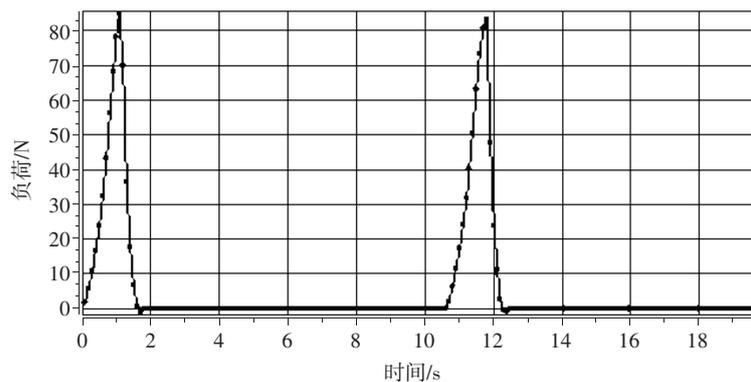


图9 纯龙眼超微粉含片的质构分析结果

Fig.9 Texture analysis of the buccal tablets of pure superfine longan powder

料的弹性、塑性、强度和韧性^[29]。为了使含片达到咀嚼方便以及口感更好的效果,应将含片的硬度控制在70 N~120 N,并且硬度越大越容易达到理想的效果^[30]。由表6可知,纯龙眼超微粉含片与龙眼超微粉含片的硬度差别明显,主要由于纯龙眼超微粉含片的粉感较重,组织较为松散,常伴有掉粉的情况,而龙眼超微粉含片并未出现过上述情况。坚实、不松散是SB/T 10347—2017《糖果 压片糖果》对坚实型压片糖果的感官要求,对色泽的要求则是符合品种应有的色泽即可^[31]。二者的色差指数差异性并不显著,其色差指数非常相近,因此,龙眼超微粉含片的色泽与该品种的色泽相似,符合压片糖果的感官要求。

3 结论

本试验以填充剂的选择、甜味剂的选择、填充剂添加量、甜味剂添加量、含片质量为变量对龙眼超微粉含片配方进行单因素试验,在此基础上选择龙眼超微粉、奶粉、木糖醇3种原料添加量作为响应面优化设计的影响因素,并以感官评分作为响应值对龙眼超微粉含片的配方进行优化。最终结果显示,龙眼超微粉

含片的最优配方为龙眼超微粉50%、奶粉50%,木糖醇4%(以基料总质量计)。以此配方制备的龙眼超微粉含片的实际感官评分高达85.69,含水量为13.09%,硬度为107.84 N。该含片符合消费者感官要求,可对龙眼深加工工艺及产品研发提供有效的参考。将龙眼制成含片,可以缓解龙眼的储存问题,并且最大程度保留龙眼的风味。该含片可为龙眼加工行业带来一定的经济效益,推动龙眼加工行业的发展。

参考文献:

- [1] 韩冬梅. “南方人参”龙眼[J]. 中国果菜, 2014, 34(7): 6-15.
HAN Dongmei. ‘Southern ginseng’ Longan[J]. China Fruit Vegetable, 2014, 34(7): 6-15.
- [2] JIANG G X, WEN L R, CHEN F, et al. Structural characteristics and antioxidant activities of polysaccharides from longan seed[J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 92(1): 758-764.
- [3] 武飞, 南风. 龙眼: 养血安神[J]. 医药与保健, 1997(8): 31.
WU Fei, NAN Feng. Longan: Nourish blood and calm spirit[J]. Medicine and Health Care, 1997(8):31.
- [4] YANG B, JIANG Y M, SHI J, et al. Extraction and pharmacological properties of bioactive compounds from longan (*Dimocarpus longan*

- Lour.) fruit—A review[J]. Food Research International, 2011, 44(7): 1837–1842.
- [5] ZHANG X F, GUO S, HO C T, et al. Phytochemical constituents and biological activities of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit: A review[J]. Food Science and Human Wellness, 2020, 9(2): 95–102.
- [6] YANG C X, HE N, LING X P, et al. The isolation and characterization of polysaccharides from longan pulp[J]. Separation and Purification Technology, 2008, 63(1): 226–230.
- [7] 刘佳梦, 林丽静, 刘义军, 等. 基于主成分分析的不同品种龙眼干品质综合评价[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(5): 127–133.
- LIU Jiameng, LIN Lijing, LIU Yijun, et al. Comprehensive evaluation of dried longan quality of different varieties based on principal component analysis[J]. Storage and Process, 2021, 21(5): 127–133.
- [8] 武泽奕, 陈晓东, 罗焘, 等. 不同品种龙眼采后品质及贮藏特性的比较[J]. 现代食品科技, 2020, 36(7): 157–164.
- WU Zeyi, CHEN Xiaodong, LUO Tao, et al. Comparison of postharvest quality and storability of different longan varieties[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(7): 157–164.
- [9] LIN Y X, LIN H T, CHEN Y H, et al. Hydrogen peroxide-induced changes in activities of membrane lipids-degrading enzymes and contents of membrane lipids composition in relation to pulp breakdown of longan fruit during storage[J]. Food Chemistry, 2019, 297: 124955.
- [10] LIN Y X, LIN H T, WANG H, et al. Effects of hydrogen peroxide treatment on pulp breakdown, softening, and cell wall polysaccharide metabolism in fresh longan fruit[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 242: 116427.
- [11] 钱志伟, 焦镭, 石明生. 超滤澄清龙眼果汁的研究[J]. 果树学报, 2011, 28(4): 641–644.
- QIAN Zhiwei, JIAO Lei, SHI Mingsheng. Clarification of longan juice by ultrafiltration[J]. Journal of Fruit Science, 2011, 28(4): 641–644.
- [12] 彭颖, 周如金. 两个品种龙眼果汁芳香及营养成分测定与分析[J]. 食品工业科技, 2017, 38(16): 263–266, 274.
- PENG Ying, ZHOU Rujin. Determination and analysis of aroma and nutrient components in fresh juices of two kinds of longan[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(16): 263–266, 274.
- [13] 冉娜, 徐彬, 雷湘兰, 等. 海南龙眼果酒发酵条件优化研究[J]. 食品工业, 2017, 38(5): 72–74.
- RAN Na, XU Bin, LEI Xianglan, et al. Study on optimization of fermentation conditions of Hainan longan wine[J]. The Food Industry, 2017, 38(5): 72–74.
- [14] 陈丽娜, 符丽丽, 罗志辉, 等. 龙眼果醋发酵工艺研究[J]. 现代食品, 2018(9): 170–175.
- CHEN Lina, FU Lili, LUO Zhihui, et al. Study on fermentation technology of longan vinegar[J]. Modern Food, 2018(9): 170–175.
- [15] 王金亮. 龙眼果醋发酵技术及其饮料研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2009.
- WANG Jinliang. Study on fermentation techniques of longan vinegar and its beverage[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2009.
- [16] 朱伟林, 余元善, 肖更生, 等. 龙眼果醋发酵前后主要营养成分差异研究[J]. 食品工业科技, 2019, 40(22): 19–23.
- ZHU Weilin, YU Yuanshan, XIAO Gengsheng, et al. Differences study on the main nutritional quality of longan vinegar before and after fermentation[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(22): 19–23.
- [17] 滕亚然, 黄仁嵩, 李珺铭, 等. 人参超微粉片制剂工艺研究[J]. 亚太传统医药, 2022, 18(2): 70–74.
- TENG Yaran, HUANG Rensong, LI Junming, et al. Preparation process of ginseng ultrafine powder tablets[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2022, 18(2): 70–74.
- [18] 王丽宏, 张延, 张宝彤, 等. 超微粉碎技术的特点及应用概况[J]. 饲料博览, 2013(10): 13–16.
- WANG Lihong, ZHANG Yan, ZHANG Baotong, et al. Characteristics and application situation of superfine grinding technology[J]. Feed Review, 2013(10): 13–16.
- [19] 侯鹏飞, 傅航. 超微粉碎技术及其在食品加工中的应用[J]. 黑龙江科技信息, 2017(16): 63.
- HOU Pengfei, FU Hang. Ultrafine grinding technology and its application in food processing[J]. Heilongjiang Science and Technology Information, 2017(16): 63.
- [20] 李昌文, 张丽华, 胡少帅, 等. 超微粉碎对芹菜渣理化特性的影响[J]. 食品工业, 2021, 42(7): 150–153.
- LI Changwen, ZHANG Lihua, HU Shaoshuai, et al. Ultrafine grinding of slag celery physicochemical properties[J]. The Food Industry, 2021, 42(7): 150–153.
- [21] GAO W J, CHEN F, WANG X, et al. Recent advances in processing food powders by using superfine grinding techniques: A review[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2020, 19(4): 2222–2255.
- [22] HE S D, TANG M M, SUN H J, et al. Potential of water dropwort (*Oenanthe javanica* DC.) powder as an ingredient in beverage: Functional, thermal, dissolution and dispersion properties after superfine grinding[J]. Powder Technology, 2019, 353: 516–525.
- [23] SUN X B, ZHANG Y W, LI J, et al. Effects of particle size on physicochemical and functional properties of superfine black kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) powder[J]. PeerJ, 2019, 7: e6369.
- [24] 王亚宁, 张高鹏, 叶松梅, 等. 压片糖果的制备方法及产品开发研究进展[J]. 食品工业科技, 2022, 43(10): 426–433.
- WANG Yaning, ZHANG Gaopeng, YE Songmei, et al. Research process of preparation methods and product development of tablet candy[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(10): 426–433.
- [25] 赵丽君, 成筑丽. 粉末直接压片法在生产中的工艺研究[J]. 造纸装备及材料, 2021, 50(4): 86–88.
- ZHAO Lijun, CHENG Zhuli. Study on the technology of direct powder compression in production[J]. Papermaking Equipment & Materials, 2021, 50(4): 86–88.
- [26] 赵丽君, 成筑丽. 粉末直接压片法在生产中的工艺研究[J]. 造纸

- 装备及材料, 2021, 50(4): 86-88.
- ZHAO Lijun, CHENG Zhuli. Study on the technology of direct powder compression in production[J]. Papermaking Equipment & Materials, 2021, 50(4): 86-88.
- [27] 刘伟. 葡萄籽超微粉的制备及其压片糖果配方工艺优化[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2021.
- LIU Wei. The preparation of grape seed ultra-micro powder and the optimization of its chip candy formulation process[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2021.
- [28] 吴建兰, 仲苏林, 胥亚云, 等. 全粉末压片技术制甲维盐水分散片剂(WT)的研究[J]. 世界农药, 2017, 39(2): 41-44.
- WU Jianlan, ZHONG Sulin, XU Yayun, et al. Study of emamectin benzoate WT with powder only[J]. World Pesticides, 2017, 39(2): 41-44.
- [29] 李延年, 伍振峰, 万娜, 等. 中药片剂成型质量影响因素研究现状及问题分析[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(8): 1547-1553.
- LI Yannian, WU Zhenfeng, WAN Na, et al. Current situations and problem analysis of influencing factors of traditional Chinese medicine tablets on forming quality[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2018, 43(8): 1547-1553.
- [30] 郭留城, 杜利月, 王飞. 香菇风味奶片的制备及品质分析[J]. 食品工业科技, 2022, 43(16): 185-191.
- GUO Liucheng, DU Liyue, WANG Fei. Preparation and quality analysis of *Lentinula edodes* flavored milk tablets[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(16): 185-191.
- [31] 中华人民共和国商务部. 糖果 压片糖果: SB/T 10347—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- Ministry of Commerce of the People's Republic of China. Candy Pressed candy: SB/T 10347—2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.

加工编辑: 冯娜

收稿日期: 2022-06-22