

可食油墨制备工艺优化

姚瑞玲, 毛宏萍, 余勇, 隋明
(四川工商职业技术学院, 成都 611830)

摘要: **目的** 优化可食油墨的制备工艺以提高印品质量。**方法** 研究大豆油、色料、蔗糖、黄原等质量分数对印品墨层质量的影响, 并对它们的交互作用进行研究, 采用响应面法分析实验数据, 并寻求最佳制备工艺。**结果** 大豆油质量分数为 45.00%, 色料质量分数为 0.11%, 蔗糖质量分数为 40.35%, 黄原胶质量分数为 0.23% 的条件下, 可食油墨印品墨层质量综合分预测值为 69.75, 修正因素水平后的实测印品墨层综合分为 66.87。**结论** 响应面分析法可以用于优化可食油墨的制备工艺以提升其印品质量。

关键词: 可食油墨; 牢固度; 光泽度; 响应面分析

中图分类号: TS802.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2017)15-0224-07

Optimization of Preparation Technology of Edible Ink

YAO Rui-ling, MAO Hong-ping, YU Yong, SUI Ming
(Sichuan Technology and Business College, Chengdu 611830, China)

ABSTRACT: This study aims to improve presswork quality by optimizing preparation technology of edible ink. Effect of mass fraction of soybean oil, pigment, saccharose and xanthan gum on presswork quality of edible ink and their interaction were studied. Response Surface Analysis was applied to gain the optimal preparation technology of edible ink. The theoretical predictions (69.75) of the comprehensive score of edible ink presswork agrees well with the experimental results (66.87) measured on presswork after factor correction at 45.00% of (mass fraction) soybean oil concentration, 0.11% of (mass fraction) pigment concentration, 40.35% of (mass fraction) sucrose concentration and 0.23% of (mass fraction) xanthan gum concentration. Response Surface Analysis can be used for optimizing preparation technology of edible ink to improve presswork quality.

KEY WORDS: edible ink; firmness; gloss; response surface analysis

油墨作为包装印刷行业中的重要材料, 能够赋予产品艳丽的色彩、生动的外观形象, 随着食品药品产业的快速发展, 包装印刷行业对可食油墨的需求量越来越大, 可食油墨应具有良好的印刷适性、优美的感官效果, 并且符合食品安全及卫生要求^[1]。目前, 用于食品药品印刷的优质可食油墨多属于进口产品, 国内可食油墨的生产技术仍旧处于比较低的水平, 主要表现为印刷适性较差^[2]。

文中通过响应面法对可食油墨的制备工艺进行优化, 旨在寻求高质量的可食油墨制备工艺, 开发可用于食品药品印刷的油墨, 为可食油墨的开发研究

提供依据。

1 实验

1.1 材料与仪器

材料: 蒸馏水, 自制; 蔗糖、黄原胶、大豆油、栀子蓝, 均为食用级国产化学纯。

仪器: 500 目丝网, 自制; X-rite 分光光度计, 爱色丽(上海)色彩科技有限公司; MN60-D 镜像光泽度仪, 天津其立科技有限公司; MCJ-01A 摩擦实验机, 济南兰光机电技术有限公司。

收稿日期: 2016-11-06

基金项目: 四川工商职业技术学院青年专项课题(14NC01)

作者简介: 姚瑞玲(1987—), 女, 硕士, 四川工商职业技术学院讲师, 主要研究方向为环保油墨、包装印刷。

1.2 方法

1.2.1 油墨制备

参照文献[3],制备方法示例为:将盛有25 g 蒸馏水的烧杯置于50℃水浴锅中,将35 g 蔗糖加入烧杯,搅拌至完全溶解。然后将1 g 栀子蓝和1 g 黄原胶混合后加入烧杯,搅拌至完全溶解。将烧杯从水浴锅中取出并擦干外表,将烧杯置于恒温电磁搅拌器上,维持烧杯内溶液温度在45~55℃。最后向烧杯中加入38 g 大豆油,充分搅拌使溶液乳化,静止1 h,溶液无分层现象则表明乳化完成,乳化后的溶液即所得油墨^[3]。

1.2.2 丝网印刷

直接制版方式制得500网目丝网版,经5 min 曝光,制得20 cm×5 cm 实地测试条,将图文用所制油墨在定量为70 g/m²的胶版纸进行印刷,自然干燥后检测墨层质量相关指标。

1.2.3 牢固度检测

将印品剪成20 cm×5 cm 的待测试样,将试样固定在摩擦实验机上进行试验,摩擦次数设定为35。再用分光密度仪测量摩擦前后印品墨层的密度,根据式(1)计算印品墨层的牢固度。

$$\text{印品牢固度} = \frac{\text{印品摩擦后密度}}{\text{印品原始密度}} \times 100\% \quad (1)$$

1.2.4 光泽度检测

采用镜像光泽度仪,70°视角测量印品的光泽度值,各印品测量5个点,取平均值。

1.2.5 干燥速度检测

根据GB/T 13217.5—2008^[4]检测,以墨层初干性数值(mm/30 s)表示干燥速度,数值越大则干燥速度越快^[5]。

1.2.6 密度检测

每个样品取点6个,用分光光度仪测其密度,取其平均值。

1.2.7 综合指标测定

利用主成分分析法将试验数据从高维度降低到低维度^[6],并给可食油墨印品质量的各指标重要性进行排序,以确定各指标权重,避免人为赋予指标权重的主观随意性^[7]。

运用隶属函数^[8]将可食油墨印品的牢固度、光泽度进行综合评分,隶属度按式(2)计算。

$$P = \frac{A_i - A_{\min}}{A_{\max} - A_{\min}} \quad (\text{正效应}) \quad (2)$$

式中: P 为隶属度; A_i 为指标值; A_{\min} 为指标所在列最小值; A_{\max} 为指标所在列最大值。

复合膜的性能综合得分 S 按式(3)计算:

$$S = aP_1 + bP_2 \quad (3)$$

式中: P_1, P_2 分别为牢固度、光泽度的隶属度; a, b 分别为2个指标的权重。

1.2.8 单因素试验

以大豆油质量分数35%、色料质量分数0.1%、蔗糖质量分数35%、黄原胶质量分数0.2%为基准进行单因素试验。

1.2.9 响应面优化试验

以单因素试验结果为基础,印品墨层综合分为响应值,进行Box-Behnken 试验设计以优化油墨制备工艺。

1.3 数据统计与分析

应用SPSS 22 软件进行主成分分析,运用隶属函数进行综合评分,应用Excel 2013 对单因素试验结果进行分析,应用Design-Expert V8.0.6.1 进行试验设计并分析,试验均进行3次重复。

2 单因素试验结果与分析

2.1 大豆油质量分数的影响

大豆油为绿色的天然植物油,作为可食油墨的连接料主要成分,可降低造成大气污染的挥发性有机化合物(VOC)含量,大豆油含量对印品质量有着重要的影响^[9-10]。由图1可知,随着大豆油质量分数的增加,可食油墨印品墨层的牢固度和光泽度都随之先升高后降低;油墨干燥速度逐渐增快,印品墨层密度较为稳定。随着大豆油质量分数的增加,色料得到更加充分的溶解,使得色料能够更加均匀地附着在印品上,牢固度和光泽度得到提升,干燥速度增快,但是,大

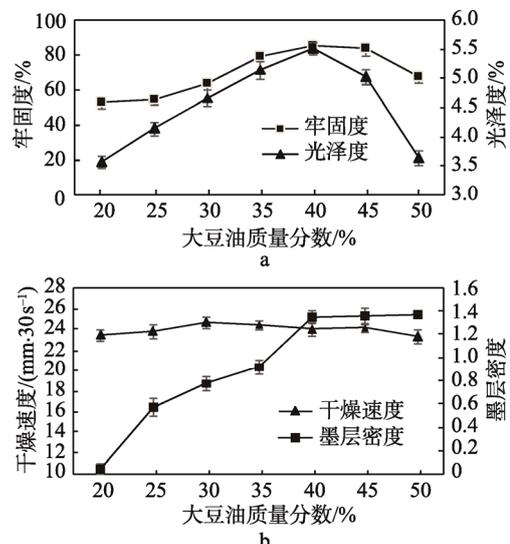


图1 大豆油质量分数对印品质量的影响
Fig.1 Influence of soybean oil concentration on presswork quality

豆油质量分数过大,使得蔗糖、黄原胶等助剂所占比例减少,油墨的粘性降低,印品墨层厚度减小,导致牢固度和光泽度下降,由于植物油墨的干燥过程是通过氧化反应完成的,墨层干燥速度取决于植物油中的双键数量和双键反应强度^[11]。大豆油的脂肪酸主要以亚油酸为主^[12],随着浓度的增大,不饱和键含量增多,干燥速度增快,但是,油墨中大豆油含量过高,在印制品中油墨转移量增大,影响了干燥速度的进一步提升。大豆油质量分数的高低对印品墨层密度没有显著影响,印品墨层密度较为稳定,说明此可食油墨具有较好的显色稳定性^[13]。综上所述,选择大豆油质量分数为40%进行后续响应面优化设计及试验。

2.2 色料质量分数的影响

色料又称印刷油墨着色剂,是油墨中的呈色物质,色料含量的多少对油墨质量与呈色品质具有决定性作用^[14]。由图2可知,随着色料质量分数的增加,印品墨层牢固度先增强后稳定,光泽度先迅速升高后缓慢降低,干燥速度先增快后减慢,墨层密度呈现逐渐增大的趋势。随着色料质量分数的增高,色料在油墨中的浓度增大,在印品中的墨层密度不断升高,恰当的色料质量分数可以增强油墨印刷后的牢固程度,当色料含量过高,色料在油墨中高度聚集,出现一定程度的颗粒累积,使得色料难以全部牢固地附着在印品上,降低其印品中墨层的牢固度^[15]。梔子蓝色料难溶于大豆油,在油墨中以固体小颗粒状态悬浮于溶液中,色料的在油墨胶体中的分散性对印品中墨层的光泽度有很大的影响,随着色料含量的提高,印品墨迹形成的膜层平滑度就高,所印出的网点也就越饱满,画面也就显得清晰、精神,即光泽度高,当色料含量

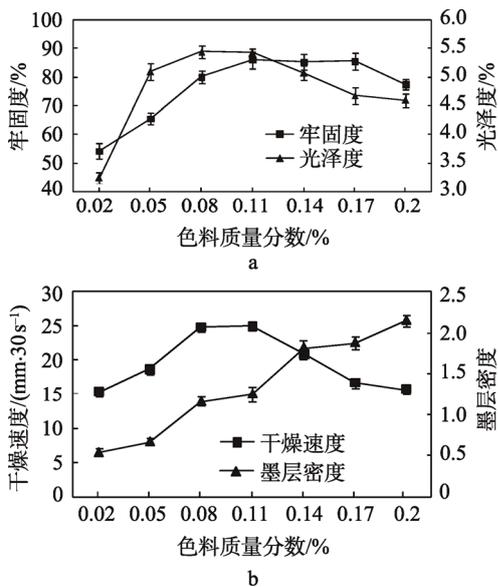


图2 色料质量分数对印品质量的影响
Fig.2 Influence of pigment concentration on presswork quality

过高,色料在溶剂中的分散性能减弱,色料颗粒无法在溶剂中均匀分布,油墨失去了良好的流平性和快速的干燥速度,墨层的光泽度也将减弱^[16]。

2.3 蔗糖质量分数的影响

蔗糖做为油墨连接料的另一主要成分,既可以赋予可食油墨以香甜味道,又能作为色料的载体,在油墨中起到至关重要的作用^[17]。蔗糖质量分数对印品质量的影响见图3,由图3可知,随着蔗糖质量分数的增加,印品墨层的牢固度和光泽度都呈先升高后降低的趋势,当蔗糖质量分数为40%时,印品墨层牢固度和光泽度均达到峰值,分别为86.78%,5.63%,此时墨层干燥速度也最快,为24.89 mm/30 s。蔗糖质量分数对印品墨层密度没有显著影响,油墨印刷密度稳定性较好,说明可食油墨显色具有较好的稳定性。

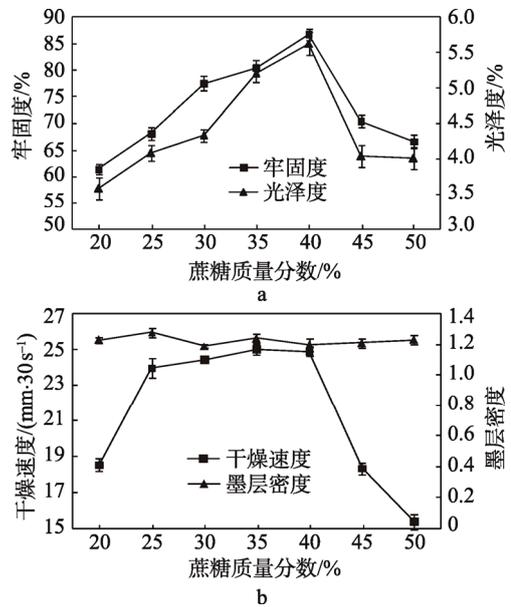


图3 蔗糖质量分数对印品质量的影响
Fig.3 Influence of sucrose concentration on presswork quality

2.4 黄原胶质量分数的影响

黄原胶是经野油菜黄单胞菌以碳水化合物为主要原料经发酵生产的一种用途广泛的杂多糖,很早就被用于食品添加剂,是目前国际上性能最优越的生物胶,具有增稠、增粘和稳定乳化等功能^[18]。由图4可知,随着黄原胶质量分数的增加,牢固度先增强后快速减弱,在实验浓度范围内,黄原胶质量分数为0.25%时,能够使得印品墨层具有最高的牢固度,此时光泽度为5.40%,虽不是最好,但与最高5.55%的光泽度相差不大。当黄原胶质量分数为0.25%时,可食油墨还具有最快的干燥速度。黄原胶质量分数的差异并不会引起印品墨层密度的显著差异,说明印品墨层密度对黄原胶浓度不敏感。低浓度溶液具有高粘性是黄原胶的独特理化性质^[19],在强剪切力的作用下,能够促进大豆油在水溶液中进行乳化,乳化完好的油

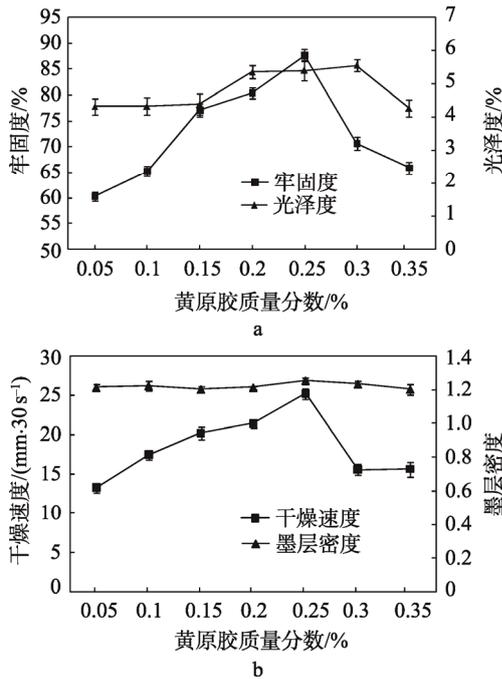


图 4 黄原胶质量分数对印品质量的影响
Fig.4 Influence of xanthan gum concentration on presswork quality

墨在印刷后，能够形成牢固度高，光泽度好，干燥速度快，显色稳定的墨层。过量的黄原胶会导致油墨过稠，在印刷过程中，丝网细孔容易堵塞，从而造成漏墨不均，降低印品墨层牢固度和光泽度，浓稠的油墨不利于其在印品中的扩散，会降低墨层干燥速度。

3 响应面试验结果

3.1 可食油墨印品综合得分

应用主成分分析法确定可食油墨各性能指标的权重,利用 SPSS 22 软件对前 4 次单因素实验结果(见表 1)进行分析以确定主成分,结果见表 2—3。由表 2 可知,前 2 个主成分的特征根大于 1,主成分 1 和 2 的总方差贡献率达到 86.53%,因此前 2 个主成分能够替换原来的 4 个指标并可反映印品质量的基本信息。综合前 2 个主成分的载荷矩阵系数、特征根及方差贡献率可以求得评价可食油墨性能的主要指标的权重,即牢固度权重为 0.7,光泽度权重为 0.3。结合公式可得可食油墨性能的综合评分为: $S=0.7P_1+0.3P_2$ 。

表 1 主成分分析试验数据

Tab.1 Test data of contribution rate by principal component analysis

序号	牢固度/%	光泽度/%	干燥速度/(mm·30 s ⁻¹)	墨层密度
1	52.67	3.57	10.58	1.2
2	54.38	4.14	16.45	1.23
3	63.55	4.67	18.77	1.31
4	78.91	5.15	20.35	1.28
5	54.22	3.24	15.25	0.54
6	65.55	5.1	18.65	0.67
7	80.15	5.45	24.83	1.16
8	86.12	5.43	24.96	1.25
9	61.56	3.59	18.56	1.23
10	68.23	4.09	23.98	1.28
11	77.56	4.34	24.44	1.19
12	80.45	5.21	25.03	1.24
13	60.35	4.32	13.22	1.21
14	65.21	4.32	17.43	1.22
15	77.05	4.38	20.16	1.2
16	80.43	5.36	21.36	1.21

表 2 主成分分析试验结果

Tab.2 Results of contribution rate by principal component analysis

成分	特征根	方差贡献率/%	累加方差贡献率/%
1	2.421	60.531	60.531
2	1.040	25.999	86.530
3	0.442	11.061	97.591
4	0.096	2.409	100.000

表 3 主成分分析的成分载荷矩阵

Tab.3 Component matrix of principal component analysis

主成分	牢固度	光泽度	干燥速度	墨层密度
1	0.966	0.859	0.775	0.387
2	0.081	-0.082	-0.461	0.903

3.2 Box-Behnken 试验

以单因素试验结果为基础进行 4 因素 3 水平响应

面设计及试验。因素水平编码见表4，试验设计与结果见表5。

表4 因素水平编码
Tab.4 Coded values of factors and levels

水平	因素			
	A/%	B/%	C/%	D/%
-1	35	0.08	35	0.2
0	40	0.095	40	0.25
1	45	0.11	45	0.3

表5 Box-Behnken 试验设计与结果
Tab.5 Box-Behnken experimental design and results

试验号	质量分数/%				综合分
	大豆油	色料	蔗糖	黄原胶	
1	0	0	0	0	63.691
2	0	0	1	-1	60.534
3	-1	0	-1	0	53.714
4	-1	0	0	1	44.238
5	1	1	0	0	66.836
6	0	1	0	-1	62.241
7	-1	0	1	0	48.744
8	0	0	-1	1	48.615
9	0	0	0	0	61.534
10	0	0	0	0	63.642
11	0	1	0	1	42.276
12	0	-1	1	0	60.443
13	0	1	1	0	45.078
14	1	0	1	0	57.638
15	-1	-1	0	0	63.545
16	1	0	0	1	53.135
17	1	-1	0	0	43.677
18	0	0	-1	-1	46.057
19	1	0	-1	0	50.776
20	0	1	-1	0	54.045
21	0	0	1	1	35.031
22	-1	1	0	0	36.5745
23	0	-1	-1	0	45.451
24	0	-1	0	1	47.932
25	0	-1	0	-1	49.619
26	-1	0	0	-1	57.69
27	0	0	0	0	67.075
28	0	0	0	0	66.887
29	1	0	0	-1	56.756

每组试验重复3次，取综合分的平均值作为响应值。应用 Design-Expert V8.0.6 软件对表5中的试验结果进行统计分析，并进行多元回归拟合，得到可食油墨印品墨层的综合分对大豆油质量分数、色料质量分数、蔗糖质量分数和黄原胶质量分数的二次多项回

归模型方程：

$$Y=64.57+2.03A-0.30B+0.73C-5.14D+12.53AB+2.96AC+2.46AD-5.99BC-4.57BD-7.02CD-4.39A^2-6.35B^2-7.79C^2-8.04D^2$$

由表6可知，试验所建立的模型 $P < 0.0001$ ，模型极显著。 $A, D, AB, BC, BD, CD, A^2, B^2, C^2, D^2$ 对响应值的影响都是极显著 ($P < 0.01$)， AC 对响应值也有显著影响 ($P < 0.05$)，失拟为 0.5636 不显著 ($P > 0.05$)，回归方程与试验数据具有较好的一致性，误差较小。 $R_{adj}^2=0.9348$ ，说明模型能解释 93.48% 响应值的变化，较低的变异系数 ($C_v=4.37%$) 说明模型具有较高的可信度、较好的重复性^[20]。其中决定系数 $R^2=0.9674$ ，表明模型具有良好的线性分布，残差属于正态分布。综上所述，该模型可以用于分析和预测4个因素对响应值的影响情况。

表6 回归模型方差分析表
Tab.6 Analysis of variance table on the regression model

来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	2283.24	14	163.09	29.7	<0.0001	**
A	49.26	1	49.26	8.97	0.0096	**
B	1.09	1	1.09	0.2	0.6628	
C	6.47	1	6.47	1.18	0.2961	
D	316.93	1	316.93	57.71	<0.0001	**
AB	628.24	1	628.24	114.4	<0.0001	**
AC	35	1	35	6.37	0.0243	*
AD	24.16	1	24.16	4.4	0.0546	
BC	143.51	1	143.51	26.13	0.0002	
BD	83.52	1	83.52	15.21	0.0016	**
CD	196.85	1	196.85	35.85	<0.0001	**
A ²	125.26	1	125.26	22.81	0.0003	**
B ²	261.15	1	261.15	47.55	<0.0001	**
C ²	394.04	1	394.04	71.75	<0.0001	**
D ²	419.75	1	419.75	76.43	<0.0001	**
残差	76.88	14	5.49			
失拟	54.39	10	5.44	0.97	0.5636	不显著
纯误差	22.49	4	5.62			
总和	2360.13	28				

$R^2=0.9674; R_{adj}^2=0.9348; C_v=4.37%$

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

3.3 响应面优化结果及验证

利用响应面分析可以获得4个不同因素以及4因素交互作用对印品质量综合分的影响，由4元回归方程所得到的响应面见图5。响应面中，坡面越陡峭，响应值对该因素越敏感，椭圆越扁说明两因素交互作用越显著。由图5和表6可以看出，大豆油质量分数和色料质量分数、色料质量分数和蔗糖质量分数、色料质量分数和黄原胶质量分数、蔗糖质量分数和黄原

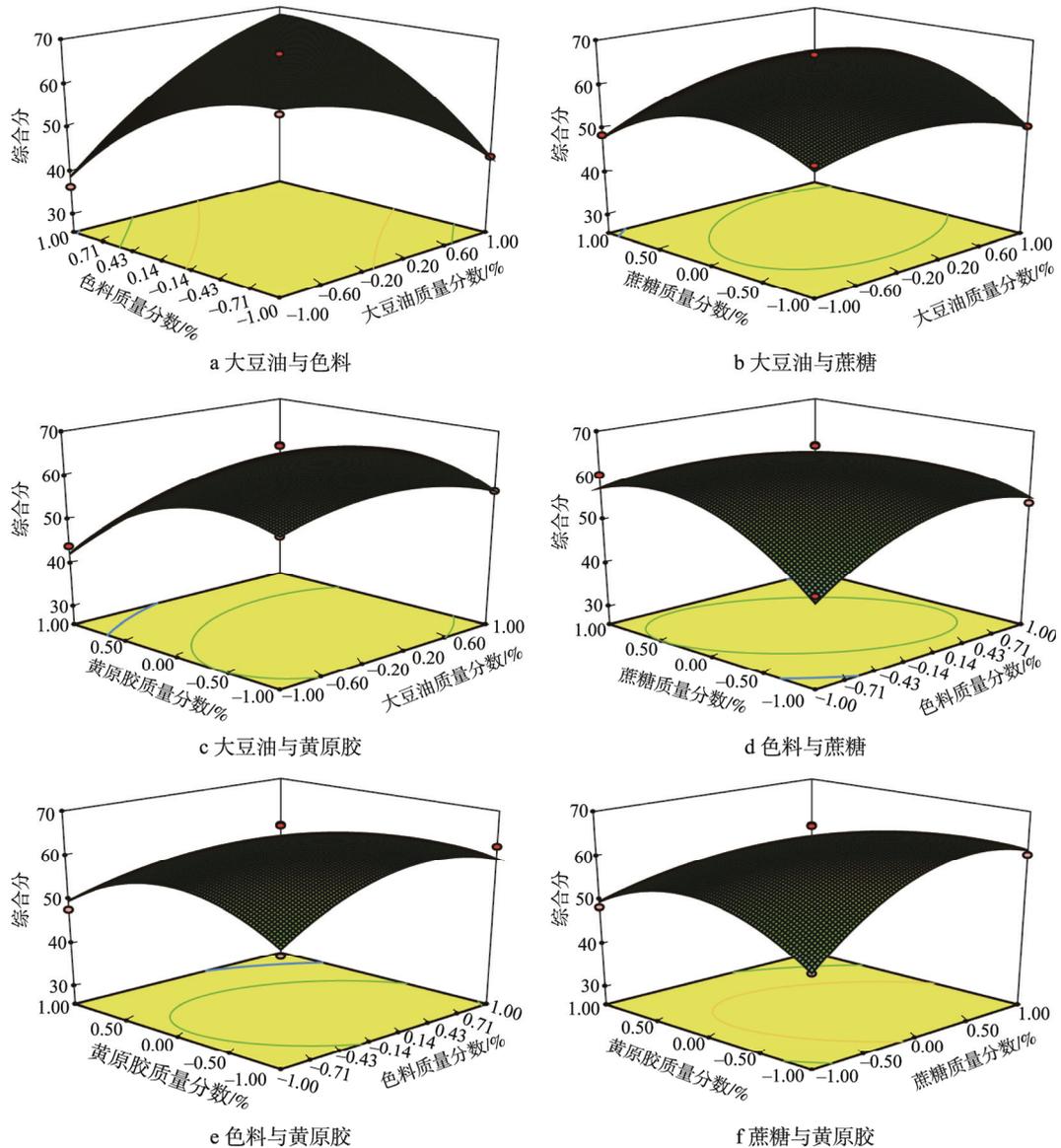


图 5 各两因素交互作用对印品质量综合分影响的响应面

Fig.5 Response surface showing the interactive effects of among factors on the comprehensive score of presswork quality

胶质量分数具有极显著的交互作用；大豆油质量分数和蔗糖质量分数具有显著的交互作用；大豆油质量分数和黄原胶质量分数的交互作用不显著。

经响应面分析得到 4 因素对响应值的二次回归方程，由方程分析获得可食油墨的最佳工艺配比为：大豆油质量分数为 45.00%，色料质量分数为 0.11%，蔗糖质量分数为 40.35%，黄原胶质量分数为 0.23%，可食油墨印品质量综合分预测值为 69.75。考虑到验证试验的操作便利，将可食油墨的工艺配比修正为大豆油质量分数为 45.00%，色料质量分数为 0.10%，蔗糖质量分数为 40.00%，黄原胶质量分数为 0.20%，在此条件下，进行 5 次平行实验，实测印品质量综合分为 66.87，与预测值非常接近，说明响应面回归模型能够很好地预测各因素以及因素间交互作用与印品墨层质量之间的关系，所建模型可用于优化该可食油墨的制备工艺。

4 结语

为获得材料易得、工艺简单、制备方便、印品质量优良的可食油墨，在单因素基础上采用响应面法优化可食油墨制备工艺，得到了最佳制备条件：大豆油质量分数为 45.00%，色料质量分数为 0.10%，蔗糖质量分数为 40.00%，黄原胶质量分数为 0.20%。此条件下，可制得印品墨层综合分为 66.87 的可食油墨，所得油墨综合评分与预测值仅相差 4.13%，说明优化后的工艺是可行的。

参考文献：

[1] SHASTRY A V, BEN-YOSEPH E M, WALTERS M, et al. Edible Inks for Ink-jet Printing on Edible Substrates:

- Australian Patent, 20032489513[P]. 2014-01-08.
- [2] 方燕, 朱克永, 姚瑞玲, 等. 可食性油墨在食品包装印刷的研究与应用[J]. 食品与发酵科技, 2013, 49(1): 85—90.
FANG Yan, ZHU Ke-yong, YAO Rui-ling, et al. Research and Application of Edible Ink in Packaging and Printing of Food[J]. Food and Fermentation Technology, 2013, 49(1): 85—90.
- [3] 苏羽航, 赵秀萍. 可食性油墨的制备及其性能的测定与分析[J]. 包装工程, 2009, 30(6): 32—33.
SU Yu-hang, ZHAO Xiu-ping. Preparation of Edible Ink and Analysis of Its Performance[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(6): 32—33.
- [4] GB/T 13217.5—2008, 液体油墨初干性检验方法[S]. GB/T 13217.5—2008, Test Method for Initial Dryness of Liquid Ink[S].
- [5] 王丽梅, 邓开发. 助剂对水性塑料凹印油墨干燥速度的影响[J]. 包装工程, 2014, 35(23): 126—129.
WANG Li-mei, DENG Kai-fa. Effect of Auxiliary on Drying Rate of the Water-based Plastic Gravure Inks[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(23): 126—129.
- [6] AZIRA T N, MAN Y B C, HAFIDZ R N R M, et al. Use of Principal Component Analysis for Differentiation of Gelatine Sources Based on Polypeptide Molecular Weights[J]. Food Chemistry, 2014, 151(20): 286—292.
- [7] 何超, 李萌, 李婷婷, 等. 多目标综合评价中四种确定权重方法的比较与分析[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2016, 38(2): 172—178.
HE Chao, LI Meng, LI Ting-ting, et al. Comparison and Analysis of the four Methods of Determining Weights in Multi-objective Comprehensive Evaluation[J]. Journal of Hubei University(Natural Science), 2016, 38(2): 172—178.
- [8] 刘魁英. 食品研究与数据分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2015.
LIU Kui-ying. Food Research and Data Analysis[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2015.
- [9] KUMAR V, SATYANARAYANA T. Production of Endoxylanase with Enhanced Thermostability by a Novel Polyextremophilic Bacillus Halodurans TSEV1 and Its Applicability in Waste Paper Deinking[J]. Process Biochemistry, 2014, 49(3): 386—394.
- [10] 颜国栋, 朱秀清, 李杨. 热聚合反应条件对环保大豆油墨连接料黏度的影响[J]. 中国油脂, 2010, 35(5): 41—44.
YAN Guo-dong, ZHU Xiu-qing, LI Yang. Effect of Thermalpoly Merization Condition on the Viscosity of Soybean Oil-based Ink Vehicle[J]. China Oil and Fats, 2010, 35(5): 41—44.
- [11] 王鑫, 陈蕴智, 田福祯, 等. 大豆油脂脂肪酸乙酯的制备及其在印刷油墨中的应用[J]. 中国油脂, 2008, 33(2): 60—62.
WANG Xin, CHEN Yun-zhi, TIAN Fu-zhen, et al. Preparation of Ethylester of Soybean Oil and Its Application in Printing Ink[J]. Chian Oil and Fat, 2008, 33(2): 60—62.
- [12] 卢银洁, 郝利平, 郭雨萱. 大豆油和黑豆油主要脂肪酸含量及变化研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(7): 136—138.
LU Yin-jie, HAO Li-ping, GUO Yu-xuan. Research on the Contents and Changes of the Main Fatty Acids in Soybean Oil and Black Soybean Oil[J]. Food Research and Development, 2016, 37(7): 136—138.
- [13] 孙菁梅, 魏先福, 黄蓓青, 等. 可食性喷墨油墨黏度对墨滴状态的影响[J]. 北京印刷学院学报, 2011, 19(4): 13—16.
SUN Jing-mei, WEI Xian-fu, HUANG Bei-qing, et al. Influence of the Viscosity of Edible Inks for Ink-jet Printing on Drop State[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2011, 19(4): 13—16.
- [14] SOUSA S C L, MENDES A D O, FIADEIRO P T, et al. Dynamic Interactions of Pigment-based Inks on Chemically Modified Papers and Their Influence on Inkjet Print Quality[J]. Industrial and Engineering Chemistry Research, 2014, 53(12): 4660—4668.
- [15] BAZRAFSHAN Z, ATAEEFARD M, NOURMOHAM MADIAN F. Modeling the Effect of Pigments and Processing Parameters in Polymeric Composite for Printing Ink Application Using the Response Surface Methodology[J]. Progress in Organic Coatings, 2015, 82: 68—73.
- [16] 贾晓雪, 黄蓓青, 颜燕妮, 等. 颜料分散性对 UV 柔印油墨印刷适性的影响[J]. 中国印刷与包装研究, 2011, 3(2): 50—54.
JIA Xiao-xue, HUANG Bei-qing, YAN Yan-ni, et al. Influence of Pigment Dispersion on the Printability of UV Flexo Ink[J]. China Printing and Packaging Study, 2011, 3(2): 50—54.
- [17] ZHANG Y, TULING N, MODI J, et al. High-stretch Energy Curable Inks and Method of Use in Heat Transfer Label Applications: United States Patent, 0220315A1[P]. 2014-08-07.
- [18] POOJA D, PANYARAM S, KULHARI H, et al. Xanthan Gum Stabilized Gold Nanoparticles: Characterization, Biocompatibility, Stability and Cytotoxicity[J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 110(18): 1—9.
- [19] LI R, FEKE D L. Rheological and Kinetic Study of the Ultrasonic Degradation of Xanthan Gum in Aqueous Solutions[J]. Food Chemistry, 2015, 172: 808—813.
- [20] 杨波, 卢晶昌, 杨光, 等. 响应面法优化豆胶强化地板平衡纸压贴工艺[J]. 包装工程, 2016, 37(13): 65—70.
YANG Bo, LU Jing-chang, YANG Guang, et al. Optimization of Pressing Parameters of Equilibrium Paper Using Soy Protein-based Adhesive for Laminate Flooring with Response Surface Methodology[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(13): 65—70.