

## 不同改良剂对冷冻面团及其蒸制包子品质的影响

刘思宇, 舒琴, 芦红云, 陈启和\*  
(浙江大学食品科学与营养系 杭州 310058)

**摘要** 冷冻面团加工技术是重要的发酵面制品保鲜技术之一,它实现了面团制作和蒸制的分离。包子在我国的饮食文化中占据非常重要的地位,目前其工业化生产主要采用冷冻面团法,然而,冷冻过程会对面筋网络结构、酵母活力及其品质等产生不良影响。本文研究黄原胶、瓜尔豆胶、硬脂酰乳酸钠和双乙酰酒石酸单(双)甘油酯 4 种改良剂对冷冻面团及其蒸制包子流变、比容、高径比、质构和感官品质的影响。在单因素实验基础上,利用响应面法优化改良剂复配工艺,得到适合制作冷冻面团包子的最佳改良剂复合配方。试验结果表明:在单因素实验中,当改良剂最适添加量分别为黄原胶 0.1%、瓜尔豆胶 0.1%、硬脂酰乳酸钠 0.2%和双乙酰酒石酸单(双)甘油酯 0.3%时,冷冻面团包子综合品质得到明显改善。同时,基于冷冻面团包子的感官评分进行响应面优化,获得最优的复合改良剂配方为黄原胶 0.1%、瓜尔豆胶 0.11%、硬脂酰乳酸钠 0.28%和双乙酰酒石酸单(双)甘油酯 0.35%。

**关键词** 冷冻面团;包子;面粉改良剂;复配;响应面优化

**文章编号** 1009-7848(2023)02-0173-10 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2023.02.017

包子作为中国的传统主食之一,因独特的风味和丰富的营养而深受人们的喜爱,在我国的饮食文化中占据非常重要的地位。随着我国经济的发展和城市化进程的加快,包子的产业化前景日益广阔。冷冻面团技术是指将冷冻原理应用于面包、馒头和包子等产品生产的加工技术<sup>[1]</sup>,自 20 世纪 70 年代以来,由于它具有延长食品的保质期,防止淀粉老化和便于运输等优点,极大地推动了国内外面制品产业的发展,被认为是实现主食生产产业化的重要途径之一<sup>[2]</sup>。目前我国餐饮行业中包子的产业化生产通常采用预醒发冷冻面团法,该法是将醒发程度为 20%~100%不等的面团经冷冻处理后储存,在需要时进行简单的解冻和蒸制,不仅能更快地满足消费者的需求,还有效降低了生产成本<sup>[3]</sup>。

虽然冷冻面团制品的市场在逐年增长,但是冷冻面团的品质在从冷冻储存到最终到达消费者的过程中会逐渐劣化。大量研究表明,长时间冷冻贮藏处理会在面团中形成冰晶并出现重结晶现象,这将直接破坏面筋网络结构,严重损伤酵母细胞,导致面团的骨架支撑力、产气力和持气力下

降,进而降低产品品质,产生成品硬度和咀嚼性增加,比容变小和粘牙等难题<sup>[4-6]</sup>。近年,有研究者对冷冻面团品质劣化的问题进行了研究,发现一些改良剂对冷冻面团的品质具有较好的改善作用<sup>[7-8]</sup>。本文研究黄原胶、瓜尔豆胶、硬脂酰乳酸钠和双乙酰酒石酸单(双)甘油酯 4 种改良剂对冷冻面团及其蒸制包子品质的影响,在单因素实验基础上,利用响应面法优化改良剂复配工艺,得到适合制作冷冻面团包子的最佳复合冷冻改良剂配方,以期改善冷冻面团制品品质提供一定的理论依据。

### 1 材料与amp;方法

#### 1.1 材料与试剂

小麦粉,江苏泰兴曲霞面粉有限公司;高活性干酵母、双效泡打粉,山东圣琪生物有限公司;白砂糖、食盐,市售;黄原胶、硬脂酰乳酸钠、双乙酰酒石酸单(双)甘油酯,Foodmate Co. Ltd.公司;瓜尔豆胶,厦门益维生物科技有限公司。

#### 1.2 仪器与设备

BSA124S 电子天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;SM350G 和面机,宁波阿诗顿电器有限公司;CTHI-250B 恒温恒湿箱,施都凯仪器设备(上海)有限公司;GR-B2078DAH 冰箱,乐金电子(中国)有限公司;SZ30T1 蒸锅、SDHCB9E30-210 电磁炉,浙江苏泊尔股份有限公司;MCR302 智能

收稿日期: 2022-02-13

基金项目: 浙江省科技计划项目公益项目(LGF18C200003)

第一作者: 刘思宇,女,硕士生

通信作者: 陈启和 E-mail: chenqh@zju.edu.cn

型高级旋转流变仪,奥地利安东帕公司;TA.XT Plus 质构仪,英国 Stable Micro System 公司。

### 1.3 试验方法

1.3.1 冷冻面团包子的基本配方及工艺流程 冷冻面团包子的基础配方如下(以面粉质量计):面粉 100%、活性干酵母 1%、泡打粉 1%、白砂糖 10%、盐 0.1%、温水 50%。改良剂:黄原胶、瓜尔豆胶、硬脂酰乳酸钠和双乙酰酒石酸单(双)甘油酯。

工艺流程如下:原辅料混合→和面(10 min, 22 ℃)→分切(称重)→包馅→成型→醒发(湿度 75%, 35 ℃, 30 min)→速冻(-40 ℃, 30 min)→冷冻(-20 ℃, 72 h)→解冻醒发(湿度 70%, 37 ℃, 40 min)→蒸制(20 min, 停火放置 2~3 min)→成品。

1.3.2 冷冻面团动态流变特性测定 参考 Ozulku 等<sup>[9]</sup>的方法并加以调整,采用振荡模式下的频率扫描试验研究改良剂对冷冻面团流变学特性的影响。取 2 g 醒发至终点的冷冻面团中间部位于样品台上,进行动态频率扫描。测定条件:平板直径 25 mm;应变值 0.1%;间距 2 mm;温度 25 ℃;频率 0.1~100 Hz。

1.3.3 质构测定 参考 Ji 等<sup>[10]</sup>的方法加以调整,采用质构仪测定冷冻面团内部的质构。将蒸好的冷冻面团包子置于室温下冷却,切成 15 mm 厚的

薄片,取中间 2 片,采用 P35 探头进行质构测定,测定条件:测前速度 2.00 mm/s;测中速度 1.00 mm/s;测后速度 2.00 mm/s;测试距离 10.00 mm;应变模式,形变 50%;间隔时间 3.0 s;触发力 5.0 g。

1.3.4 比容测定 参考 Lu 等<sup>[11]</sup>的方法,将蒸好的包子置于室温下冷却,用油菜籽排空法测定包子体积,计算包子比容公式如下:

$$\lambda = \frac{V}{m} \quad (1)$$

式中, $\lambda$ ——包子比容, mL/g;  $V$ ——包子体积, mL;  $m$ ——包子质量, g。

1.3.5 高径比测定 参考 Liu 等<sup>[12]</sup>方法,将蒸好的包子置于室温下冷却,用游标卡尺测定包子的高度和直径,计算包子高径比公式如下:

$$N = \frac{H}{D} \quad (2)$$

式中, $N$ ——包子高径比;  $H$ ——包子高度, cm;  $D$ ——包子直径, cm。

1.3.6 感官评价 参考 GB/T 17320-2013《小麦品种品质分类》确定冷冻面团包子感官评价标准如表 1 所示。选择 8 名经过培训的感官评定人员通过嗅觉、触觉和味觉等对包子的色泽、风味、质地和口感等方面进行评价,评价一个样品间隔 5 min,清水漱口后方可进行下一个样品的评价。

表 1 感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard

评分指标	评分标准	分值/分
外观形状(20分)	表面平整光滑,对称性好	16~20
	表面厚薄不均、有小裂纹,对称性一般	12~16
	表面粗糙有硬块,表皮皱缩、塌陷,有烫斑、孔洞,扁平或不对称	0~12
表面色泽(10分)	光亮,呈白、乳白色	8~10
	一般,呈浅黄、黄色	6~8
	暗淡,呈灰暗色	0~6
内部结构(20分)	气孔大小均匀	16~20
	气孔虽过于细密,但均匀	12~16
	有大气孔,结构粗糙	0~12
弹性(20分)	柔软富有弹性,用手指按压迅速回复	16~20
	较柔软,弹性一般,用手指按压能回复	12~16
	不柔软,弹性差,用手指按压回复慢或不能回复	0~12
咀嚼性(20分)	嚼劲强,爽口不粘牙	16~20
	有嚼劲,中等	12~16
	嚼劲差,不爽口,粘牙	0~12
气味(10分)	具有麦香味,无异味	8~10
	味道平淡,无异味	6~8
	有异味	0~6

1.3.7 单因素实验 以冷冻面团包子的比容、高径比、质构、流变和感官评分为指标,分别选取黄原胶、瓜尔豆胶、硬脂酰乳酸钠和双乙酰酒石酸单(双)甘油酯 4 种改良剂进行单因素实验,根据不同添加量对冷冻面团的影响,确定不同因素的较优水平,食品添加剂的用量范围参照 GB 2760-2014《食品添加剂使用标准》。

1.3.8 响应面试验 选择黄原胶、瓜尔豆胶、硬脂酰乳酸钠和双乙酰酒石酸单(双)甘油酯为响应变量,以冷冻面团包子的感官评分为响应值,利用 Design Expert 13.0 软件进行响应面优化分析,响应面试验因素与水平设计如表 2 所示。

1.3.9 数据处理 采用 Microsoft Office Excel 2019、SPSS 26.0、Design-Expert 13.0 以及 Origin 2018 进行数据统计分析、试验设计和作图。数据以“平均值±偏差”表示,以  $P < 0.05$  表示数据之间

表 2 响应面试验因素与水平

Table 2 Factors and levels in response surface design

因素	水平		
	-1	0	1
黄原胶(A)/%	0.05	0.10	0.15
瓜尔豆胶(B)/%	0.05	0.10	0.15
硬脂酰乳酸钠(C)/%	0.10	0.20	0.30
双乙酰酒石酸单(双)甘油酯(D)/%	0.15	0.30	0.45

的显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素实验

2.1.1 黄原胶对冷冻面团包子品质的影响及分析 黄原胶是一种水溶性的微生物多糖,具有较强的亲水性,可以稳定面筋网络结构,起到增稠、保

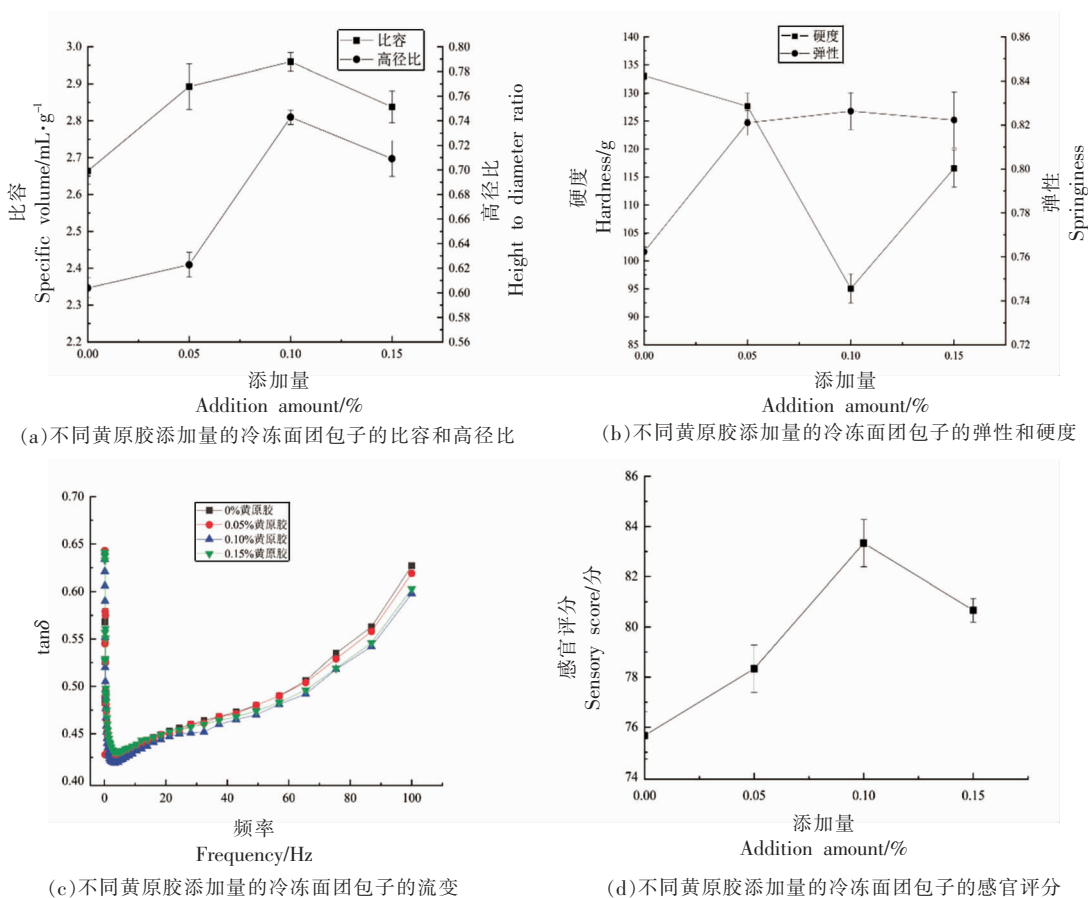


图 1 黄原胶对冷冻面团包子比容、高径比、弹性、硬度、流变和感官评分的影响

Fig.1 Effects of xanthan gum on specific volume, height-to-diameter ratio, springiness, hardness, rheology and sensory score of frozen dough bun

水和促进面团表面光滑的作用<sup>[13]</sup>。图1显示了黄原胶对冷冻面团包子品质的影响。由图可知,随着黄原胶添加量的不断增加,包子的比容、高径比、弹性和感官评分呈现先增加后减小的趋势,在黄原胶添加量为0.1%时达到最大值,分别为2.83 mL/g,0.66,0.82和83.33分,此时包子的硬度最小为95.05 g。黏性模量和弹性模量的比值称为损耗角正切  $\tan \delta$ ,该值越低说明样品的加工品质越好<sup>[14]</sup>。同一频率下,含0.1%和0.15%黄原胶面团的  $\tan \delta$  较低,说明添加适量的黄原胶可改善冷冻面团的加工性能。

2.1.2 瓜尔豆胶对冷冻面团包子品质的影响及分析 瓜尔豆胶是一种从豆科植物瓜尔豆胚乳中提取出的半乳甘露聚糖,其水溶液黏度高,常被用作

食品增稠剂和稳定剂<sup>[15]</sup>。图2显示了瓜尔豆胶对冷冻面团包子品质的影响。由图可知,随着瓜尔豆胶添加量的不断增加,包子的比容、高径比、弹性和感官得分先增加后减小,硬度先降低后缓慢增大。当瓜尔豆胶添加量为0.1%时,包子的比容、高径比、弹性和感官评分达到最大值,分别为2.96 mL/g,0.74,0.83和86.34分,此时硬度达到最小为91.05 g,与空白对照组相比减少了31.60%。同一频率下,当瓜尔豆胶添加量为0.1%时,冷冻面团包子的  $\tan \delta$  最低,这是由于瓜尔豆胶的亲水基团可以与面团中的蛋白质和淀粉等分子发生作用形成复合物,使面筋网络结构处于最佳水合状态,改变了冷冻面团的流变特性<sup>[16]</sup>。

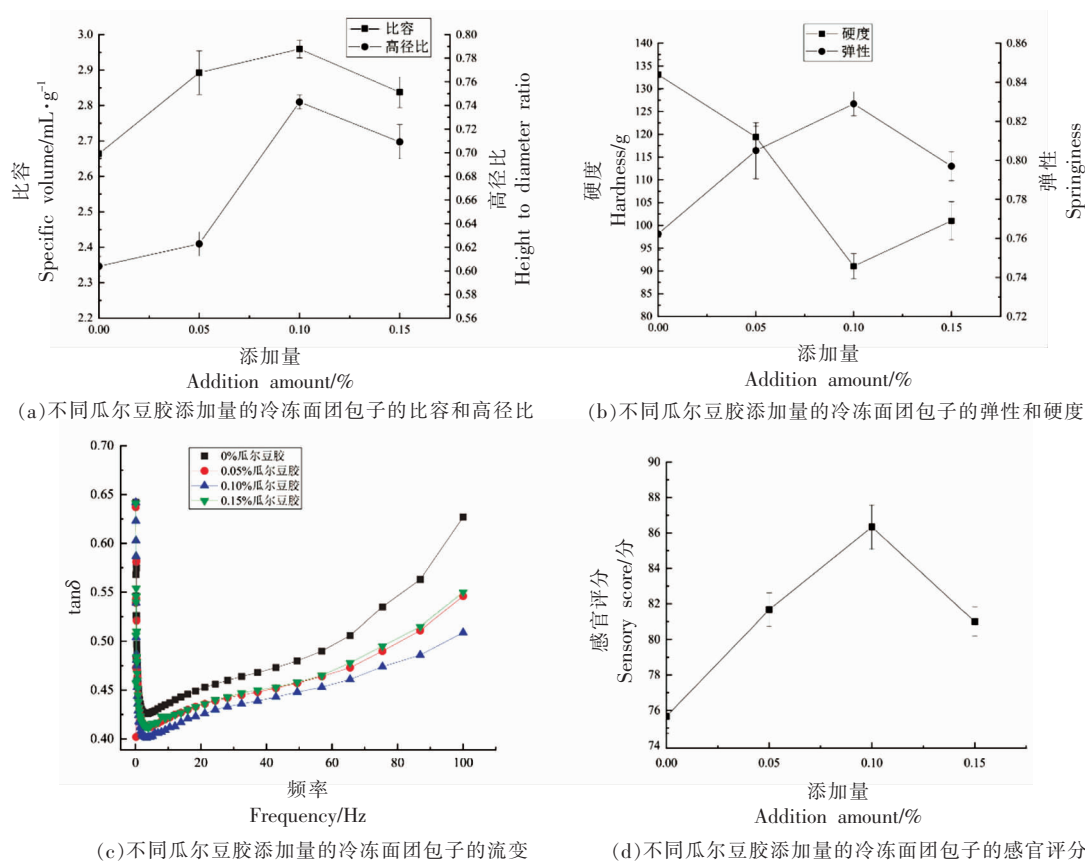


图2 瓜尔豆胶对冷冻面团包子比容、高径比、弹性、硬度、流变和感官评分的影响

Fig.2 Effects of guar gum on specific volume, height-to-diameter ratio, springiness, hardness, rheology and sensory score of frozen dough bun

2.1.3 硬脂酰乳酸钠对冷冻面团包子品质的影响及作用特征 硬脂酰乳酸钠是一种乳化剂,具有两亲性,能与面筋蛋白形成复合物,强化面筋网络

结构,增强面团的柔韧性和耐加工性<sup>[17]</sup>。图3结果显示了硬脂酰乳酸钠对冷冻面团包子品质的影响。由图结果可知,随着硬脂酰乳酸钠添加量的不



断增加,包子的比容、高径比、弹性和感官评分先增加后减小;硬度则一直减小,呈现先急剧减少后缓慢降低的趋势。在同一频率下,当硬脂酰乳酸钠添加量为 0.2% 时,冷冻面团包子的  $\tan\delta$  最低,此

时包子的比容、高径比、弹性和感官评分达到最大值,分别为 2.90 mL/g, 0.72, 0.81 和 82.67 分,而包子的硬度在硬脂酰乳酸钠添加量为 0.3% 达到最低,为 87.36 g。

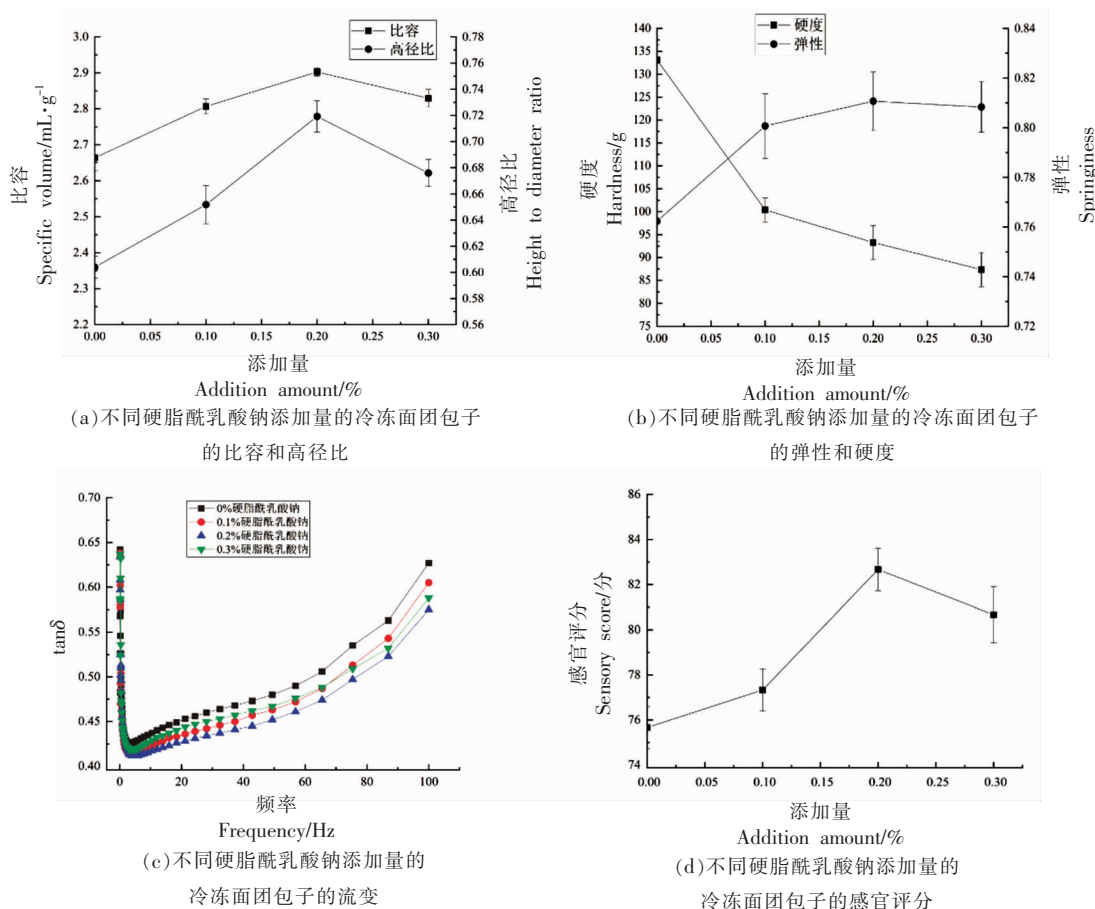


图 3 硬脂酰乳酸钠对冷冻面团包子比容、高径比、弹性、硬度、流变和感官评分的影响

Fig.3 Effects of sodium stearoyl lactate on specific volume, height-to-diameter ratio, springiness, hardness, rheology and sensory score of frozen dough bun

2.1.4 双乙酰酒石酸单(双)甘油酯对冷冻面团包子品质的调控影响 双乙酰酒石酸单(双)甘油酯是一种非离子型乳化剂,能与淀粉发生交互作用形成复合物,具有强化面筋蛋白、延迟淀粉回生和面团抗塌陷性等功<sup>[18]</sup>。图 4 显示了双乙酰酒石酸单(双)甘油酯对冷冻面团包子品质的影响。由图可知,随着双乙酰酒石酸单(双)甘油酯添加量的不断增加,包子的比容、高径比、弹性和感官评分呈现先增加后减少的趋势,而硬度则先减少后增加。当双乙酰酒石酸单(双)甘油酯添加量为 0.3% 时,包子的比容、高径比、弹性和感官评分达

到最大值,分别为 2.88 mL/g, 0.68, 0.83 和 83.67 分,包子的硬度达到最低。在同一频率下,当双乙酰酒石酸单(双)甘油酯添加量为 0.3% 时,冷冻面团包子的  $\tan\delta$  最低,说明适量添加双乙酰酒石酸单(双)甘油酯可以提高冷冻面团的强度,改善其加工性和产品品质<sup>[19]</sup>。

## 2.2 不同改良剂复配优化

2.2.1 响应面试验结果与分析 基于单因素实验结果,以黄原胶(A)、瓜尔豆胶(B)、硬脂酰乳酸钠(C)和双乙酰酒石酸单(双)甘油酯(D)为响应变量,以感官评分(Y)为响应值,用 Design-Expert

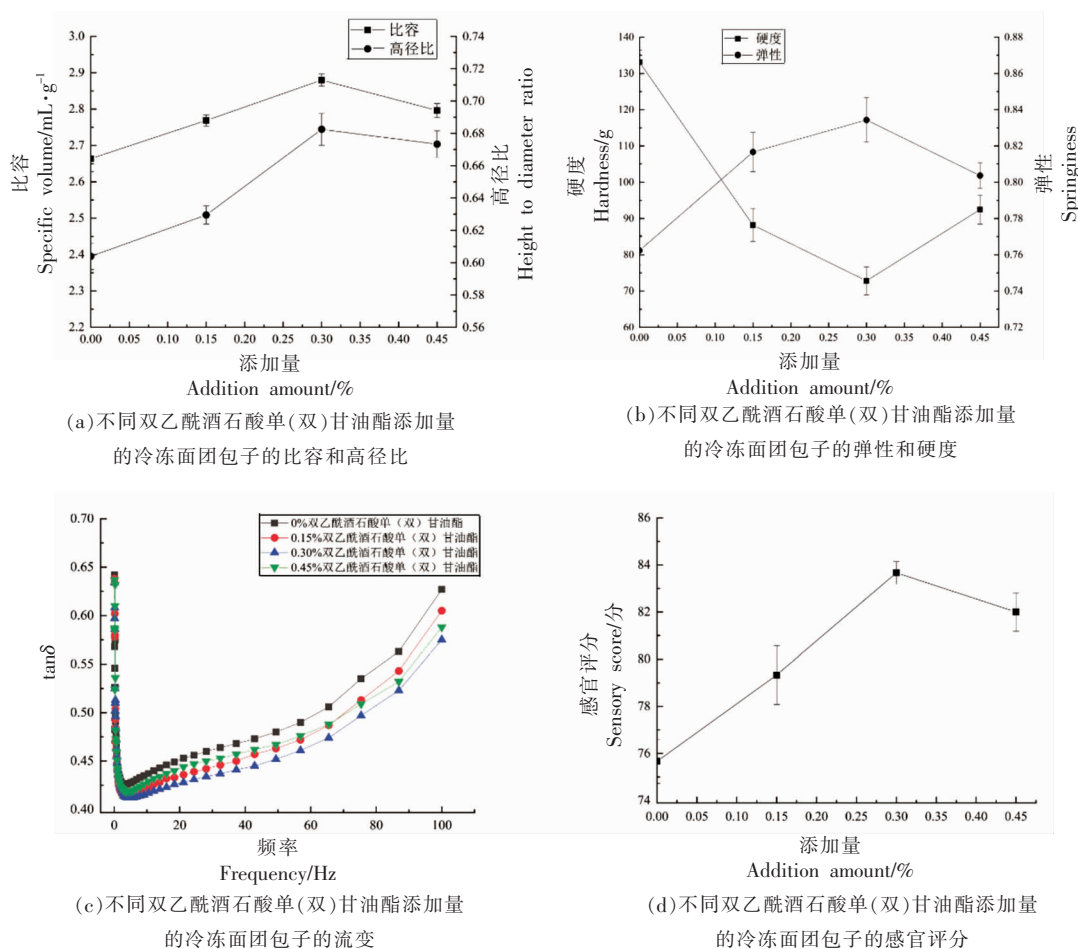


图4 双乙酰酒石酸单(双)甘油酯对冷冻面团包子比容、高径比、弹性、硬度、流变和感官评分的影响

Fig.4 Effects of diacetyl tartaric acid ester of mono(di) glycerides on specific volume, height-to-diameter ratio, springiness, hardness, rheology and sensory score of frozen dough bun

13.0 软件进行 Box-Behnken 试验设计, 试验设计和结果如表 3 所示。

通过二次多元回归拟合, 得出响应值  $Y$  对编码自变量  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  的模拟回归方程:

$$Y = 84.68 + 0.7667A + 0.3917B + 1.16C + 0.9667D + 0.65AB + 0.3AC + 0.85AD + 1.05BC - 0.925BD - 0.125CD - 1.34A^2 - 1.65B^2 - 0.9525C^2 - 1.07D^2$$

对试验结果进行方差分析, 结果如表 4 所示。

如表 4 回归模型方差分析显著性检验表明, 该回归模型  $P=0.0005 < 0.01$ , 说明方程模型极显著, 能很好地反映冷冻面团包子感官评分与 4 种改良剂之间的关系; 模型的失拟项  $P=0.4269 > 0.05$ , 不显著, 说明方程模型的试验误差小。该回归模型的相关系数  $R^2=0.8731$ , 调整决定系数

$R^2_{Adj}=0.7461$ , 说明预测值与试验值有较高相关性, 该方程模型的可信度较高<sup>[20]</sup>。由表 4 中的  $F$  值可知, 各因素对冷冻面团包子感官评分的影响主次顺序为:  $C$ (硬脂酰乳酸钠)  $> D$ 【双乙酰酒石酸单(双)甘油酯】 $> A$ (黄原胶)  $> B$ (瓜尔豆胶)。从方差分析结果可知, 该模型中一次项因素  $C$ 、 $D$  和二次项因素  $A^2$ 、 $B^2$ 、 $D^2$  对冷冻面团包子感官评分的影响极显著 ( $P < 0.01$ ); 一次项因素  $A$ 、 $BC$  和二次项因素  $C^2$  对冷冻面团包子感官评分的影响显著 ( $P < 0.05$ ); 其余项对冷冻面团包子感官评分没有显著影响 ( $P > 0.05$ )。

2.2.2 响应面交互作用分析 图 5 反映了各因素之间的交互作用及其对冷冻面团包子感官评分的影响。响应面曲面坡度越陡峭且等高线越密集, 说明该因素之间的交互作用对响应值的影响越

表 3 响应面试验设计与结果

Table 3 Experimental design and results for response surface analysis

试验号	因素				感官 评分/分	试验号	因素				感官 评分/分
	A	B	C	D			A	B	C	D	
1	0	0	0	0	85.8	16	0	1	-1	0	79.5
2	0	0	0	0	84.6	17	0	0	0	0	84.2
3	0	-1	-1	0	81.4	18	1	0	0	-1	81.7
4	-1	0	-1	0	81.7	19	-1	-1	0	0	80.8
5	1	0	-1	0	82.1	20	-1	0	0	-1	82.1
6	0	0	-1	-1	80.3	21	1	1	0	0	84.0
7	-1	1	0	0	80.4	22	0	0	0	0	83.7
8	0	-1	1	0	82.3	23	0	0	0	0	85.1
9	1	-1	0	0	81.8	24	0	1	1	0	84.6
10	0	0	-1	1	82.3	25	-1	0	1	0	82.2
11	0	-1	0	-1	78.7	26	1	0	1	0	83.8
12	0	1	0	1	83.5	27	-1	0	0	1	80.9
13	0	0	1	1	84.9	28	0	1	0	-1	81.8
14	0	0	1	-1	83.4	29	0	-1	0	1	84.1
15	1	0	0	1	83.9						

表 4 回归模型方差分析

Table 4 Analysis of variance of regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	77.35	14	5.53	6.88	0.0005	**
A	7.05	1	7.05	8.78	0.0103	*
B	1.84	1	1.84	2.29	0.1523	
C	16.1	1	16.1	20.04	0.0005	**
D	11.21	1	11.21	13.96	0.0022	**
AB	1.69	1	1.69	2.1	0.169	
AC	0.36	1	0.36	0.4481	0.5141	
AD	2.89	1	2.89	3.6	0.0787	
BC	4.41	1	4.41	5.49	0.0344	*
BD	3.42	1	3.42	4.26	0.0581	
CD	0.0625	1	0.0625	0.0778	0.7844	
A <sup>2</sup>	11.65	1	11.65	14.5	0.0019	**
B <sup>2</sup>	17.71	1	17.71	22.05	0.0003	**
C <sup>2</sup>	5.88	1	5.88	7.33	0.017	*
D <sup>2</sup>	7.36	1	7.36	9.16	0.0091	**
残差	11.25	14	0.8034			
失拟项	8.62	10	0.8619	1.31	0.4269	不显著
纯误差	2.63	4	0.657			
总和	88.6	28				
R <sup>2</sup>	0.8731					
R <sup>2</sup> <sub>Adj</sub>	0.7461					

注:\*表示差异显著( $P<0.05$ );\*\*表示差异极显著( $P<0.01$ )。

大<sup>[8]</sup>。由图结果可知,随着各因素添加量的增加,响应值都呈现先增加后减少的趋势,在试验范围内

存在稳定点,瓜尔豆胶和硬脂酰乳酸钠的交互作用显著( $P<0.05$ ),说明瓜尔豆胶和硬脂酰乳酸钠

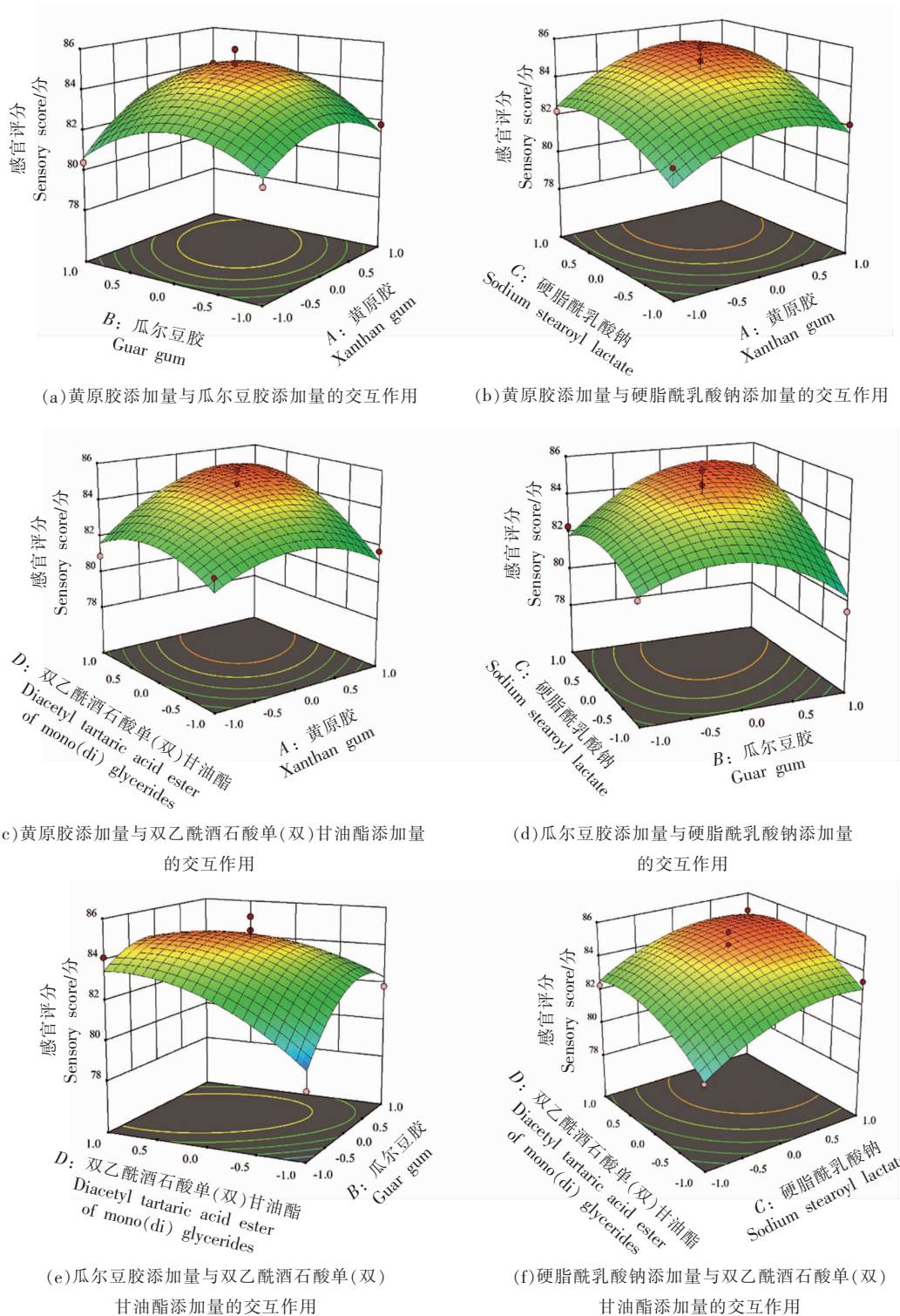


图5 各因素的交互作用以及对包子感官评分的影响曲面图

Fig.5 Response surface plots of the effects of any two variables on sensory evaluation of frozen dough bun

对冷冻面团包子的感官评分影响显著。

利用 Design Expert 13.0 软件进行响应面优化分析,得到冷冻面团包子改良剂的最佳配方为:

黄原胶 0.099%、瓜尔豆胶 0.11%、硬脂酰乳酸钠 0.275%、双乙酰酒石酸单(双)甘油酯 0.35%,感官评分的预测值为 85.275 分。为检验响应面优化结



果的可靠性,且从实际应用角度考虑,将复配配方确定为:黄原胶 0.1%、瓜尔豆胶 0.11%、硬脂酰乳酸钠 0.28%和双乙酰酒石酸单(双)甘油酯 0.35%,在该配方条件下进行验证试验,测得的冷冻面团包子感官评分为(84.53 ± 0.25)分,与预测值基本一致,这说明模型预测的优化结果可靠。

### 3 结论

本文研究了黄原胶、瓜尔豆胶、硬脂酰乳酸钠和双乙酰酒石酸单(双)甘油酯 4 种改良剂对冷冻面团及其蒸制包子品质的影响。结果表明,在单因素实验中,当改良剂最适添加量分别为黄原胶 0.1%、瓜尔豆胶 0.1%、硬脂酰乳酸钠 0.2%、双乙酰酒石酸单(双)甘油酯 0.3%时,冷冻面团包子的综合品质得到明显改善。在单因素实验基础上,基于感官评分进行响应面优化,得到了适合制作冷冻面团包子的最佳复合改良剂配方为黄原胶 0.1%、瓜尔豆胶 0.11%、硬脂酰乳酸钠 0.28%、双乙酰酒石酸单(双)甘油酯 0.35%。本研究为改良剂在冷冻面团包子品质的提升方面应用提供了依据,为后续实现工业化生产提供一定的理论基础。

### 参 考 文 献

- [1] DOMINGUES D, DOWD C. Frozen dough[J]. Encyclopedia of Food Grains, 2016, 3: 354-358.
- [2] FENG W J, MA S, WANG X X. Quality deterioration and improvement of wheat gluten protein in frozen dough[J]. Grain & Oil Science and Technology, 2020, 3(1): 29-37.
- [3] OMEDI J O, HUANG W N, ZHANG B L, et al. Advances in present-day frozen dough technology and its improver and novel biotech ingredients development trends - A review[J]. Cereal Chemistry, 2019, 96(1): 34-56.
- [4] WANG P, ZOU M, TIAN M Q, et al. The impact of heating on the unfolding and polymerization process of frozen-stored gluten[J]. Food Hydrocolloids, 2018, 85: 195-203.
- [5] LI S Y, LI X K, ZHANG H, et al. Effects of rice peptide on fermentation characteristics of frozen dough and quality of steamed bread[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(8): 162-166.
- [6] LUO W H, SUN D W, ZHU Z W, et al. Improving freeze tolerance of yeast and dough properties for enhancing frozen dough quality - a review of effective methods [J]. Trends in Food Science & Technology, 2018, 72: 25-33.
- [7] JIN X, LIAO L Y, FANG S F, et al. Effect of compound quality improver on the frozen quality of frozen dough for southern - style steamed bread[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2020, 35(4): 6-11, 38.
- [8] ZHANG K Y, GUO D X, HE M Y, et al. Optimization of compound improver of green wheat kernel frozen dough bread by response surface methodology[J]. Food Research and Development, 2021, 42(8): 66-72.
- [9] OZULKU G, ARICI M. Characterization of the rheological and technological properties of the frozen sourdough bread with chickpea flour addition [J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2017, 11(3): 1493-1500.
- [10] JI C Y, SHI Y Y, LI M Q, et al. Influence of antifreeze proteins on rheology characteristics and the quality of steamed bread in pre-proofing frozen dough[J]. Science & Technology of Food Industry, 2018, 39(4): 68-72, 93.
- [11] LU X C, XIN J Y, ZHANG G S. The production technology of frozen raw steamed bun with freeze resistant storage yeast[J]. Food Industry, 2021, 42(1): 41-46.
- [12] LIU C, LIU L, LI L M, et al. Effects of different milling processes on whole wheat flour quality and performance in steamed bread making[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 62(1): 310-318.
- [13] AHMED J, THOMAS L, AL-HAZZA A. Effects of frozen storage on texture, microstructure, water mobility and baking quality of brown wheat flour/beta-glucan concentrate Arabic bread dough[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2021, 15(2): 1258-1269.
- [14] XIN C, NIE L J, CHEN H L, et al. Effect of degree of substitution of carboxymethyl cellulose sodium on the state of water, rheological and baking performance of frozen bread dough[J]. Food Hydrocolloids, 2018, 80: 8-14.
- [15] DEEPAK M. Partially hydrolyzed guar gum: Preparation and properties [M]. Cham: Springer Interna-

- tional Publishing, 2018: 529–549.
- [16] SEONKYEONG Y, SUNGMIN J, SUYONG L. Elucidation of rheological properties and baking performance of frozen doughs under different thawing conditions[J]. *Journal of Food Engineering*, 2020, 284: 110084.
- [17] PARK J, KIM H, HONG S, et al. High-performance liquid chromatography and gas chromatography to set the analysis method of stearyl lactate, a food emulsifier[J]. *Food Science and Biotechnology*, 2019, 28(6): 1669–1677.
- [18] WANG J B, HUANG M F, DI Y, et al. A comparative study of lipase and diacetyl tartaric esters of mono-glycerides (DATEM) on rheological properties of dough by pressing process and baking properties of bread[J]. *Food & Machinery*, 2020, 36(9): 38–42.
- [19] WANG J Y, CHEN F L, WU D, et al. Effects of diacetyl tartaric acid ester of monoglycerides on the properties of whole wheat dough and the quality of whole wheat steamed bread[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2020, 35(9): 1–6.
- [20] SUN X X, LIU C H, ZHANG M, et al. Response surface method to optimize the production process of jiaozi[J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(22): 112–117.

### Effects of Different Improvers on Frozen Dough and the Quality of Steamed Stuffed Bun

Liu Siyu, Shu Qin, Lu Hongyun, Chen Qihe\*

(*Department of Food Science and Nutrition, Zhejiang University, Hangzhou 310058*)

**Abstract** Frozen dough processing technology is one of the important preservation technologies of fermented flour products, which realizes the separation of dough making and steaming. Steamed stuffed bun plays an important role in Chinese food culture. At present, frozen dough is mainly used in industrial production of steamed stuffed bun, but the freezing process will have adverse effects on the structure of gluten network, yeast activity, and quality of the end product. In this paper, the effects of xanthan gum, guar gum, sodium stearyl lactate and diacetyl tartaric acid ester of mono (di) glycerides on the rheological properties, specific volume, height-to-diameter ratio, texture and sensory quality of frozen dough and steamed stuffed bun were studied. On the basis of single factor experiment, the compound improver formula suitable for making frozen dough steamed stuffed bun was obtained by using response surface method. The results showed that, in the single factor experiment, the optimum additive amount of xanthan gum, guar gum, sodium stearyl lactate and diacetyl tartaric acid ester of mono (di) glycerides was 0.1%, 0.1%, 0.2% and 0.3%, respectively. In this condition, the comprehensive quality of frozen dough steamed stuffed bun was significantly improved. Based on the sensory score indexes, response surface optimization was carried out to obtain the optimized formula of improver: xanthan gum 0.1%, guar gum 0.11%, sodium stearyl lactate 0.28% and diacetyl tartaric acid ester of mono (di) glycerides 0.35%.

**Keywords** frozen dough; steamed stuffed bun; flour improver; compounding; response surface optimization