

低压低氧条件下提高即发干酵母发酵力的研究

吴 坚¹, 陈 灼¹, 翁卫兵¹, 戴贤君²

(1. 浙江科技学院 机械与能源工程学院, 杭州 310023; 2. 中国计量大学 生命科学学院, 杭州 310018)

摘 要: 在高原地区生产面包, 低压低氧的自然条件经常会影响面团的发酵, 烤制的面包往往外观和口味不佳, 这是由于在高原环境下酵母无法正常发酵所导致。为了研究在低压低氧条件下提高酵母发酵力的方法, 针对高原环境的特殊性, 通过单因素试验和正交试验得到在低压低氧条件下提高即发干酵母发酵力的配方。试验结果表明, 在低压低氧条件下, 即发干酵母在添加聚葡萄糖质量分数为 4.0%、山梨醇质量分数为 1.5%、蔗糖质量分数为 1.5%、海藻糖质量分数为 1.2% 的最优配方下, 活化时间为 30 min 时, 酵母发酵力最强。本研究结果有助于实现在高原高寒条件下快速、连续、批量生产主食面包, 对满足高原高寒环境下的主食保障需求有重要意义。

关键词: 低压低氧; 酵母; 发酵力; 面团发酵; 添加剂

中图分类号: TS202.3

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2021)06-0477-05

Study on improving fermentation capacity of instant dry yeast under hypobaric hypoxia conditions

WU Jian¹, CHEN Zhuo¹, WENG Weibing¹, DAI Xianjun²

(1. School of Mechanical and Energy Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China; 2. School of Life Sciences, China Jiliang University, Hangzhou 310018, Zhejiang, China)

Abstract: In the production of bread in the plateau area, the natural conditions of hypobaric hypoxia often affect the fermentation of the dough, and the baked bread often has poor appearance and taste, which is caused by the inability of the yeast to ferment normally in the plateau environment. In order to study the method of improving the fermentation capacity of the yeast under hypobaric hypoxia conditions, in view of the particularity of the plateau environment, a formula for improving the fermentation capacity of the instant dry yeast under hypobaric hypoxia conditions was obtained through single-factor experiments and orthogonal experiments. The test results show that under hypobaric hypoxia conditions, the instant dry yeast is of the optimal formula with 4% polydextrose, 1.5% sorbitol, 1.5% sucrose, and 1.2% trehalose in terms of mass fraction. When the activation time is 30 min, the yeast fermentation capacity is the strongest. The research results are helpful to realize the rapid, continuous,

收稿日期: 2020-11-27

基金项目: 国家重点研发计划课题(2017YFC0806303)

通信作者: 吴 坚(1965—), 男, 浙江省杭州人, 教授, 硕士, 主要从事冷链运输车辆、CAD/CAM、数控技术研究。

E-mail: wujian@zust.edu.cn。

and batch production and processing of staple bread under high altitude and cold conditions, and are of great significance to meet the needs of staple food security in high altitude and cold areas.

Keywords: hypobaric hypoxia; yeast; fermentation capacity; dough fermentation; additive

在低压低氧的自然环境下,不利于微生物的生长,空气中所含有的微生物较少。酵母是微生物中的一种真菌,也是一种对人体有益的生物膨松剂。低压低氧条件不利于酵母菌的生长,从而影响面团的发酵。在高原环境中,面包外界压力与含氧量的变化,均会导致烤制的面包内部气泡小,外表塌陷、无光泽,且出现黏牙和酸味现象,这是由于高原环境下酵母无法正常发酵所导致。因此在低压低氧条件下提高酵母的发酵力对高原地区生产优质面包具有重要的意义。

食品工业中采用的面包酵母类型主要有鲜酵母、活性干酵母、即发干酵母 3 种。影响面团发酵的因素主要有发酵前酵母活化的情况^[1]、温度^[2]、含糖量^[3]、发酵前的热冲击^[4]和冷冲击^[5]、外源添加剂^[6-8]。白雪等^[9]总结了提高酵母耐冻性、改善面筋结构和面团特性的有效方法;陈丽君等^[10]的研究结果表明,胞内海藻糖含量与酵母的耐受性之间存在一定的相关性,海藻糖含量越高,酵母的耐性越好;Plourde 等^[11]的研究结果表明,生物分子在冷冻状态下,海藻糖可以形成玻璃态结构,使生物分子保持稳定;宋振玉等^[12]通过比较低糖适应性耐冻酵母和普通酵母菌细胞构成发现,耐冻型酵母中海藻糖的含量是普通酵母的 1.4 倍;余利新等^[13]指出,当聚葡萄糖从玻璃态转变成弹性状态,其水分的有效扩散急增,这有利于食品贮藏。

现有研究表明,目前市场上主要通过添加一定量的外源添加剂来提高酵母的发酵力,也有通过一些生物学方法^[14]选择抗性酵母来提高面团的品质。国内外已有很多研究进行了抗性酵母的筛选工作^[15-16],但关于耐低压低氧酵母的报道非常少。因此本研究对酵母抗低压低氧剂的添加和优选的探讨,不仅可以避免生物学方法选育出的耐低压低氧酵母带来的问题,而且能弥补酵母自身抗低压低氧性弱的缺陷。试验结果表明,针对高原环境的特殊性,在酵母中添加一定量的外源添加剂可以提高酵母在低压低氧条件下的发酵力和改善在低压低氧条件下面团的品质,这对高原地区批量生产品质较好的面包具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料、试剂和设备

1.1.1 试验材料与试剂

高筋小麦粉(廊坊风筝面粉有限公司),即发干酵母(安琪酵母公司),NaCl(广州洁珑化工有限公司),聚葡萄糖(浙江一诺生物科技有限公司),山梨醇(浙江一诺生物科技有限公司),蔗糖(浙江一诺生物科技有限公司),海藻糖(浙江一诺生物科技有限公司),纯净水(农夫山泉股份有限公司)。

1.1.2 仪器与设备

ME204 分析天平(梅特勒-托利多公司),自制低压低氧锅,GHP-9270 恒温培养箱(上海印溪公司),HH-M8304 不锈钢电热恒温水浴锅(江苏新春兰科学仪器有限公司),高低压试验舱(重庆哈丁科技有限公司)。

1.1.3 低压低氧条件下发酵力测定

根据 GB 31639—2016《食品安全国家标准 食品加工用酵母》^[17]中测定酵母发酵力的方法,测定酵母发酵力的装置如图 1 所示。图 1 中,A 为容量 1 000 mL 的广口玻璃瓶;B 为容量 2 000 mL 的小口试剂瓶;C 为容量 100 mL 的量筒;D 为恒温水浴锅。将制备好的测试装置放入低压低氧环境中,A 瓶中放入面团,在温度恒定为 35 ℃ 的水浴中进行发酵,C 瓶收集排出液,并进行体积读数,以发酵 1 h 排出液的体积(mL)作为酵母发酵力。

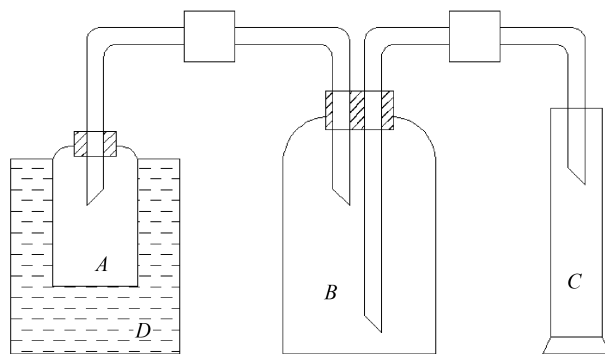


图 1 测定酵母发酵力的装置

Fig. 1 Device for measuring yeast fermentation capacity

1.2 试验方法

选择聚葡萄糖、山梨醇、蔗糖、海藻糖 4 种添加剂(以质量分数计),在低压低氧条件下预发酵 1 h,然后测定酵母发酵力,进行单因素试验。添加剂配方单因素试验见表 1。

1.2.1 聚葡萄糖对酵母发酵力影响的试验

面粉 280 g,酵母 2.8 g,加水量 145 mL,氯化钠 4 g,将酵母、水、氯化钠加入到烧杯中,聚葡萄糖按照质量分数 3.0%(8.4 g)、3.5%(9.8 g)、4.0%(11.2 g)、4.5%(12.6 g)、5.0%(14 g)分别加入烧杯中,搅拌混匀,将烧杯放入 37 ℃ 水浴锅中,活化 30 min后取出,将活化后的酵母混合物加入面粉中,揉至面团表面光滑无粉粒,用保鲜膜将面团包裹住,放入提前标记好的自封袋中,将面团放入低压低氧锅中预发酵 1 h,然后将面团放入酵母发酵力测定装置中(排水法)测定发酵力。每组测定 3 个面团,取平均值。

1.2.2 山梨醇对酵母发酵力影响的试验

面粉 280 g,酵母 2.8 g,加水量 145 mL,氯化钠 4 g,将酵母、水、氯化钠加入到烧杯中,山梨醇按照质量分数 0.9%(2.52 g)、1.2%(3.36 g)、1.5%(4.2 g)、1.8%(5.04 g)、2.1%(5.88 g)分别加入烧杯中,搅拌混匀,将烧杯放入 37 ℃ 水浴锅中,活化 30 min后取出,将活化后的酵母混合物加入面粉中,揉至面团表面光滑无粉粒,用保鲜膜将面团包裹住,放入提前标记好的自封袋中,将面团放入低压低氧锅中预发酵 1 h,然后将面团放入酵母发酵力测定装置中(排水法)测定发酵力。每组测定 3 个面团,取平均值。

1.2.3 蔗糖对酵母发酵力影响的试验

面粉 280 g,酵母 2.8 g,加水量 145 mL,氯化钠 4 g,将酵母、水、氯化钠加入到烧杯中,蔗糖按照质量分数 1.5%(4.2 g)、2.0%(5.6 g)、2.5%(7 g)、3.0%(8.4 g)、3.5%(9.8 g)分别加入烧杯中,搅拌混匀,将烧杯放入 37 ℃ 水浴锅中,活化 30 min后取出,将活化后的酵母混合物加入面粉中,揉至面团表面光滑无粉粒,用保鲜膜将面团包裹住,放入提前标记好的自封袋中,将面团放入低压低氧锅中预发酵 1 h,然后将面团放入酵母发酵力测定装置中(排水法)测定发酵力。每组测定 3 个面团,取平均值。

1.2.4 海藻糖对酵母发酵力影响的试验

面粉 280 g,酵母 2.8 g,加水量 145 mL,氯化钠 4 g,将酵母、水、氯化钠加入到烧杯中,海藻糖按照质量分数 1.2%(3.36 g)、1.7%(4.76 g)、2.2%(6.16 g)、2.7%(7.56 g)、3.2%(8.96 g)分别加入烧杯中,搅拌混匀,将烧杯放入 37 ℃ 水浴锅中,活化 30 min后取出,将活化后的酵母混合物加入面粉中,揉至面团表面光滑无粉粒,用保鲜膜将面团包裹住,放入提前标记好的自封袋中,将面团放入低压低氧锅中预发酵 1 h,然后将面团放入酵母发酵力测定装置中(排水法)测定发酵力。每组测定 3 个面团,取平均值。

2 试验结果与分析

通过单因素试验筛选出 4 种添加剂的最佳添加量,再进行正交试验得到最优工艺组合配方。

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 聚葡萄糖对酵母发酵力的影响

通过试验可得,不加添加剂的试验酵母发酵力在常态下面团为 448.67 mL,低压低氧后发酵力变为 120.33 mL,这表明低压低氧对酵母活性的抑制作用极大。由图 2 可知,当聚葡萄糖质量分数为 4.0%时,酵母发酵力最强,排水体积为 343.67 mL。

2.1.2 山梨醇对酵母发酵力的影响

由图 3 可知,当山梨醇质量分数为 1.2%时,酵母发酵力最强,排水体积为 273.33 mL。

表 1 添加剂配方单因素试验

Table 1 Single-factor test of additive formula %					
添加剂	添加剂质量分数				
聚葡萄糖	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
山梨醇	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
蔗糖	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
海藻糖	1.2	1.7	2.2	2.7	3.2

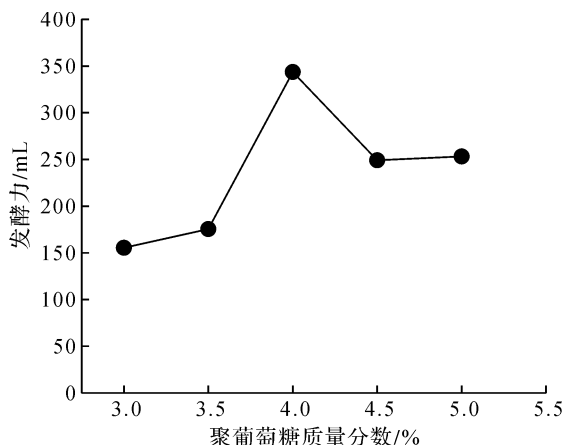


图 2 聚葡萄糖对低压低氧条件下面团酵母发酵力的影响

Fig. 2 Effect of polydextrose on fermentation capacity of dough yeast under hypobaric hypoxia conditions

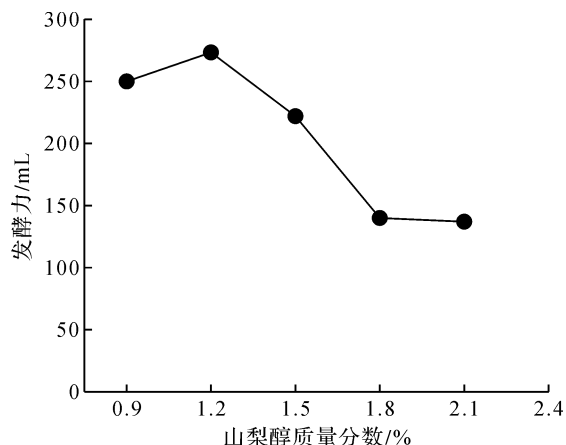


图 3 山梨醇对低压低氧条件下面团酵母发酵力的影响

Fig. 3 Effect of sorbitol on fermentation capacity of dough yeast under hypobaric hypoxia conditions

2.1.3 蔗糖对酵母发酵力的影响

由图 4 可知,当蔗糖质量分数为 2.0% 时,酵母发酵力最强,排水体积为 151.67 mL。但相对其他添加剂而言,添加蔗糖对酵母性能的影响较小,然而添加蔗糖可以改善面包的口感,还可以为酵母发酵提供能量,因此虽然蔗糖对酵母活性的影响不大,但仍然作为添加剂来使用。

2.1.4 海藻糖对酵母发酵力的影响

由图 5 可知,当海藻糖质量分数为 1.2% 时,酵母发酵力最强,排水体积为 216.67 mL。另外,酵母存活率与酵母胞内的海藻糖含量相关,当浸泡不完全充分时,添加海藻糖的酵母耐低压低氧率随浸泡时间的增加而增大,当浸泡时间达到 30 h 时,耐低压低氧率最高。一般情况下面包酵母的活化时间不可能太长,海藻糖并未能完全发挥作用,但海藻糖是一种经济的添加剂,能在一定程度上提高酵母的抗低压低氧性,所以也被选用。

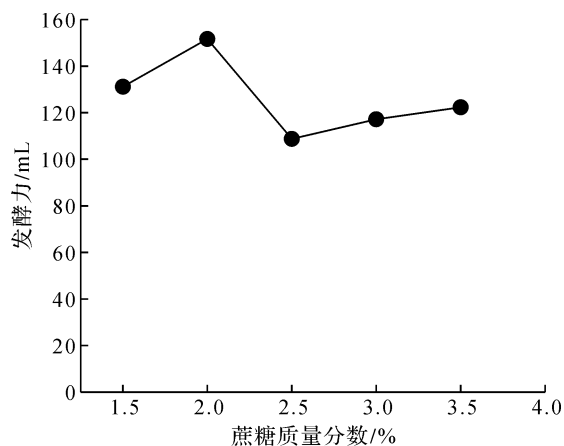


图 4 蔗糖对低压低氧条件下面团酵母发酵力的影响

Fig. 4 Effect of sucrose on fermentation capacity of dough yeast under hypobaric hypoxia conditions

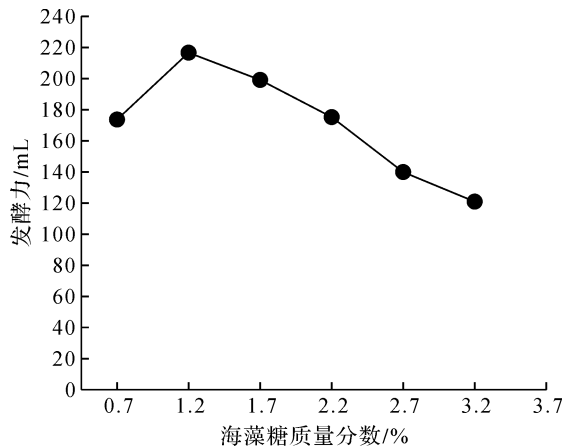


图 5 海藻糖对低压低氧条件下面团酵母发酵力的影响

Fig. 5 Effect of trehalose on fermentation capacity of dough yeast under hypobaric hypoxia conditions

2.2 正交试验设计及试验结果分析

2.2.1 正交试验设计

根据 4 种添加剂在低压低氧条件下对即发干酵母发酵力的影响效果,获得 4 种添加剂的最佳质量分数分别为:聚葡萄糖 4.0%、山梨醇 1.2%、蔗糖 2.0%、海藻糖 1.2%。再进行正交试验可得到最优组合配方,正交试验因素水平见表 2。

表 2 正交试验因素水平表

水平	因素			
	A(聚葡萄糖)	B(山梨醇)	C(蔗糖)	D(海藻糖)
1	3.5	0.9	1.5	0.7
2	4.0	1.2	2.0	1.2
3	4.5	1.5	2.5	1.7

2.2.2 正交试验结果及分析

根据表 2 中因素和水平进行正交试验,获得了不同组合下的酵母发酵力值,并对试验结果进行极差分析。正交试验结果见表 3。

由表 3 可知,A 的极差最大,其次分别是 D、C、B。因此 4 个因素中对酵母发酵力的影响顺序为 $A>D>C>B$,由极差分析结果得出优化工艺组合为 $A_1B_3C_2D_2$;9 组试验中低压低氧面团发酵力最高的为第 6 组,工艺条件 $A_2B_3C_1D_2$,发酵力为 452.0 mL;进行验证性试验得出工艺条件 $A_1B_3C_2D_2$ 的发酵力为 414.7 mL。通过对 2 组工艺条件测得的酵母发酵力大小说明正交试验的最优工艺组合为 $A_2B_3C_1D_2$ 。

2.2.3 最优工艺组合制作的面包感官评价

将最优工艺组合的混合添加剂加入到面团中,在面团醒发 120 min 后,研究不同条件下发酵面包感官评定的结果,主要从面包的形态、表面色泽、组织结构、口感、气味等方面进行评价,每项各占 20 分,总分 100 分。不同条件下发酵面包的感官评定见表 4。

表 4 不同条件下发酵面包的感官评定

Table 4 Sensory evaluation of fermented bread under different conditions						
项目	形态	表面色泽	组织结构	口感	气味	总分
正常条件发酵面包	20	18	17	18	18	91
低压低氧条件下不加混合添加剂的发酵面包	15	14	16	12	14	71
低压低氧条件下加混合添加剂的发酵面包	18	16	17	18	17	86

从表 4 中可以看出,低压低氧条件下添加混合添加剂的发酵面包在形态、表面色泽、组织结构、口感等项目上得分均好于没有加混合添加剂的发酵面包,可以达到正常条件下制作面包的要求。图 6 为低压低氧条件下添加混合添加剂烤制的面包。

3 结 语

在低压低氧条件下即发干酵母拥有较好的发酵活性,添加食品添加剂可以有效地提高酵母发酵力,通过单因素试验和正交试验可以得出,对面团酵母发酵力影响最大的最优配方质量分数分别为聚葡萄糖 4.0%、山梨醇 1.5%、蔗糖 1.5%、海藻糖 1.2%,活化时间为 30 min,此时发酵力为 452.0 mL。在低压低氧条件下,用即发干酵母和对发酵力影响最好的最优配方生产出来的面包具有芳香浓郁的烘烤香味,利用最优配方再加入鸡蛋、牛奶、黄油所制成的低压低氧面团烤制成面包后外观和口感与正常制作面包无较大差异,可以在生产中进行应用。针对高原高寒地区环境的特殊性,通过提高即发干酵母发酵力的研究,有助于实现在高原高寒条件下快速批量生产主食面包,对满足高原高寒地区环境下的主食保障需求有重要的意义。

表 3 正交试验结果					
Table 3 Orthogonal test results					
序号	因素与水平				发酵力/mL
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	427.7
2	1	2	2	2	433.7
3	1	3	3	3	403.7
4	2	1	2	3	381.3
5	2	2	3	1	390.0
6	2	3	1	2	452.0
7	3	1	3	2	366.7
8	3	2	1	3	330.0
9	3	3	2	1	419.0
K_1	1 265.1	1 175.7	1 209.7	1 236.7	
K_2	1 223.3	1 153.7	1 234.0	1 252.4	
K_3	1 115.7	1 274.7	1 160.4	1 115.0	
k_1	421.7	391.9	403.2	412.2	
k_2	407.8	384.6	411.3	417.5	
k_3	371.9	424.9	386.8	371.7	
R	49.8	10.3	24.5	45.8	



图 6 低压低氧条件下添加混合添加剂烤制的面包

Fig. 6 Bread baked with mixed additives under hypobaric hypoxia conditions