

冷藏对面团发酵及面包品质的影响

孝英达¹, 吴凤凤¹, 王沛¹, 王金鹏¹, 徐学明^{*1,2}, 金征宇^{1,2}

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122)

摘要: 通过测定酵母发酵力、面包比容、质构及风味物质等参数,研究了不同冷藏温度、冷藏时间及面团冷藏前醒发处理时间对面团发酵及面包品质的影响。结果发现,面团前处理时间越短,冷藏醒发温度越低,酵母持续产气时间越长;增加前处理时间以及提高冷藏醒发温度,可使面团更快达到醒发终点。增加面团前处理时间或提高冷藏发酵温度,可有效改善面包芯硬度和弹性。通过GC-MS测定的风味物质结果显示,冷藏会增加面包风味物质含量,并随着冷藏时间增长而增加。

关键词: 冷藏;发酵力;比容;质构;风味物质

中图分类号: TS 213 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2018)07—0679—09

Effect of Refrigerated Storage on Dough Fermentation Property and Bread Quality

XIAO Yingda¹, WU Fengfeng¹, WANG Pei¹, WANG Jinpeng¹, XU Xueming^{*1,2}, JIN Zengyu^{1,2}

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The effect of refrigeration on dough fermentation property and bread quality in terms of specific volume, texture and flavor were studied. Different refrigeration conditions included refrigeration temperature, storage period and pre-fermentation. The results revealed that lower refrigeration temperature and less pre-fermentation could increase the duration of yeast gas production. Meanwhile, longer pre-fermentation time and higher refrigeration temperature would shorten the time to reach the largest specific volume. A better texture was also obtained at longer pre-fermentation time and higher refrigeration temperature. In addition, GC-MS results showed that the refrigeration could increase the content of bread flavor, and the volatiles content would increase with the growth in storage time.

Keywords: refrigeration, fermentation property, specific volume, texture, volatiles

收稿日期: 2016-03-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(31401524); 粮食公益性行业科研专项(2012BAD37B06)。

* 通信作者: 徐学明(1968—), 男, 江苏无锡人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事食品组分与物性研究。

E-mail: xmxu@jiangnan.edu.cn

引用本文: 孝英达, 吴凤凤, 王沛, 等. 冷藏对面团发酵及面包品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(07): 679-687.

面包的最佳食用时间是面包出炉后的 1~6 小时,否则面包会因为老化造成面包品质的下降。因此,大多数面包门店都采用现烤现卖的形式销售烘焙产品。可是,面包制作过程复杂,不仅耗时长,而且占用生产面积大,所需工人多。随着房租和人力成本的增加,传统前店后坊的面包经营方式生存压力越来越大,冷冻面团技术也因此而被逐渐普及。冷冻面团是一种将面团制作与面包烘烤两工段分离的技术,形成了中央工厂制作冷冻面团,销售门店只需储藏、加工、烘烤冷冻面团的面包经营模式。这种技术促进了烘焙行业的变革性发展,实现了新鲜面包的工业化大规模生产。但是,冷冻面团也有一些弊端,比如:在销售门店需要将面团解冻、醒发后才能进行烘烤。这样仍然有较高的成本,而且生产耗时仍较长,使得门店对面包销售情况应对迟缓;此外,由于冷冻浓缩效应、水分迁移与重结晶等将导致面团在冻藏过程中会因酵母活性降低和面筋网络劣变而导致酵母产气能力变弱,面团保气性能变差,最终使冷冻面团所得的面包品质变差^[1-3]。

面团的冰点约为 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$,在冰点以上,面团仍可以缓慢的醒发。因此可以利用这一特点,在较短的周转周期内,利用冷藏的方法储藏面团,并在此周期内让面团持续醒发。这不仅可有效节约冷冻所需的更多设备和相应的能耗,避免冷冻面团由于产生冰晶及水分迁移造成的品质下降,而且可以在门店缩短或消除因解冻、醒发所花费的面包销售时间,提高经营效率。

作者探讨了面团在不同冷藏条件下的发酵能力以及由此而得的不同冷藏条件下面包品质变化,以获得面团冷藏条件与面包生产相应的关系,为冷藏面团生产面包的技术推广提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 材料

面粉(蛋白质质量分数 14%):丰益贸易私人有限公司产品;酵母(耐高糖):安琪酵母股份有限公司产品;白砂糖、盐:江苏省盐业集团有限责任公司产品;起酥油:天津南侨食品有限公司产品。

1.2 仪器与设备

SM-32s 型醒发箱、SM25 型和面机、MB-622 型烤箱、SM-302N 型吐司切片机:新麦机械(无锡)有限公司产品;BCD-228SDPW 型冰箱:青岛海尔股份

有限公司产品;TA.XT Plus 型物性分析仪:英国 SMS 公司产品;Finnigan Trace MS 气相色谱-质谱联用仪:美国 Finnigan 公司产品;固相微萃取装置,75 μm CAR/PDMS 萃取头:美国 Supelco 公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 冷藏面团的制备 将面粉、糖、盐、酵母、水按如下比例称重后在和面机中混合搅拌,待面团成型后加入起酥油继续搅拌,直至面团可以拉出不轻易破的小片薄膜。

1.3.2 面团冷藏方法 面团成型后先放在醒发箱里温度 $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度 80% 条件下进行一定时间醒发,醒发不同时间之后放入不同温度冰箱进行储藏。该前处理醒发时间梯度定为 0、15、30、60 min;储藏温度梯度定为 -3 、0、2、 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (实际储藏温度:设定温度 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$)。面团冷藏于 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}\times 5\text{ cm}$ 的保鲜盒中。

1.3.3 面团冷藏过程中酵母产气能力测定 取面团 30 g,放入 250 mL 量筒中,压实,放入醒发箱,醒发,醒发不同的时间后,将量筒口包好保鲜膜(预留换气孔)后放入不同温度的冰箱,冷藏醒发。每天对量筒进行观察,测定面团体积并记录。

1.3.4 冷藏发酵面团面包的制作 将不同前处理醒发面团经不同温度冷藏一定时间后从保鲜盒中取出后直接放入烤箱烘烤,烘烤条件上火 $190\text{ }^{\circ}\text{C}$,下火 $210\text{ }^{\circ}\text{C}$,烘烤 16 min。面包烤好后,在室温条件下冷却一小时后进行之后的测定。

1.3.5 面包比容的测定 采用排菜籽法测定面包的比容^[4]。

1.3.6 面包质构的测定 采用冯俊敏等^[5]的方法,利用质构仪测定面包质构并略作修改:用面包切片器将面包切成 10 mm 的薄片,取中间两片叠放在一起进行测定。质构仪探头选用 P25 型号,测前探头移动速度 3 mm/s,测中探头移动速度 1 mm/s,测后探头移动速度 5 mm/s,应变位移 40%。

1.3.7 面包挥发性风味化合物的测定 挥发性风味成分的顶空固相微萃取:将冷却 1 小时后的面包均匀切割为 $5\text{ mm}\times 5\text{ mm}\times 3\text{ mm}$ 的小块,放入 15 mL 样品瓶中,放至瓶高的 1/2,置于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浴锅中,将萃取头插入样品瓶并使纤维头伸至瓶中样品的正上方。萃取时间为 40 min,退回纤维头并拔出萃取头,开始进样^[6]。

挥发性风味成分化合物 GC-MS 的分析:色谱柱采用 DB-5MS 毛细管柱;升温程序:保持 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条

件 1 min,中段以 6 °C/min 的速度升至 160 °C,最后以 10 °C/min 的速度升至 250 °C,并持续 10 min;载气(N₂)前 2 min 恒流流量为 1.2 mL/min,之后,分流流量为 10 mL/min,分流比 12:1。质谱条件:进样温度为 250 °C,电离方式为 EI;离子源温度为 200 °C,发射电流为 200 μA,电子能量 70 eV,全扫描采集,以 *m/z* 33~495 进行质量扫描^[7]。

挥发性风味成分化合物的定性及定量分析:GC-MS 结果经计算机与人工检索与 Wiley Library 和 NIST Library 相匹配,定性检索图谱峰,设定匹配度和纯度均大于 800 即为鉴定结果^[8]。

2 结果与讨论

2.1 冷藏条件对面团酵母产气能力的影响

酵母在低温条件下仍具有一定的产气能力,使得面团体积继续增大,而当产气能力减弱或消失时,面筋的拉力会使得面团体积停止增大或者产生回缩现象。不同醒发温度下酵母产气能力由图 1 至图 4 所示。面团前处理时不同醒发(以下称前处理)时间、不同冷藏醒发温度条件下酵母产气能力不同:前处理时间越短,冷藏醒发温度越低,酵母持续产气时间越长;前处理时间增加,提高冷藏醒发温度,可使面团更快达到醒发终点。4 °C 冷藏醒发条件下,60 min 前处理时间的面团,其体积随着冷藏时间不断减小,说明其酵母产气能力逐渐降低。前处理 30 min 时间的面团,第二天达到体积最大值,此后面团体积下降。说明酵母在前处理时间 30 min,冷藏发酵温度 4 °C 的条件下,前 2 天酵母产气能力较强,2 天之后酵母产气能力减弱或停止产气。前处理 15 min 和 0 min,面团达到体积最大值时间分别为第 3 天和第 4 天,说明不同条件下酵母可持续产气能力较强的天数分别为 3、4 d。同样,2 °C 冷藏醒发条件下,前处理 0、15、30 min,酵母可持续产气能力较强的天数分别为 4、4、5 d。0 °C、-3 °C 冷藏醒发条件下,前处理 0、15、30 min,酵母可持续产气能力较强的天数都在 6 d 以上。综合上述结果可以看出,冷藏发酵温度降低,面团醒发速度变慢,可延长酵母持续醒发的时间,不过发酵能力会随着温度降低而降低。面团在普通面包制作的温度与湿度下醒发 60 min 基本接近醒发的终点,因此面团 60 min 前处理后,继续冷藏发酵,其保持时间较短。

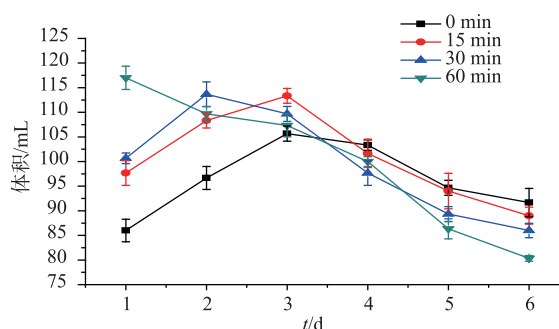


图 1 前处理时间在 4 °C 对面团发酵力的影响

Fig. 1 Effect of different pre-fermentation time on dough fermentation at 4 °C refrigerated conditions

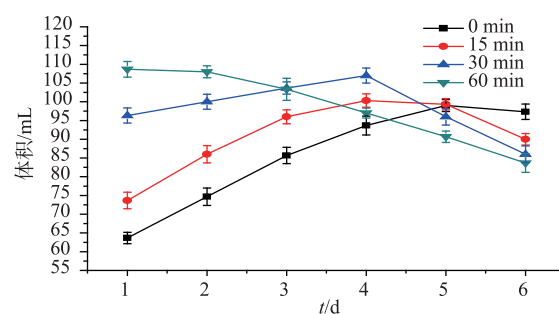


图 2 前处理时间在 2 °C 对面团发酵力的影响

Fig. 2 Effect of different pre-fermentation time on dough fermentation at 2 °C refrigerated conditions

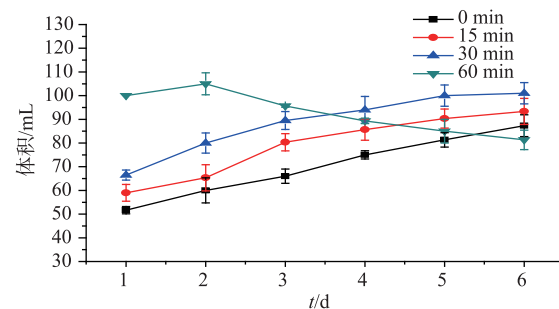


图 3 前处理时间在 0 °C 对面团发酵力的影响

Fig. 3 Effect of different pre-fermentation time on dough fermentation at 0 °C refrigerated conditions

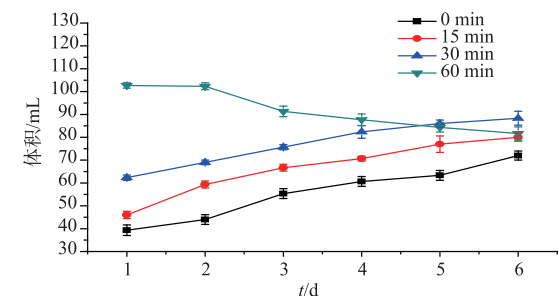


图 4 前处理时间在 -3 °C 对面团发酵力的影响

Fig. 4 Effect of different pre-fermentation time on dough fermentation at -3 °C refrigerated conditions

2.2 面团冷藏对面包品质的影响

2.2.1 冷藏发酵对面包比容的影响 面包比容大小代表着面包的醒发程度,通常比容越大代表着面包醒发程度越好,面筋强度越大。图5至图8中结果可以看出:面团在相同冷藏温度及冷藏时间的条件下,前处理时间增加,面包比容增大。以0℃冷藏条件下不同前处理时间的面包为例:冷藏1天时,前处理0、15、30 min的面包,比容分别为3.62、3.80及3.91 mL/g,此后随着冷藏天数增加,面包比容缓慢增大,前4天面包比容增长较快,第4天比容分别为4.28、4.31及4.61 mL/g;冷藏4~6 d时面包比容增加相对较为缓慢,6天时比容分别为4.45、4.5及4.78 mL/g,前处理30 min的面包比容表现一直好于前处理时间较短的面包,而在不考虑面团达到醒发终点后回缩的情况,其他温度冷藏的面包比容变化规律同0℃条件下面包比容变化一致。说明面团前处理醒发和冷藏过程中的醒发可以互相叠加,共同作用来帮助面团醒发。此外,前处理时间及冷藏时间相同的条件下,冷藏温度高时,达到最佳比容需要的冷藏时间较短。在前处理30 min条件下,面团冷藏1 d时,冷藏温度为4、2、0、-3℃,面包比容分别为5.52、5.04、3.91、3.81 mL/g,而冷藏2 d及3 d后,4、2℃冷藏条件下的面包达到最佳比容,分别为5.71 mL/g和5.52 mL/g,面团继续冷藏后面包比容降低,而0、-3℃冷藏条件下面包比容6 d内持续增大,比最大容分别达到4.78、4.32 mL/g。可见,冷藏醒发的温度越低,面包比容越小。尽管在贮藏的6 d内,0、-3℃冷藏条件下面包比容会随贮藏时间延长而增加,但总体低于较高冷藏温度面团所得的面包比容。过小的比容会降低面包品质并且增加面包生产成本。此外,不同冷藏醒发条件下面包比容变化规律和酵母产气能力变化规律基本一致:酵母产气能力强时,面包比容增加;酵母产气能力减弱或消失时,面包比容减小。

2.2.2 不同冷藏发酵条件对面包质构的影响 面包质构检测结果显示,硬度值与面包品质呈负相关,这个指标数值越大,面包吃起来就越硬,缺乏弹性、绵软、爽口的感觉;弹性值与面包品质呈正相关,数值越大,面包吃起来越柔软不筋道,爽口不粘牙^[9-10]。

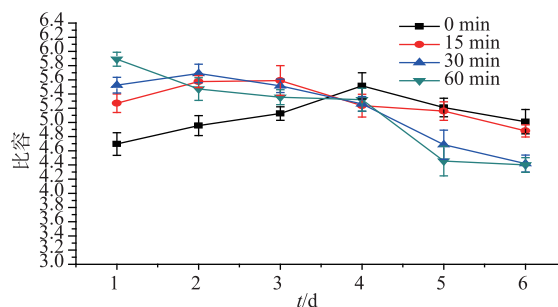


图5 前处理时间在4℃对面包比容的影响

Fig. 5 Effect of different pre-fermentation time on specific volume at 4°C refrigerated conditions

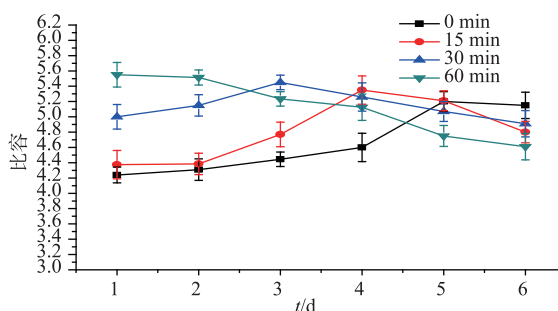


图6 前处理时间在2℃对面包比容的影响

Fig. 6 Effect of different pre-fermentation time on specific volume at 2°C refrigerated conditions

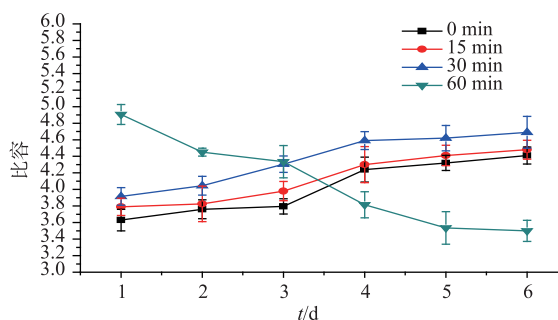


图7 前处理时间在0℃对面包比容的影响

Fig. 7 Effect of different pre-fermentation time on specific volume at 0°C refrigerated conditions

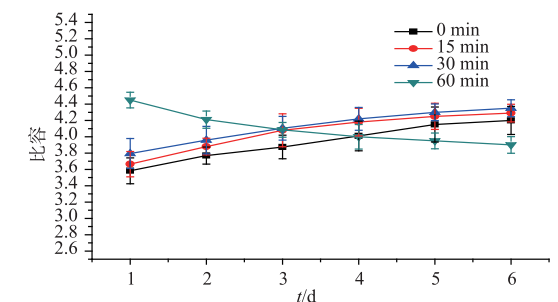


图8 前处理时间在-3℃对面包比容的影响

Fig. 8 Effect of different pre-fermentation time on specific volume at -3°C refrigerated conditions

图9至图12中可以看到,在冷藏温度相同的条件下,随着面团前处理时间的增加,冷藏发酵相同天数的面包硬度减小。如2℃冷藏条件下,面团冷藏一天,前处理0、15、30、60 min的面包芯硬度分别为289、255、239、207 g。面包芯硬度和面包的比容有关:面包比容越小,面包内部气泡结构减小,面筋更加致密,使得面包芯硬度减小。同时,面筋蛋白在低温储藏时面筋抗拉强度增加,使得面包的硬度增加^[1]。此外,在相同面团前处理时间的条件下,相同冷藏时间的面包其面包芯硬度随着冷藏发酵温度降低而增加:面团前醒发时间15 min,冷藏1 d时,冷藏温度分别为4、2、0、-3℃的面包其面包芯硬度分别为201、261、356、400 g,-3℃冷藏温度下面包芯硬度最大,这是因为面包比容随着冷藏温度降低而减小,进而造成了面包硬度上升。而相同的前处理时间和冷藏温度,面包芯硬度随着冷藏时间增加而增加。如前处理30 min,2℃冷藏的面包心硬度1~6天硬度分别为240、248、281、361、401、473 g。面包芯硬度随着时间增加而增加,会降低面包品质,尤其对面包口感影响较大。

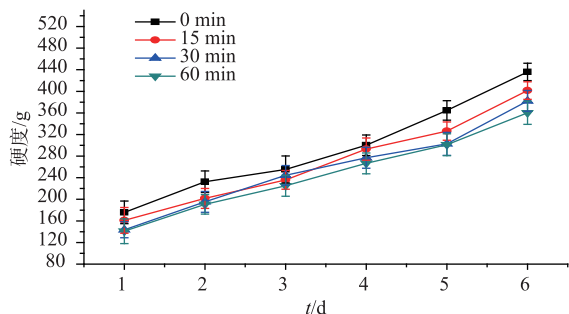


图9 前处理时间在4℃对面包芯硬度的影响

Fig. 9 Effect of different pre-fermentation time on hardness at 4℃ refrigerated conditions

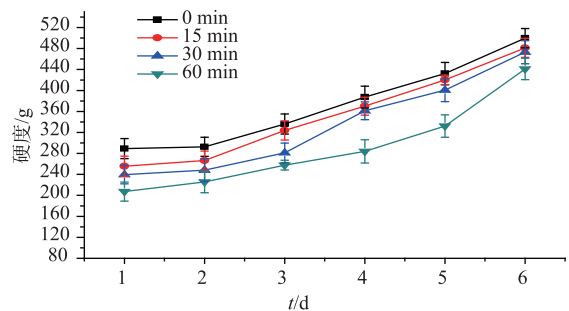


图10 前处理时间在2℃对面包芯硬度的影响

Fig. 10 Effect of different pre-fermentation time on hardness at 2℃ refrigerated conditions

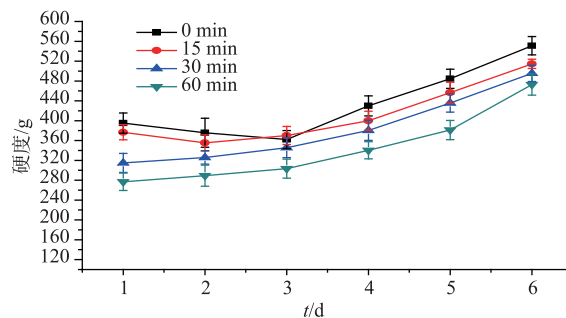


图11 前处理时间在0℃对面包芯硬度的影响

Fig. 11 Effect of different pre-fermentation time on hardness at 0℃ refrigerated conditions

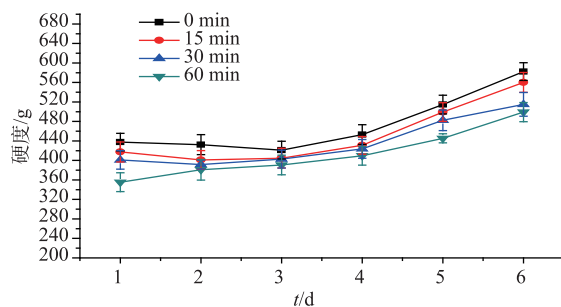


图12 前处理时间在-3℃对面包芯硬度的影响

Fig. 12 Effect of different pre-fermentation time on hardness at -3℃ refrigerated conditions

图13至图16中可以看到,经60 min前处理的面包芯弹性随着冷藏时间增加而降低,如4℃冷藏条件下,面团前处理60 min后,面包芯弹性从0.84下降到0.73。前处理0、15、30 min,不同冷藏温度的面包随着冷藏时间增加,其面包芯弹性先增加再降低。以4℃冷藏条件下,面团前处理30 min面包为例,面包芯弹性从0.79增加到0.82再减小到0.74。面包芯弹性的强弱和面包中面筋蛋白的数量、强度及形态有关:面筋蛋白质含量高、强度大、蛋白质分子间化学键多,空间网络更稳固,面包芯弹性增大;随着冷藏时间增加,面包缓慢醒发,蛋白质分子逐渐变得松散伸展,分子间接触面积增大,化学键含量增大,使得蛋白质空间网络结构更加稳固,宏观表现为弹性增大^[12-13]。而随着面团冷藏时间继续增加,面包水分减少,微生物代谢产物增加及酶的不断作用,造成面筋品质下降,使得面包芯弹性降低。此外,在相同冷藏温度下,面团前处理时间增大,其醒发程度增加,面包心弹性表现越好。由图13至图16中可对比发现,随着冷藏温度的降低,相同前醒

发时间条件下冷藏相同天数的面包芯弹性降低。如冷藏 2 d,前醒发时间 15 min 条件下,冷藏温度分别为 4、2、0、-3 °C 的面包芯弹性分别为 0.82、0.79、0.78、0.76。为这也和面筋在低温条件下卷曲程度增加、面团醒发程度较低有关。

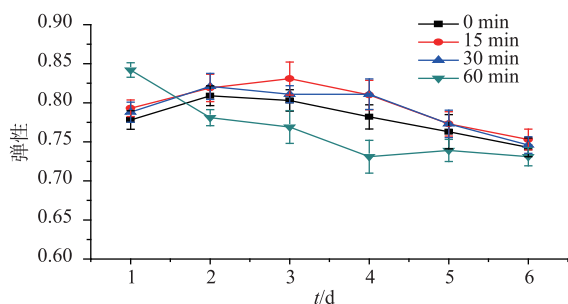


图 13 前处理时间在 4 °C 对面包芯弹性的影响
Fig. 13 Effect of different pre-fermentation time on springiness at 4 °C refrigerated conditions

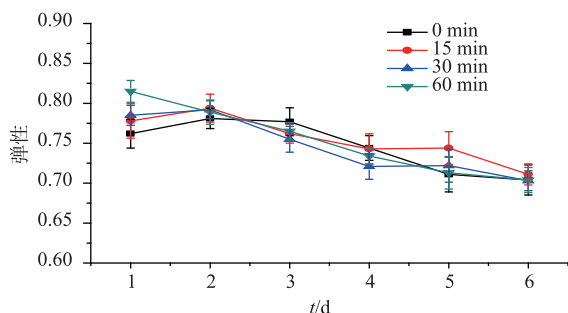


图 14 前处理时间在 2 °C 对面包芯弹性的影响
Fig. 14 Effect of different pre-fermentation time on springiness at 2 °C refrigerated conditions

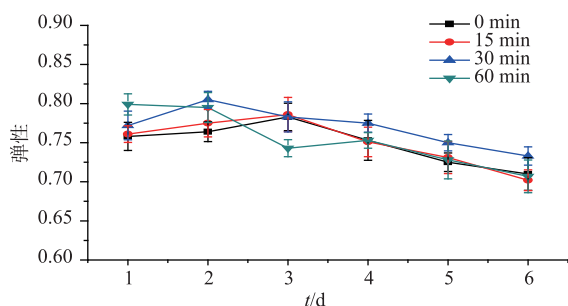


图 15 前处理时间在 0 °C 对面包芯弹性的影响
Fig. 15 Effect of different pre-fermentation time on springiness at 0 °C refrigerated conditions

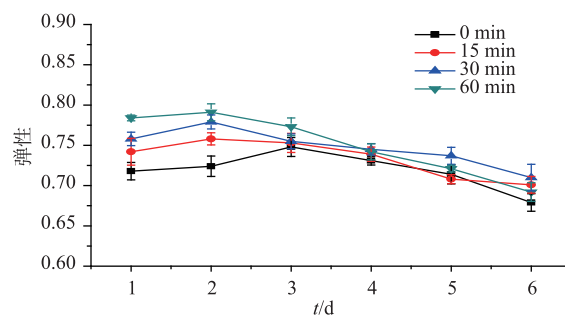


图 16 前处理时间在 -3 °C 对面包芯弹性的影响
Fig. 16 Effect of different pre-fermentation time on springiness at -3 °C refrigerated conditions

2.2.3 冷藏对面包风味的影响 面包天然的香味主要来自于面包烘烤时产生的焦香味和面团发酵过程中产生的酵香味;面团发酵过程中,蛋白质的水解,脂肪、肽等的代谢,氧化还原反应等,都可以产生风味物质^[14];面团的发酵时间增加,酵母发酵得更加充分,释放出更多的风味物质,面包的酵香味就越浓郁^[15]。选取 2 °C 冷藏条件下前处理 30 min,冷藏 1 d 及 4 d 的面包与正常处理的面包对比,不同冷藏发酵时间面包中挥发性风味化合物分析结果如表 1 所示。普通面包及不同天数的冷藏发酵面包风味物质共 79 种,其中主要包括 8 大类:醇、酯、醛、酮、酸、脂肪烃类、芳香族化合物、杂环类及含氮化合物。统计结果如表 2 所示。

表 1 不同冷藏发酵时间面包中挥发性风味化合物分析结果
Table 1 Result of volatiles from different storage period bread

编号	挥发性风味物质	峰面积		
		正常面包	冷藏发酵 1 d	冷藏发酵 4 d
1	壬醛	9.39E+07	9.06E+07	7.67E+07
2	顺-3-壬烯-1-醇	1.49E+07	—	—
3	乙酸苯乙酯	3.89E+06	—	—
4	1-庚基-3-丁内酯	—	1.03E+07	3.79E+07
5	丙位辛内酯	2.15E+07	2.77E+07	—
6	丙位庚内酯	2.59E+07	—	—
7	庚酸乙酯	—	—	1.63E+07
8	辛酸乙酯	7.99E+07	1.80E+08	3.10E+09
9	十二酸乙酯	—	—	1.85E+08
10	二甲基硅烷二醇	3.59E+07	—	1.12E+07
11	正丁酸	1.30E+07	1.90E+07	1.84E+07
12	癸酸乙酯	—	2.39E+07	3.49E+08
13	甲基庚烯酮	1.22E+07	—	—
14	吡啶	—	2.22E+08	—

续表 1

编号	挥发性风味物质	峰面积		
		正常面包	冷藏发酵 1 d	冷藏发酵 4 d
15	正己醇	1.02E+08	1.79E+08	2.30E+08
16	反式-2,4-己二烯-1-醇	8.59E+06	—	—
17	三乙二醇乙醚	—	9.33E+07	1.14E+07
18	正庚醛	2.84E+07	—	—
19	正辛醇	6.63E+06	—	—
20	吡啶	6.09E+06	7.79E+06	8.42E+06
21	3-甲基-1-丁醇	1.10E+09	9.85E+08	—
22	甲酸辛酯	—	—	1.29E+07
23	壬酸乙酯	—	—	5.14E+07
24	异戊醇	—	—	9.08E+08
25	正己酸乙酯	—	—	2.13E+08
26	十四酸乙酯	—	—	6.83E+06
27	正辛酸	7.00E+06	1.69E+07	6.98E+07
28	正辛醛	1.89E+07	2.06E+07	1.95E+07
29	苯甲醛	5.89E+07	5.95E+07	8.63E+07
30	正己酸	2.23E+07	5.25E+07	—
31	乙酸己酯	—	—	1.44E+07
32	3-辛烯-2-酮	7.72E+06	2.84E+07	1.29E+07
33	反式-2-辛烯-1-醇	8.04E+06	3.16E+07	—
34	2-乙基戊醛	—	—	6.11E+07
35	呋喃甲醛	1.32E+08	4.41E+07	4.04E+07
36	2,4-癸二烯醛	2.35E+07	—	—
37	反式-2-壬烯醛	2.85E+07	—	—
38	2-辛烯醛	3.50E+07	3.50E+07	3.03E+07
39	辛酸 3-甲基丁酯	—	—	2.33E+07
40	4-壬炔	1.23E+07	—	—
41	1-辛烯-3-醇	5.29E+07	2.83E+07	2.77E+07
42	顺式-6-壬烯醇	—	1.47E+07	1.63E+07
43	2-戊基呋喃	4.48E+07	1.82E+08	1.51E+08
44	1-烯對【草(之上)+孟]-6-酮	—	—	1.15E+07
45	1-辛烯-3-酮	3.17E+07	—	—
46	2-甲基丁酸	1.83E+07	—	2.98E+07
47	1-烯-3-辛醇	—	2.83E+07	—
48	2,3-丁二醇	3.52E+07	3.17E+07	3.25E+07
49	甲基乙酰甲醇	7.58E+07	6.44E+07	—
50	1-氯戊烷	1.23E+07	—	—
51	反,反-2,4-壬二烯醛	—	—	—
52	十二甲基环六硅氧烷	—	4.33E+07	—
53	十甲基环五硅氧烷	—	3.42E+07	—
54	2,3-辛二酮	1.37E+07	—	1.71E+07
55	乙酸烯丙酯	4.91E+07	—	—
56	1-甲基-4-(1-甲基乙炔基)环己烯	1.53E+07	3.14E+07	—

续表 1

编号	挥发性风味物质	峰面积		
		正常面包	冷藏发酵 1 d	冷藏发酵 4 d
57	苯乙醇	1.68E+08	1.13E+08	2.21E+08
58	辛酸正丁酯	—	—	1.74E+07
59	3-甲基丁醛	—	—	2.02E+08
60	十六酸乙酯	—	—	1.51E+07
61	乙醇	1.54E+09	1.79E+09	2.24E+09
62	乙酸	8.88E+07	1.58E+08	2.15E+08
63	1-硝基己烷	8.92E+06	—	4.21E+07
64	乙醛	—	1.19E+09	—
65	正己醛	3.45E+08	—	9.67E+08
66	丁位辛内酯	—	—	1.71E+07
67	丁位癸内酯	1.05E+07	1.89E+07	9.45E+06
68	丁位壬内酯	9.71E+06	1.06E+07	1.07E+07
69	正戊醇	—	2.90E+07	—
70	庚醇	4.16E+06	—	—
71	庚酸	1.37E+07	—	—
72	2-甲基丙醇	1.35E+08	1.28E+08	—
73	环丙基甲基酮	—	5.04E+07	1.45E+08
74	异丁酸	2.64E+07	2.60E+07	2.90E+07
75	反式-2-庚烯醛	4.40E+07	1.66E+07	4.64E+07
76	棕榈酰胺	—	8.82E+06	—
77	甲氧基-苯基-肼	2.08E+07	1.26E+07	1.07E+07
78	2,3-环氧-1-丙醇	3.50E+06	—	—
79	乙酰乙酸异丁酯	—	4.05E+07	—

表 2 挥发性风味化合物分类统计结果

Table 2 Category statistics result of bread volatiles

风味物质	空白		冷藏 1 d		冷藏 4 d	
	种类	峰面积	种类	峰面积	种类	峰面积
醇	15	329.06	12	342.30	8	368.67
酯	8	40.10	7	31.19	16	407.98
醛	10	80.81	7	145.64	7	152.97
酮	4	6.53	2	7.88	4	18.65
酸	7	18.95	5	27.24	5	36.20
芳香族	4	28.66	3	21.62	3	30.84
杂环及含氮化合物	3	9.49	4	21.52	3	20.58
烃	4	4.88	2	7.94	1	4.21
总量	55	467.46	42	596.06	47	1 006.83

面团经冷藏后,风味物质的数量及种类都发生了变化。随着冷藏时间增加,风味物质总含量增加。冷藏 1 d 及 4 d 的面包风味物质总量相比普通面包分别增加了 27.51% 和 115.38%,说明面包冷藏发酵

后风味更加浓郁。随着冷藏时间增加,醇类种类降低,总量增大。醇类风味物质中,主要成分是乙醇,乙醇主要由酵母发酵产生^[7],冷藏时间增加,面包发酵更加充分,因此产生更多的乙醇。酯类化合物是由无机酸或有机酸与醇进行酯化反应缩去水而成,赋予面包果香和奶香,辛酸乙酯具有白兰地酒香味,丁位壬内酯具有甜奶香,对面包风味均尤为重要^[6],此两种化合物在冷藏发酵的面包中含量较高,提升了冷藏发酵面包气味。醛类在面包中也有较高的含量,而且其气味分辨阈值较低,因此是面包香气中比较重要的风味化合物,冷藏过程中,冷藏 1 d 及 4 d 的醛类总含量分别增加 80.22% 及 89.30%,其中对面包风味较为重要的苯甲醛、呋喃甲醛(糠醛)含量均有增加。面包风味物质中,辨别阈值低的物质有醇类、酯类、醛类及杂环类^[7]。面包的焙烤过程会发生美拉德反应,又称非酶褐变,是面包产生表面金黄颜色及独特焙烤香味的主要原因;而美拉德反应会产生一系列杂环类物质,主要有呋喃、吡啶、吡啶等。冷藏 1 d 及 4 d 的面包风味物质中该类

化合物含量比普通面包含量高 126.76% 及 116.86%,说明冷藏发酵面团有更浓郁的焙烤香气。冷藏后面包酸类物质总量增加,主要有乙酸、丁酸和甲基丁酸,有一定的奶香和果香味^[8]。综上可知,面团冷藏发酵,可使面包产生更为浓郁的香气,受到消费者欢迎。

3 结 语

面团冷藏发酵方法可以生产面包,并且会产生更加浓郁的面包香气。冷藏发酵面包的品质同面团冷藏前的醒发时间、冷藏温度及冷藏时间相关。醒发时间增加、冷藏温度升高,在相同的冷藏天数内,面包比容增大、面包芯硬度降低,不过面包品质易下降。冷藏后,酵母发酵更加充分,面团经烘烤后产生了更多的风味物质,使得面包香味更加浓郁,会更加受到消费者欢迎。总体来说,经过醒发 15~30 min 的面团在 2~4 °C 温度下冷藏 1~4 d,能够获得较好品质的面包。

参考文献:

- [1] KUMIO Y, MACHIKO S, KENJI S. Simple improvement in freeze-tolerance of bakers' yeast with poly- γ -glutamate [J]. **Journal of Bioscience Sbioengineering**, 2006, 102(3): 215-9.
- [2] WANG P, TAO H, JIN Z, et al. The final established physicochemical properties of steamed bread made from frozen dough: Study of the combined effects of gluten polymerization, water content and starch crystallinity on bread firmness [J]. **Journal of Cereal Science**, 2015, 63: 116-121.
- [3] XU Yunfeng, YANG Na, JIN Zhengyu, et al. Cryoprotective role of combined emulsifiers with soybean lecithin and sucrose ester on baker' s yeast[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2011, 30(2): 213-217. (in Chinese)
- [4] QIAN Ping, LI Lite, HE Jinfeng. Bread hardening mechanism [J]. **Chinese Institute of Food Science**, 2005 (4): 79-86. (in Chinese)
- [5] FENG Junmin, ZHANG Hui, WANG Li, et al. Study frozen noodle quality improvement [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012, 31(10). (in Chinese)
- [6] XU Yixiu, ZHANG Min, SUN Jincal. Solid phase micro extraction and GC-MS analysis of adverse bayberry juice flavor components[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012, 31(10): 1057-1061. (in Chinese)
- [7] LIU Ruoshi, WAN Jingjing, ZHANG Kun, et al. Effect of oat sourdough leavening agents lyophilization and storage of bread flavor[J]. **Food Science**, 2010, 31(21): 15-19. (in Chinese)
- [8] XUN Yanjun, ZHOU Guanghong, ZHAO Gaiming, et al. Change the flavor ingredients Jinhua ham production process [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2005, 24(4): 1-12. (in Chinese)
- [9] CHU Yanpei. Application material tester in food quality evaluation[J]. **Food and Feed Industry**, 2003(7): 40-42. (in Chinese)
- [10] CHU Yanpei. Texture evaluation-scientific evaluation system of bread quality evaluation [J]. **Modern Flour Industry**, 2009, 23(6): 30-33. (in Chinese)
- [11] ZHANG Zhe, TIAN Shaojun, LIU Peicheng, et al. Low temperature storage on wheat gluten film [J]. **Henan University of Technology: Natural Science**, 2011, 32(6): 13-17. (in Chinese)

- [12] LIU Jian, DENG Xiao, LIN Xiangyang, et al. Recipe opposite affect the shelf life of the structure [J]. **Food and Feed Industry**, 2009(12):24-27. (in Chinese)
- [13] WU Gangcheng, ZHANG Min, WANG Yunchuan, et al. High-quality pasta formulation process optimization [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2015(2):215-223. (in Chinese)
- [14] GNzle M G, NICOLINE V, VOGEL R F. Carbohydrate, peptide and lipid metabolism of lactic acid bacteria in sourdough[J]. **Food Microbiology**, 2007, 24(2):128-38.
- [15] WANG Gang, WANG Fengcheng, ZHANG Wei. Overnight dough method for making bread [J]. **Oils And Food Processing**, 2002(9):51-53. (in Chinese)
- [16] TU Yangjun, HUANG Tianmiao, ZHAO Bao, et al. Effect of fermented raisin bread baking properties and flavor [J]. **Technology of Food Industry**, 2013, 34(5):80-84. (in Chinese)
- [17] HU Lihua, SU Dongmin, SU Donghai, et al. Solid phase micro extraction - GC-MS comparison bread and bread flavor compounds[J]. **Food Processing**, 2010, 35(6):49-53. (in Chinese)
- [18] GU Qing, LU Ping, HUANG Wuning, et al. Hydrolysis of wheat bread flavor prepared precursors [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2015(4):372-378. (in Chinese)

会 议 消 息

2018年第三届营养与食品工程国际会议(ICNFE 2018)

(ICNFE 2018)第三届营养与食品工程国际会议将于2018年11月14-16日在马来西亚吉隆坡隆重召开。

会议网址:<http://www.icnfe.org/>

会议亮点:

录用文章能发表在会议论文集(IPCBEE, ISSN: 2010-4618),被收录在 Engineering & Technology Digital Library, 能被 Chemical Abstracts Services (CAS), CABI, CNKI, EBSCO, WorldCat, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, Crossref, and Engineering & Technology Digital Library 检索。或者出版在国际期刊 International Journal of Food Engineering (IJFE, ISSN: 2301-3664), 可以被 Google Scholar; Crossref; Engineering & Technology Digital Library 等等检索。

一位顶级教授受邀参加会议并将为会议呈现学术前沿的大会报告和研究成果。她是来自马来西亚 Universiti Putra Malaysia 大学的教授 Nyuk Ling Chin。

会议文章出版:

ICNFE 2018 录用的文章能够发表在会议论文集 (IPCBEE, ISSN: 2010-4618) 或者发表在国际期刊 International Journal of Food Engineering (IJFE, ISSN: 2301-3664)上。

会议地址:马来西亚吉隆坡

投稿方式:<https://cmt3.research.microsoft.com/ICNFE2018>

会议邮箱:icnfe@cbees.net

联系电话:+852-3500-0137 (中国香港)/+1-206-456-6022 (美国)/+86-28-86528465 (中国)

会议专员:蔺女士