

马铃薯全粉对面包感官品质和面团流变性的影响

张 英 浙江农业大学食品科技系 310029

摘 要 将马铃薯全粉分别以 0.5%, 10%, 15% 4 个水平取代小麦面粉, 进行粉质试验(Farinograph)、粘焙力试验(Amylograph)和焙烤试验(Baking test)。粉质曲线表明, 添加马铃薯粉后吸水量增加、面团形成时间有所下降、面团稳定性和耐揉度大幅度下降; 粘度曲线表现出较低的起始糊化温度和最大粘度时的温度; 焙烤试验显示出, 5%~15% 的马铃薯粉加量对面包体积无抑制作用, 对面包质地和风味有改进作用。当用量在 10% 以下时, 对面包芯色泽和颗粒结构无显著影响, 本研究结果认为, 5%~15% 的马铃薯全粉或 20%~40% 的马铃薯泥与小麦粉配合, 加上 2% 的活性面筋, 0.5% 的 α -单甘酯, 采用低糖配方可以制作出色、香、味、质皆佳的特色面包。

关键词 马铃薯 面包 面团流变性

1 前言

马铃薯又名土豆, 是一种营养价值很高的蔬菜。世界上许多国家把土豆作为传统食品, 不少以面包为主食的民族有将土豆泥(粉)掺入面粉共同制作面包的习惯。鲜土豆含淀粉 15%~22%, 可溶性糖 1%~1.5%, 蛋白质 2%, 脂肪 0.2%, 并含有丰富的矿物质和维生素等。土豆蛋白的质量比大豆好, 最接近于动物蛋白, 含有丰富的赖氨酸(93mg/100g)和色氨酸(32 mg/100 g), 这二者正是一般谷类粮食所缺乏的, 故将土豆粉与小麦粉配合有利于提高蛋白质的功效比。土豆对人体具有良好的保健作用。现代科学又发现在土豆中含有丰富的粘体蛋白(是一种多糖蛋白的混合物), 能预防心血管系统的脂肪沉积, 保持动脉血管的弹性, 阻止动脉粥样硬化过早发生, 还可防止肝、肾中结缔组织的萎缩, 保持呼吸道、消化道的滑润, 因此国内外的营养学家认为土豆是“十全十美的食物”。同时土豆淀粉具有优良的加工特性, 其中支链淀粉占 80% 左右, 淀粉颗粒大, 糊化温度低, 糊化速度快、持水性好, 润胀能力大, 低温稳定性好^[12], 对面包品质的改良有重要意义。

我国土豆产量居世界第二位, 但人均消费不及发达国家的 1/10, 究其原因一是对土豆的

认识不深, 二是加工方法和食用方法单调。近几年来, 我国土豆生产发展很快, 且直接食用量下降, 因此, 合理开发利用土豆资源已成为当前一个重大的课题。

用不同的组分配合面粉来制作面包近几十年来有了很大的发展, 尤其是在植物蛋白的应用方面, 对植物块茎淀粉也已作了广泛的研究^[1~3], 但用土豆全粉作为配合料的焙烤研究仍很少见。本研究用国产的土豆全粉和强筋小麦粉为原料, 探讨土豆粉的添加量对面团流变学性质和面包感官品质的影响, 为拓宽土豆粉在发酵面制品中的应用提供一些理论依据和工艺参数。

2 材料和方法

2.1 原料

强筋粉: 由杭州面粉厂生产, 含蛋白质 12%(N $\times$ 5.7), 湿面筋 32%, 水分含量变动在 13.7%~14.4%。

马铃薯雪花全粉: 由内蒙古海拉尔马铃薯食品厂生产, 含碳水化合物 77.5%, 粗蛋白 7.5%, 粗纤维 2.0%, 还原糖 $\leq$ 3%, 粗脂肪 0.18%, 灰分 2.58%, 含水量变动在 6.0%~8.5%。粉体为薄片状, 色白略呈淡黄, 经粉碎机粉碎后, 过 80 目筛备用。

梅山牌活性干酵母经活化后使用:5 g 干酵母+0.5 g 葡萄糖+30℃水 30 ml→搅匀→30℃±1℃保温 30 min。

活性面筋粉:购于杭州食品原辅料商店。

大麦芽粉:由实验室自制,萃取后使用。

α -单甘酯:由杭州油脂化工厂提供,室温下呈白色硬块,无塑性。

起酥油:用市售的菜籽色拉油和 α -单甘酯混合成半固态脂后代用。将 30 g 色拉油与 5g α -单甘酯共同熔融后,搅拌均匀,冷却后呈淡黄色的可塑性脂,其中每 3.5 g 含色拉油 3 g 和 α -单甘酯 0.5 g。

糖、盐:糖为市售的细粒白砂糖;盐,化学纯,用蒸馏水溶解以后加入。

V_C:为试剂级,使用当天配制成 1‰ 的溶液。

2.2 流变试验

分别测定 4 种配合比例(强筋粉:土豆粉为 100:0.95:5.90:10.85:15)混合面团的粉质曲线(farinogram)和面糊的粘度曲线(Amylogram)。配合用量的计算均以 14% 的水分含量为基准。

粉质曲线的测定依照 AAcc-54-21 方法(AAcc,1983)。用德国产的 Brabender 粉质测定仪,采用 300g 试样的恒定面粉重量法,粉质曲线的数据测取标准如图 1 所示^[4]。

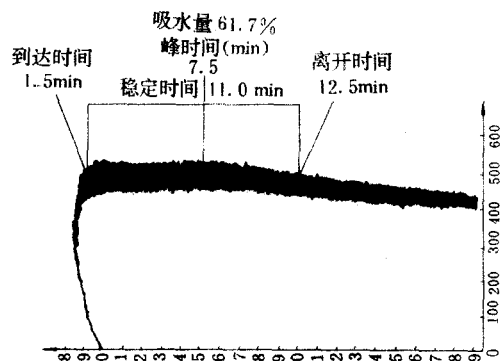


图 1 粉质曲线(Farinogram)特征值示意

到达时间(arrival time):指曲线上端到达 500 稠度线后最接近的半分钟线所指示的时间。(标准为 2 ± 0.5 min);

峰时间(peak time):又称面团形成时间,指

曲线到达峰顶所需的时间。(标准为 7.5 ± 1.5 min)。

离开时间(departure time):指曲线降落时离开 500 稠度线的时间。(标准为 14 ± 1.5 min)。

面团稳定性(stability time):离开时间与到达时间之差。(标准为 12 ± 1.5 min)。

面团耐揉度指数(Mixing Tolerance Index, MTI):当曲线到达顶点后再揉 5 分钟曲线下降的距离。(标准为 30 ± 10 BU)。

吸水量(absorption):指粉质曲线的峰高正好落在 500 稠度线时的加水量。(标准为 $60.5\% \pm 2.5\%$)。

糊化特性的测定按照国际谷物化学协会(ICC)标准方法 NO. 126,用德国产的 Brabender 糊化仪。将面粉和土豆粉按不同比例配置成 80 g 的试样,加 450 ml 蒸馏水混匀,转入糊化仪中。从 30℃ 开始升温到 95℃,升温速率为 1.5℃/min,在 95℃ 保温 15 min 后结束测试。面糊粘度曲线(Amylogram)上起始糊化温度的定义是:粘度上升达到 20 BU 时的温度。

2.3 焙烤试验

含土豆粉面包的焙烤参照 AAcc 10-10A 和 Finmey 推荐的直接面团法^[5]。混合时间和水分吸收量借鉴粉质研究的结果和先前的初步实验^[13]。初步实验的结果显示 2%~4% 的活性面筋添加量对品质的影响无显著差异,与 Fleming 等(1977)^[6]的结论相一致,故在配方中采用 2% 的活性面筋加量。鉴于粉质试验表明该面粉的 α -淀粉酶活力较低,在配方中添加 0.3% 的大麦芽粉。焙烤试验的配方如表 1 所示。

按不同比例配合 500g 混合粉试样,加上辅料后用较低的搅拌速度和面,然后切块、称重成 5 个平行试样,发酵温度控制在 30 ± 1 ℃,相对湿度 70%~80%,醒发温度 40 ± 1 ℃,相对湿度 85%左右,醒发高度控制在约 7.3cm^[5]。烘烤用远红外烤炉,215℃ 18 min,入炉时适当喷水增湿。出炉后片刻用菜籽替代法测定面包体积。冷却 1 h 后评价面包内部和外部特性。感官评定依据 Silaula 等^[7]提出的描述标准(见表 3)。感

表 1 焙烤试验配方

原辅料	面粉—土豆粉混合基数(%)
强筋粉	85~100
马铃薯雪花全料	0~15
活性干酵母	1.5
活性面筋粉	2
糖	6
盐	1.5
色拉油	3
α -单甘酯	0.5
大麦芽粉	0.3
V_c	50 10 ⁻⁶
水	适量

官评定数据均值间的比较(每一配合比例分别与对照之间)采用 t 检验法^[14]。焙烤试验重复 2 次。

不同配合比例的土豆面包操作参数如表 2 所示。

面包的酸度测定用 NaOH 滴定法^[15],在冷却后进行,含水量用 SC69-02 型水分快速测定仪测定。每隔 1 天观察面包芯新切面的硬化程度,用手感无弹性的面积/整个横切面积作为面包老化程度的指标。

3 结果与分析

3.1 粉质研究结果

表 2 不同配合比例的土豆面包焙烤试验操作参数

强筋粉:土豆粉	焙烤吸水量 (%)	混合时间 min	发酵时间 min	撒粉时间 min		醒发时间 min
				第一次	第二次	
100:0	61.5	12	120	70	105	45
95:5	68.0	10	115	70	100	43
90:10	74.0	9	110	65	/	42
85:15	81.0	8	105	60	/	40

表 3 面包感官评定的描述

得分	表皮色泽	表皮性状	面包芯颜色	颗粒结构	面包芯质地	风 味
7	浓重的金褐色,均匀	柔软,易碎	奶白,明亮	均匀分布的微孔	柔软,湿润	优秀
6	浓重的金褐色,轻微的不均匀	适度的柔软,适度的厚薄	奶白	大部分的微孔偶有几个粗大的孔,相当均匀	柔软,略为湿润	很好
5	棕褐色	略为柔软,厚度适中	奶白,比较明亮	略为不均匀的气孔,粗细适中	略为柔软,湿润	好
4	非常轻微的黑褐色	适中的坚韧、厚度和橡胶质感	深奶白色,无光泽	粗大和细微的气孔,孔膜有厚、有薄	略为坚韧,和湿润	尚可
3	轻微的黑褐色	略为坚韧、橡胶质感,厚度适中	略呈灰色	半数的粗大气孔,厚壁	略为坚韧,和干燥	轻微的不良风味
2	黑褐色	略呈橡皮状,略为坚韧,皮略厚	灰色	粗大的气孔,结构不均匀,有大孔洞	坚韧,树胶状,橡皮状	不良风味
1	深黑褐色	坚韧,橡皮状,厚	黑灰色	坚密的,厚壁的,不易区分的气室	坚韧,干燥	很差,明显的不良风味

此表引自 Silaula 等(1989)

表 4 强筋粉—土豆粉混合物的粉质曲线数据

配合比例 (小麦粉/土豆粉)	吸水量* (%)	面团形成 时 间 min	面团稳定时间(min)		MTI (BU)
			(离开 时间(min) ~	到达 时间(min))	
100/0	64.3	6	11 (13~2)		30
95/5	71.1	5.5	5.5 (7.5~2)		80
90/10	77.2	4.3	4.3 (6.3~2)		100
85/15	84.9	5	3.3 (6.3~3)		150

* 湿基 14% 的吸水量

不同配合比例的四条粉质曲线见图 2, 从粉质曲线得到的数据列于表 4。

随着土豆粉添加量的增加, 面团的吸水量加大, 二者之间具有极显著的正相关(图 3), 表明土豆粉具有较强的吸水能力。

随着土豆粉添加量的增加, 面团的形成时间略有下降(图 4)。面团的稳定性大大下降(图 5), 说明土豆粉的加入使面团弱化, 这种变化在 5% 的添加量时就很显著。

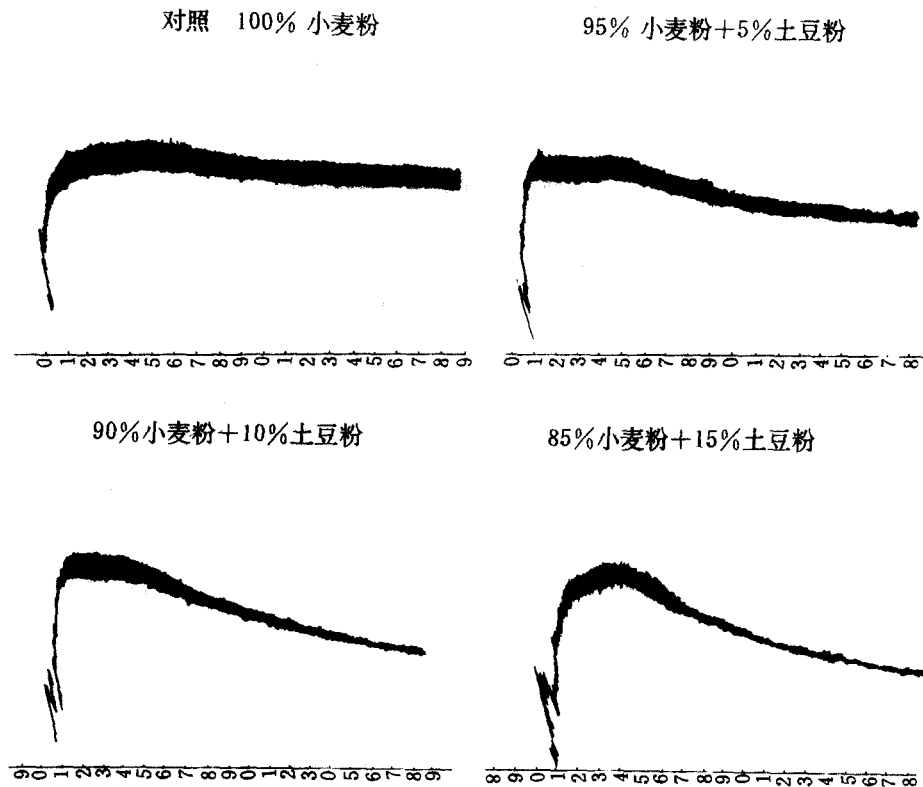


图 2 面粉—土豆粉混合物的粉质曲线

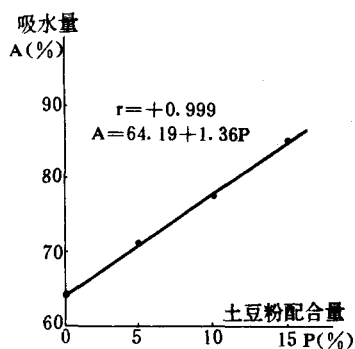


图3 土豆粉配合量与吸水量的关系

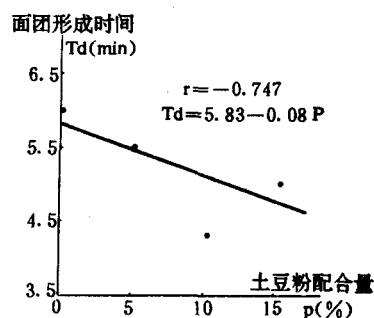


图4 土豆粉配合量与面团形成时间的关系

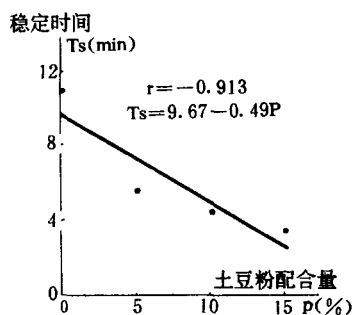


图5 土豆粉配合量与面团稳定性的关系

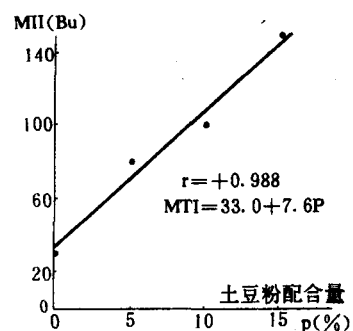


图6 土豆粉配合量与面团耐揉度的关系

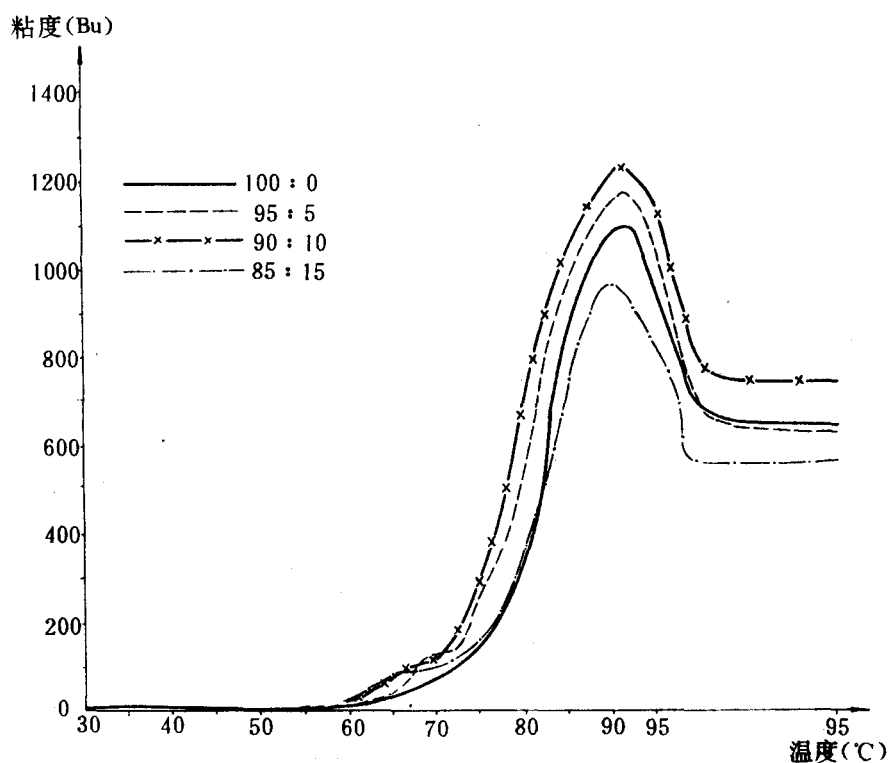


图7 小麦粉—土豆粉混合物糊化时温度与粘度的关系

随着土豆粉配合比例的升高,面团的耐揉度大幅度下降,从图6可以看到 MTI 与配合量

之间具有极显著的正相关关系。MTI 值越大,表明面团越弱。

面团的吸水量取决于面筋蛋白和淀粉结合水的能力,虽然面筋的亲水性高于淀粉,但后者吸水快于前者。当在面粉中配合土豆粉后,由于土豆淀粉远高于小麦淀粉的水结合能力使面团的吸水量增加,有可能在随后引起面筋的过度吸水,使得混合面团的稳定性下降^[8]。同时由于

一部分面粉被土豆粉取代,面筋蛋白的相对含量下降,导致筋力减弱也是面团稳定性下降和耐揉度降低的原因。

3.2 小麦粉——土豆粉混合物糊化特性的测定

不同配比(100:0,95:5,90:10,85:15)的4条粘度曲线(Amylogram)如图7所示,粘度曲线的特征值列于表5。

表5 小麦、土豆混合粉的粘度曲线的特征值

小麦粉/土豆粉	起始糊化温度 (°C)	最大粘度时的温度 (°C)	最大粘度 (BU)	95°C保持 15 min 后的粘度 (BU)
100/0	63	92	1090	650
95/5	62	91	1170	630
90/10	60	90.5	1240	750
85/15	59	90	960	560

本次实验所用小麦粉粘焙力曲线(100:0)最大粘度为1090 BU,在使用时,添加5%~10%的土豆粉后使其最大粘度增加,达15%时,粘度才有所下降。

当土豆粉配合量在0~15%范围内,配合比例与起始糊化温度间具有极显著的负相关(图8)。

当配合量为15%时,起始糊化温度从对照的63°C降至59°C。起始糊化温度的高低对焙烤品质关系重大,其值越低,面包质量越好。

土豆粉的添加还使顶峰温度(达到最大粘度时的温度)下降,二者间的关系如图9所示。

豆面包的酸度普遍低于对照(图11)

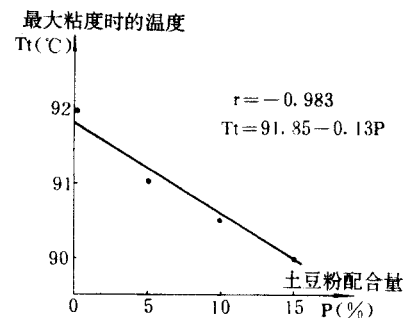


图9 土豆粉配合量与最大粘度时的温度间的关系

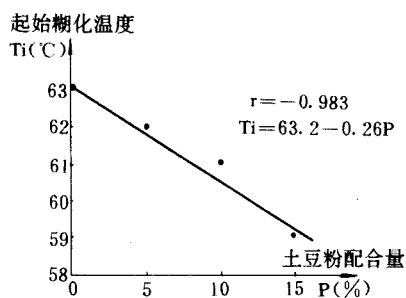


图8 土豆粉配合比例与起始糊化温度的关系

3.3 焙烤试验结果

从图10可见,当土豆粉添加量在5%~15%范围内,对面包的体积不产生抑制作用,土

面包体积 cm³

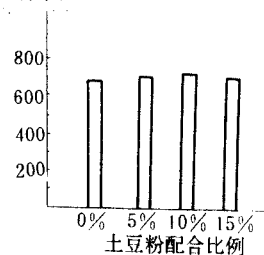


图10 土豆粉配合比例与面包体积的关系

成品面包的含水量随土豆粉的添加量而同步增长(图12)

感官评定的结果列于表6。当土豆粉配合量为5%时,面包的表皮色泽与对照无明显差异且色泽稍优于对照,表现为比较丰富的红棕色但当配合量超过10%时,面包表面美拉德反

应强烈,上色快,易褐变,在同样的焙烤条件下易出现着色过度;不同的配合比例对表皮性状

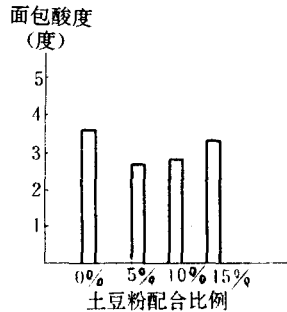


图 11 土豆粉配合比例与面包酸度的关系

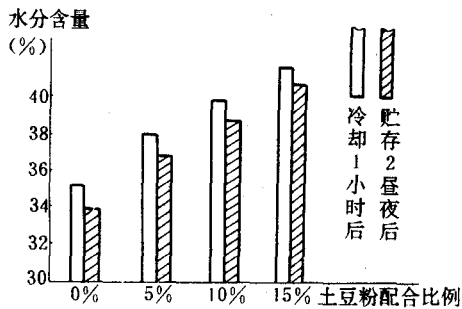


图 12 土豆粉配合比例与面包水分含量的关系

表 6 含 0-15%土豆粉的面包感官
评定值(均值 $\pm$ 标准误差)

土豆粉的配合比例 (%)	表皮色泽	表皮性状	面包芯色泽	颗粒结构	面包芯质地	风味
0	5.8 ^a ± 0.8	4.8 ^a ± 0.8	6.0 ^a ± 0.7	5.4 ^a ± 0.5	5.2 ^a ± 0.4	5.2 ^a ± 0.4
5	6.0 ^a ± 0.7	5.2 ^a ± 0.4	5.6 ^a ± 0.5	5.3 ^a ± 0.5	5.6 ^a ± 0.5	5.8 ^a ± 0.4
10	4.8 ^b ± 0.4	5.0 ^a ± 0.0	5.2 ^a ± 0.8	4.8 ^a ± 0.4	6.2 ^b ± 0.4	6.4 ^b ± 0.5
15	3.8 ^c ± 0.8	4.8 ^a ± 0.4	4.8 ^b ± 0.8	4.2 ^b ± 0.4	6.4 ^b ± 0.5	6.6 ^b ± 0.5

* 均值后跟着相同的字母表示无显著差异无显著影响,土豆面包不易出现大豆面包那样坚韧、厚实的面包皮;5%~10%的土豆粉对面包芯的色泽影响不大,15%时使面包芯略呈淡黄色;10%以下的土豆粉加量对面包颗粒结构的影响亦不显著,但 15%时,气孔略显粗大,主要是由于稀释作用使面筋减弱;土豆粉的添加使面包芯的质地变得柔软,湿润。普遍认为土豆面包的突出优势表现在风味和口感上,松软、爽口、不粘牙、有弹性,土豆香味和面包香协调一致,清爽怡人。

从面包贮存期间的硬化曲线(图 13)看到,

添加土豆粉后,面包的老化速度放慢。普遍面包五天后面包芯切面手感完全硬化,而添加 5%~15%的土豆粉后,延长至 6~8 天。

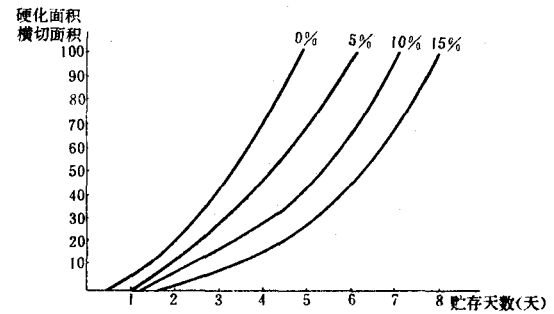


图 13 不同土豆粉配合比例的面包
贮藏稳定性观察曲线

4 讨论

土豆粉以不同比例与面粉配合以后对面团的流变性和面包的感官品质及商品性能带来了一定的影响,其中起主要作用的是土豆淀粉的性质。从土豆淀粉与小麦淀粉的糊化性质差异看^[10]:

淀粉浓度	糊化温度 (转化温度)	最大粘度 (BU)	最大粘度 时的温度 (°C)
土豆淀粉 5%	64.6°C	720	88.9
小麦淀粉 10%	70.2°C	830	91.2

土豆淀粉的转化温度远低于小麦淀粉,达到最大热塑粘度时的温度也低于小麦淀粉。从图 7 看到,添加土豆粉后,使面糊的起始糊化温度降低,达到最大粘度时的温度也有所下降。二者的结果相吻合。当土豆粉配合比例在 5%~10%时,使面糊的最大粘度上升,据 Brown 等^[9]对黑麦研究的结果认为,最大粘度越高,焙烤质量越好。

小麦粉中含淀粉 67% 以上,(土豆粉中 77% 以上)。在和面过程中,淀粉填充在面筋网络中,进入发酵阶段后,伴随着气泡的膨胀,淀粉粒便逐渐在气泡的周围以同心圆形式排列,由此提高了气孔壁的强度。为了把气体很好地

包藏起来,必须使蛋白质与淀粉之间形成牢固的结合,电镜观察的结果表明,在小麦粉面包中存在良好的蛋白——淀粉复合体^[11]。很多研究表明,当在小麦粉中添加不同来源的浓缩植物蛋白以后,表现为面包体积缩小,呈现紧密和粗糙的面包芯结构,坚硬的质地,缺乏弹性,认为是非面筋性蛋白质的添加干扰了良好的蛋白质——淀粉复合体。而土豆面包的焙烤试验表明,当土豆粉添加量在 5%~15% 时,对面包体积不表现抑制作用(图 10),在 10% 配合量以下,面包芯的颗粒结构与对照无显著差异,且对面包芯的质地有所改进,在烘烤过程中,观察到土豆面包有较明显的“烤炉胀发”。似乎可以认为土豆淀粉对此蛋白质——淀粉复合体无明显干扰作用,甚至有可能强化此复合体。当面团加热膨胀时,气孔壁上的淀粉粒被平行拉长,由于土豆淀粉颗粒大、糊化温度低、胀润性好,颗粒变得十分柔软,紧贴在气孔壁上,有利于面包的烤炉胀发和面包结构的固定。

面包在烘烤时,由于水分的限制,淀粉粒基本未崩介,在糊化过程中,直链淀粉溶出粒外,随着淀粉粒的膨胀在粒子间被浓缩起来,烤好的面包在冷却后,粒子间的直链淀粉形成凝胶,此后颗粒内的支链淀粉也慢慢凝聚,使得面包老化,这是当前比较流行的一种解释^[12]。当添加了土豆粉以后,因土豆淀粉中的直链淀粉分子量很大,可达 40 万,由于链长而有空间障碍,不易取向,故凝集速度变慢,而其中的支链淀粉几乎不会凝聚。所以土豆淀粉良好的低温稳定性和持水能力同时推迟了面包的老化速度,延长了保鲜期(图 13)。

土豆面包在烘烤期间上色快,表皮色泽深,是由于土豆粉中含有相当数量的还原糖($\leq 3\%$)和丰富的赖氨酸,致使美拉德反应强烈,所以土豆面包即使不加脱脂奶粉,仍然具有良好的色泽、吸水性和抗老化性。褐变程度的控制可以通过降低焙烤温度,减少麦芽粉的用量,减少糖、蛋和脱脂奶粉的用量等来加以控制。土豆面包尤为适合于无糖和低糖配方。

在小麦粉中配合土豆全粉来制作面包,不

仅进一步丰富了面包的营养,而且有助于改良面包的品质、增进面包的风味。配合比例以 5%~10% 为宜,也可直接添加 20%~40% 的土豆泥^[13],简便、经济,可接受性强,是一种很有前途的特色面包。

参考文献

- 1 Sandstedl, R. M. The function of starch in the baking of bread. *Baker's Dig.*, 1961, 35(3): 36.
- 2 D' Appolonia, B. L., and Gilles, K. A. Effect of various starches in baking. *Cereal chem.*, 1971, 48: 625.
- 3 Ciacco, C. P. and D' Appolonia, B. L. Characterization of starches from various tubers and their use in bread-baking. *Cereal chem.*, 1977, 54(5): 1 096.
- 4 Schiller, G. W. Bakery flour specifications. *Cereal Foods World*, 1984, 29(10): 647.
- 5 Finney, K. F. An optimized, Straight-dough, bread-making method after 44 years. *Cereal chem.*, 1984, 61(1): 20.
- 6 Fleming, S. E. and Sosulski, F. W. Breadmaking properties of four concentrated plant protein. *Cereal chem.*, 1977, 54(5): 1124.
- 7 Silaula, S. M. et al. Rheological and Senory Characteristics of bread flour and whole wheat flour doughs and breads containing dry-roasted air-classified Pinto and Navy bean high-protein fractions. *Cereal chem.*, 1989, 66(6): 486.
- 8 Larsen, R. A. Hydration as a factor in bread flour quality. *Cereal chem.*, 1964, 41: 181.
- 9 Brown, R. O., and Harrel, C. G. The use of amylograph in the cereal laboratory. *Cereal chem.*, 1944, 21(5): 360.
- 10 Anker, C. A., and Geddes, W. F. Gelatinization studies upon wheat and other starches with the amylograph. *Cereal chem.*, 1944, 21(5): 335-359.
- 11 Fleming, S. E., and Sosulski, F. W. Microscopic evaluation of bread fortified with concentrated plant proteins. *Cereal chem.*, 1978, 55(3): 373-38 2.
- 12 (日)二国二郎主编,王微青等译. 淀粉科学手册,轻工业出版社,1990.
- 13 陈敬秒,陈沐. 马铃薯面包的制作(毕业论文). 1991.
- 14 胡秉民,张全德编. 农业试验统计分析方法. 浙江科技出版社,1983.
- 15 天津轻工业学院食品专业编. 面包饼干生产的基本知识,轻工业出版社,1987.