

仪器分析和感官评价 对高水分米糕的品质研究

白亚丁, 钱海峰*, 周惠明, 朱科学

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

摘要:采用感官评定和全质构分析法(TPA)及差示热量扫描(DSC)对米糕的品质进行了分析研究。结果表明, 感官评定结果与仪器分析数值之间存在良好的相关性, TPA各参数中硬度、粘性和咀嚼性与感官评定综合评分都在0.01水平上相关显著, 相关系数分别为-0.975、-0.966、0.968。热焓 ΔH 与米糕全质构主要参数呈极显著相关, 其与硬度、粘性和咀嚼性的相关系数分别为0.996、0.990和0.991。贮存温度对米糕品质影响比较显著。本研究结论将有利于今后对米糕品质做进一步的改良。

关键词:米糕, 感官评定, 全质构分析, 质构, 差示热量扫描

Study on quality of high-moisture Migao by instrument analysis and sensory evaluation

BAI Ya-ding, QIAN Hai-fen*, ZHOU Hui-ming, ZHU Ke-xue

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

Abstract: The quality of Migao was analyzed by sensory evaluation, the texture profile analysis (TPA), and the differential scanning calorimetry (DSC). It showed that there were closely correlative relationship between the results tested by sensory evaluation and parameters (including the hardness, the cohesiveness and the chewiness) by TPA at 0.01 level and the correlation coefficients were respectively the hardness - 0.975, the cohesiveness - 0.966, and the chewiness 0.968. The relationship between Enthalpy ΔH and the TPA parameters was significant, and the correlation coefficients were respectively the hardness 0.996, the cohesiveness 0.990 and the chewiness 0.991. A long with the storage time extension, the enthalpy ΔH increased gradually and the TPA parameters increased rapidly, which led to the deterioration of the Migao quality. The storage temperature had a significantly influence on the quality of Migao. This study was contributed to the improvement of the qualities of Migao in future.

Key words: Migao; sensory evaluation; texture profile analysis; texture; differential scanning calorimetry

中图分类号: TS213.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2010)01-0091-05

米糕是我国具有独特风味特色的民族产品,也是南方各省的主食之一,有着广阔的消费市场,它的主要成分是淀粉。但工业化生产的米糕团一般要经过生产、运输、储存、销售等一系列环节,在这一过程中米糕团会逐渐老化、变硬,食用品质下降,不能满足消费者的要求,而淀粉回生被认为是谷物食品老化的主要原因之一。近年来用近红外光谱、远红外光谱、脉冲核磁共振、扫描电镜、X-射线衍射、质构仪和差示热量扫描等先进仪器对淀粉回生的研究比较多,特别是面包老化的研究^[1-8]。但是对米糕淀粉老

化研究的文章报道比较少,没有对米糕类食品建立一套完整的评价体系。本实验借鉴面包的仪器分析方法^[9],对米糕质构进行测定,分析了感官评定与仪器测试分析结果之间的相关性;差示热量扫描对米糕淀粉老化的研究,分析了仪器测试分析结果和热力学性质之间的相关性。用质构仪和差示热量扫描来研究米糕的老化情况,确定米糕的老化指标,最终建立完整的米糕类食品品质评价体系,为以后改善米糕类食品的食用品质及米糕的抗老化研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

糯米 无锡大润发超市;粳米 中粮集团;白砂糖 无锡大润发超市。

TA-XT2i 型物性仪 英国 Stable Micro System

收稿日期: 2009-03-16 * 通讯联系人

作者简介: 白亚丁(1981-),男,硕士研究生,研究方向:方便食品及品质改良。

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2006BAD05A01)。

公司;Pyris1 型差示扫描量热仪 美国 PE 公司;真空包装机 DZ260T 上海领星机械设备有限公司;SH045A 型恒定湿热试验箱 上海实验仪器厂;冰箱美的集团;FJ-320 型磨粉机 沭阳县沭发机械厂;电磁炉、蒸锅 美的集团;超净工作台 苏净集团安泰公司。

1.2 实验方法

1.2.1 米糕的基本配方 米粉 240g、粳米粉 160g、饮用水 260g、白砂糖 80g。其中加水量和加糖量是以糯米粉和粳米粉的总质量 400g 为基准,分别为 65% 和 20%^[10]。

1.2.2 米糕制作的基本工艺流程 糯米和粳米磨粉过筛(120 目)→加入白砂糖→加饮用水揉搓→模具成形→汽蒸(20~25min, 100℃)→米糕冷却真空包装(抽气 20s, 热封 1.2s, 低温热封)→成品^[10]

1.2.3 米糕品质的感官评定 聘请 8 名评审员组成感官评定小组,评定在感官实验室内进行。在实验前,对评审员进行额外针对性的训练以确认米糕的感官特性,弄清各种感官特性指标的含义和参照物的刻度点,总体来说训练过程按照 Stone 和 Sidel 的方法进行。训练的第一阶段,向评审员介绍感官评定和描述性感官分析的主要原则,在不透露样品信息的情况下回答关于实验和制作过程的基本问题;训练的第二阶段,建立感官评定指标,描述性感官指标术语通过感官评定小组讨论产生,本实验所产生的米糕感官特性评定指标列于表 1 中;第三阶段将表 1 和评分表、不同天数的米糕样品和参照物同时提供给各位评审员,每个样品都用三位随机数字编号,并且为了减小位置的影响将样品按随机顺序分发。在评定阶段,允许评审员接近或食用标准参照物,并用纯净水来清除两次评定之间口中残留的风味^[11]。

表 1 感官特性评定中各指标含义

感官指标	含义
硬度	用白齿穿透样品所用的力
粘性	样品在口中发粘或者粘牙的感觉
咀嚼性	以每秒钟咀嚼一次的速率直到产品的粒度达到吞咽要求时所需要的时间(s)
弹性	压缩一定程度,取消压力后回复的程度
风味	通过嗅觉闻到米糕的米香味
组织结构	结构均匀细腻,不掉屑

1.2.4 质构特性测定 采用 TA-XT2i 型物性测试仪,参照 AACC74-09 测试方法^[12],测定模式 TPA,探头型号 P/0.25S,实验前速度 2.00mm/s,实验速度 5.00mm/s,实验后速度 5.00mm/s,压缩深度 30%,时间间隔 10s,压缩次数 2 次,每项测试重复 3 次。由质构特征曲线得到表征质构状况的评价参数:硬度(Hardness)、粘聚性(Adhesiveness)、弹性(Springiness)、粘性(Cohesiveness)、咀嚼性(Chewiness)、回复值(Resilience)^[9]。数据收集和处理由计算机软件完成。

典型的 TPA 质构曲线如图 1 所示,TPA 测试时探头的运动轨迹是:探头从起始位置开始,先以一速率压向测试样品,接触到样品的表面后再以测试速

率对样品进行压缩一定的距离,而后返回到压缩的触发点,停留一段时间后继续向下压缩同样的距离,而后以测后速率返回到探头测前的位置^[9]。美国食品质构资深研究者 Macolm Bourne 博士在其所著的《食品质构和黏性》(Food Texture and Viscosity)一书中对 TPA 质构特性参数进行了明确定义^[13-14],如表 2 所示。

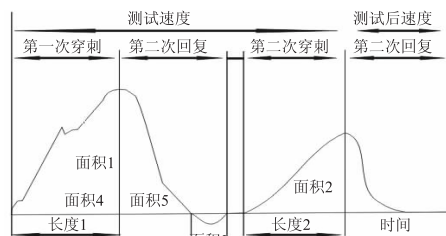


图 1 样品全质构测试曲线图

表 2 质构特性参数定义

质构参数	定义
硬度	第一次穿冲样品时的最大峰值
粘性	第二次穿冲的做功面积与第一次做功面积的商值(面积 2/面积 1)
咀嚼性	硬度 × 粘聚性 × 弹性
粘聚性	负的峰值面积 3
弹性	第二次压缩的测量高度同第一次测量的高度的比值(长度 2/长度 1)
回复值	第一次压缩中的“回收”阶段的面积同下压穿刺阶段面积的商(面积 5/面积 4)

1.2.5 米糕贮存过程中的热力学性质变化研究 分别取 25℃ 贮存 0、1、2、4、5、6d 的米糕样品 8mg 左右直接放入铝坩埚中,用差示扫描量热仪进行测定。样品以 10℃/min 的速度从 25℃ 加热到 100℃,以空坩埚作参比。通过 DSC 配套的数据处理软件分析可以得到以下数据:起始糊化温度(T_0)、峰值温度(T_p)、糊化终止温度(T_c)以及热焓 ΔH 等热力学参数^[10]。

1.2.6 数据处理 采用 SPSS 13.0 和 Word 进行数据分析

2 结果与讨论

2.1 糯米粉和粳米粉的基本成分分析结果

对于加工米糕所用的糯米粉和粳米粉,采用最新国家标准方法分析了它们的淀粉含量、蛋白质含量、脂肪含量、灰分含量及水分含量,结果如表 3。

表 3 糯米粉和粳米粉的基本成分分析结果

种类	淀粉含量 (%)	蛋白质含量 (%)	脂肪含量 (%)	灰分含量 (%)	水分含量 (%)
粳米	70.17	7.14	0.52	0.35	12.58
糯米	72.68	8.27	0.69	0.42	12.69

2.2 米糕感官评定与仪器测试的分析结果

表 4 为在 25℃ 条件下贮存时间为 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9d 米糕的感官评定结果,可以看出,随着贮存时间的延长,在前 3d 米糕的硬度、粘性、咀嚼性、米糕风味、组织结构、综合评分缓慢下降,但是随后的几天,米糕的各项感官评分迅速下降,米糕的食用品质也迅速下降,到了一定的天数感官评定的评分变化率就非常小。随着时间的延长,由于米糕的食用

表 5 米糕质构仪器分析结果

时间(d)	硬度(g)	粘性(g)	咀嚼性(g)	回复值	弹性	粘聚性
0	178.297	161.506	159.572	0.315	0.988	0.906
1	284.427	237.096	231.281	0.375	0.975	0.834
2	560.666	432.699	417.685	0.391	0.964	0.772
3	981.542	777.096	772.802	0.494	0.994	0.792
4	1235.483	930.510	922.886	0.381	0.954	0.783
5	1807.281	1420.533	1380.455	0.393	0.943	0.810
6	2345.264	1704.553	1665.569	0.462	0.932	0.762
7	2934.529	2005.682	1961.924	0.352	0.895	0.747
8	3698.833	2394.810	2111.680	0.334	0.882	0.647
9	4519.862	3323.686	3077.487	0.482	0.926	0.735

表 6 米糕感官评定各指标与仪器分析各特性参数之间的相关性

	硬度	粘性	咀嚼性	米糕风味	组织结构	综合评分
硬度	-0.968 **	-0.961 **	-0.937 **	-0.988 **	-0.973 **	-0.975 **
粘性	-0.961 **	-0.954 **	-0.924 **	-0.979 **	-0.969 **	-0.966 **
咀嚼性	-0.965 **	-0.958 **	-0.924 **	-0.979 **	-0.971 **	0.968 **
回复值	-0.203	-0.165	0.240	-0.208	-0.254	-0.168
弹性	0.866 **	0.886 **	0.875 **	0.881 **	0.872 **	0.891 **
粘聚性	0.779 **	0.756 *	0.639	0.817 **	0.818 *	0.764

注：*表示 0.05 水平上的相关显著性，**表示 0.01 水平上的相关显著性，表 7、表 9 同。

品质在下降,影响米糕的市场消费,因此延长米糕的食用品质期是目前要解决的主要问题。

表 4 感官评定分析结果

时间(d)	硬度	粘性	咀嚼性	米糕风味	组织结构	综合评分
0	28.6	13.8	15.0	20.0	14.8	92.2
1	27.8	14.6	16.4	19.2	13.6	91.6
2	26.4	13.4	19.2	18.2	12.6	89.8
3	23.2	12.0	17.4	17.0	12.0	81.6
4	19.4	9.8	13.6	15.8	10.4	69.0
5	14.8	7.4	10.2	14.4	8.8	55.6
6	11.4	6.2	8.2	13.4	7.6	46.8
7	9.0	4.8	5.8	11.0	7.2	37.8
8	6.8	3.8	4.6	9.8	5.6	30.6
9	5.6	3.4	3.8	8.8	4.8	26.4

表 5 为在 25℃ 条件下贮存时间为 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9d 米糕的全质构分析结果。在米糕贮存的前 3d,米糕的硬度从 178.297g 到 981.542g,粘性从 161.506g 到 777.096g,咀嚼性从 159.572g 到 417.685g,变化速率都比较快速;而 3d 后,米糕的硬度从第 3d 的 1235.483g 缓慢增到第 9d 的 4519.862g,米糕的粘性从第 3d 的 930.510g 缓慢增到第 9d 的 3323.686g,米糕的咀嚼性从第 3d 的 772.802g 缓慢增到第 9d 的 3077.487g。米糕的硬度变化和面包的硬度变化一样,开始硬度快速增加,然后速率减小,最后硬度达到最大值^[15]。而米糕全质构分析参数回复值、弹性和粘聚性变化则不大,9d 内回复值在 0.315~0.494 的范围变化,弹性在 0.882~0.994 的范围内变化,粘聚性在 0.647~0.906 的范围内变化,从实验数据变化来看并没有规则。

2.3 米糕感官评定各指标与仪器分析各特性参数之间的相关性研究及米糕贮存过程中质构特性各指标之间的相关性分析研究

表 6 列出了米糕感官评定各指标与仪器分析各

特性参数之间的简单相关性。从表中可以看出,TPA 各参数中硬度、粘性和咀嚼性与感官评定综合评分在 0.01 水平上相关显著,相关系数分别为-0.975,-0.966,0.968,感官评定与仪器分析中的硬度、粘性和咀嚼性相关系数一般都是良好的^[16]。而 TPA 各参数中粘聚性、回复值与感官评定综合评分相关性较差,相关系数为 0.764,-0.168。

为了简化 TPA 质构测试分析的参数,对实验中各项参数进行了线性相关分析,结果见表 7。从简单相关系数值可以看出,硬度与粘性呈极显著正相关,相关系数为 0.995;硬度与咀嚼性呈极显著正相关,相关系数为 0.990;硬度与弹性呈极显著负相关,相关系数为-0.835;硬度与粘聚性呈极显著负相关,相关系数为-0.783。粘性与咀嚼性呈极显著正相关,相关系数为 0.998;粘性与弹性呈极显著负相关,相关系数为-0.792;粘聚性与粘性呈显著负相关,相关系数为-0.742。咀嚼性与弹性呈极显著负相关,相关系数为-0.786;咀嚼性与粘聚性呈显著负相关,相关系数为-0.725。弹性与粘聚性呈极显著正相关,相关系数为 0.817,回复值与其他参数普遍不相关。相关系数的大小反映两变量关系的密切程度。根据各参数之间的相关性以及与感官评定结果的相关性,因此在以后米糕类食品的质构测试中,可将硬度、粘性和咀嚼性作为米糕的质构主要评价指标。

2.4 米糕贮存过程中的热力学性质变化研究及热力学性质与全质构主要参数之间的相关性

表 8 是米糕贮存 25℃ 下第 0、1、2、4、5、6d 的热力学参数变化情况。从表 8 可知,随着贮存时间的延长,融化支链淀粉重结晶所需的热焓 ΔH 越来越大,由第 0d 的 0.188J/g 增加到第 6d 的 1.208J/g,表明支链淀粉重结晶含量,即回生程度增加。而起始糊化温度(T₀)、峰值温度(T_p)和糊化终止温度(T_c)只是在一定的范围内变化。

表7 质构分析实验中各项质构参数之间的简单相关系数

	硬度	粘性	咀嚼性	回复值	弹性	粘聚性
硬度	1					
粘性	0.995 **	1				
咀嚼性	0.990 **	0.998 **	1			
回复值	0.240	0.304	0.326	1		
弹性	-0.835 **	-0.792 **	-0.786 **	0.196	1	
粘聚性	-0.783 **	-0.742 *	-0.725 *	-0.149	0.817 **	1

表10 米糕在4℃贮存的质构参数

时间(d)	硬度(g)	粘性(g)	咀嚼性(g)	回复值	弹性	粘聚性
1	368.018	286.395	279.886	0.271	0.977	0.778
2	2195.654	1211.619	1178.634	0.184	0.971	0.552
3	4646.225	2971.596	2901.676	0.235	0.976	0.640
4	6695.689	3701.329	3589.167	0.190	0.970	0.553
5	7882.708	4698.690	4348.591	0.190	0.925	0.596
6	8124.477	4790.252	4455.695	0.198	0.930	0.590
7	8662.030	5143.313	5002.124	0.210	0.973	0.594

表8 米糕25℃下贮存不同时间的热力学参数

时间(d)	T _o (℃)	T _p (℃)	T _c (℃)	ΔH(J/g)
0	50.077	59.174	68.192	0.188
1	58.181	60.052	69.444	0.225
2	50.092	64.595	72.460	0.411
4	55.621	64.436	72.687	0.683
5	55.409	64.267	72.267	0.879
6	51.781	63.761	73.982	1.208

从表9中可以看出,热焓 ΔH 与米糕全质构主要参数呈极显著正相关,其与硬度的相关系数为0.996,与粘性的相关系数为0.990,与咀嚼性的相关系数为0.991,米糕淀粉老化的热焓 ΔH 与米糕全质构主要参数相关性良好。而米糕热力学参数 T_o 与硬度、粘性和咀嚼性的相关系数分别为0.046、0.065、0.068;米糕热力学参数 T_p 与硬度、粘性和咀嚼性的相关系数分别为0.659、0.663、0.663;米糕热力学参数 T_c 与硬度、粘性和咀嚼性显著正相关,其相关系数分别为0.826、0.816、0.817。热力学参数 T_o 、 T_p 和 T_c 与全质构主要参数之间的相关性不好。米糕随贮存时间的延长,因淀粉老化引起米糕硬度、粘度和咀嚼性迅速增加。因此可将质构测试主要参数硬度、粘度和咀嚼性作为米糕类食品的品质评价指标。

表9 米糕在25℃贮存下全质构参数和热力学参数之间的相关性

	硬度	粘性	咀嚼性
T _o	0.046	0.065	0.068
T _p	0.659	0.663	0.663
T _c	0.826 *	0.816 *	0.817 *
ΔH	0.996 **	0.990 **	0.991 **

2.5 米糕在不同温度贮存期间的质构变化情况研究

表5和表10分别是米糕贮存在25℃和4℃下米糕质构参数的变化,可以从表5中看出,米糕随贮存时间的延长,米糕的硬度从第0d的178.297g逐渐增加到第9d的4519.862g,粘性从第0d的161.506g逐渐增加到第9d的3323.686g和咀嚼性从第0d的

159.572g逐渐增加到第9d的3077.487g,米糕逐渐老化。从感官评定结果可知,随贮存时间的延长,米糕硬度增加、米糕的风味和结构逐渐变差,导致食用品质下降。从表10中可以看出,米糕在4℃贮存时,米糕在前5d的质构参数硬度、粘性和咀嚼性变化很大,5d后质构参数硬度、粘性和咀嚼性变化率很小。米糕在4℃贮存时第2d的硬度、粘性和咀嚼性和米糕在25℃贮存第6d的硬度、粘性和咀嚼性差不多,可以看出低温贮存淀粉类食品时,老化速度更快,说明低温度加快淀粉老化,也证明了淀粉在冷藏温度下回生更快^[17],因而室温更有利于延缓淀粉制品的老化回生。

3 结论

通过对米糕的质构分析和感官评定,研究发现米糕感官评定结果与仪器分析参数值之间存在良好的相关性。TPA各参数之间也存在不同程度的相关性,特别是硬度、粘性和咀嚼性之间的相关性最好,可以作为米糕质构评价的主要参数。

米糕热焓变化与米糕质构分析主要参数呈正相关,相关性良好。随着米糕贮存时间的延长,融化支链淀粉重结晶所需的热焓 ΔH 越来越大,表明支链淀粉重结晶含量,即回生程度增加,所以米糕淀粉逐渐老化,米糕硬度、粘性和咀嚼性逐渐增加,米糕食用品质下降。因此把米糕质构参数中的硬度、粘性和咀嚼性作为米糕类食品品质评价指标。

温度对米糕食用品质的影响非常显著,25℃比4℃更有利于延缓米糕淀粉老化,保持米糕的食用品质。为了保证米糕良好的质构特征和感官品质,应该尽量提高米糕的贮存温度和延缓米糕淀粉的老化回生,来保持米糕的食用品质。

参考文献

- [1] 吕莹果,王群学.面包老化研究中新技术及研究进展[J].粮食与油脂,2007(5):18-21.
- [2] Kohyama K, Matsukia J, Yasuib T, et al. A differential thermal analysis of the gelatinization and retrogradation of wheat

(下转第98页)

怪味,但是果香会较新鲜荔枝淡。

3 结论

3.1 从杀菌效果均能达到商业杀菌的要求的基础上,对比分析了热处理和高压处理对荔枝汁感官品质的影响,同时从果汁理化性质的变化分析了果汁感官品质变化的原因。

3.2 热处理和高压处理均有增加总糖含量的趋势,然而总酸含量却有所下降,超高压处理的总酸含量相对下降幅度更大,从而导致果汁中糖酸比变化更大。果汁中的可溶性固形物经过不同处理后变化并不明显。高压处理当压力和时间达到要求(450MPa, 5min)时,能显著降低单宁的含量,若没有达到,则影响不大。

3.3 实验中的处理条件不论是高压还是热处理,均不能完全杀灭 POD 酶活力。

3.4 不同杀菌方式均达到商业杀菌的基础上,从感官评价角度认为超高压处理相对于热处理更佳。虽然前者也会导致滋味上的变化,但是热处理会带来令人反感的蒸煮味及气味,而且其褐变程度也较为显著。

本实验研究不同杀菌方式处理果汁的生产工艺,在目前实际生产中,热处理在成本和工艺程序上具有优势,但是超高压杀菌处理具有热处理难以达到的效果,在降低其加工成本和简化生产工序后,高压杀菌处理将具有极大的应用前景。

参考文献

[1] KNORR D.Effects of high-hydrostatic-pressure processes on

food safety and quality[J].Food Technology,1993,47(6):156-161.

[2] TAUSCHERB. Pasteurization of food by hydrostatic high pressure: chemical aspects [J]. Zeitschrift fur Lebensmitteluntersuchungund Forschung,1995,200:3-13.

[3] AFONSO A, FERREIRA L, VIAL- REAL H, et al. High pressure and temperature combination with naringin hydrolysis by naringinase Ca-alginate beads in grapefruit juice processing: Bitterness and microbial reduction[J].Journal of Biotechnology, 2007,131:263-265.

[4] Sallam K I. Chemical, sensory and shelf life evaluation of sliced salmon treated with salts of organic acids [J]. Food Chemistry,2007,101(2):592-600.

[5] Whittle K J, Hardy R, Hobbs G. Chilled fish and fish products// T R Gormley(Ed.).Chilled foods[M].The state of the art.Essex,UK;Elsevier Applied Science,1990:87-116.

[6] Monica A, Crist ina N, Gianfranco D A. Effect of high pressure treatments on peroxidase and polyphenol oxidase activities [J].Journal of Food Biochemistry,1995,19:285-293.

[7] Dexter B North.Effects of high pressure on enzymatic activity [J].Biochimicaet Biophysica Acta,2002,1595:71-79.

[8] Quaglia G B, Gravina R, Paperi R, et al. Effect of high pressure treatments on peroxidase activity, ascorbic acid content and texture in green peas [J].Lebensmittel Wissenschaft und Technologie,1996,29:552-555.

[9] 黄丽,孙远明,潘科,等.超高压处理对荔枝果汁品质的影响[J].农业工程学报,2007,23(2):259-261.

(上接第94页)

starches with different amylopectin chain lengths[J].Carbohydrate Polymers,2004,58:71-77.

[3] Banchathanakij R, Suphantharika M. Effect of different β -glucans on the gelatinisation and retrogradation of rice starch [J].Food Chemistry,2009,114:5-14.

[4] Tananuwong K, Reid D. DSC and NMR relaxation studies of starch-water interactions during gelatinization [J].Carbohydrate Polymers,2004,58:345-358.

[5] 孔祥珍,周惠明,吴刚. DSC、NMR 和 X-射线衍射三种技术在研究面包老化中的应用[J].食品工业科技,2003(2):85-88.

[6] Lionetto F, Maffezzoli A, Ottenhof M A, et al. Ultrasonic investigation of wheat starch retrogradation [J].Journal of Food Engineering,2006,75:258-266.

[7] Xie F, E Dowell F, S Sun X Z. Using visible and near-infrared reflectance spectroscopy and differential scanning calorimetry to study starch, protein and temperature effects on bread staling [J].Cereal Chem,2004,81(2):249-254.

[8] M Fechner P, Wartewig S, Kleinebudde P, et al. Studies of the retrogradation process for various starch gels using Raman spectroscopy[J].Carbohydrate Research,2005,340:2563-2568.

[9] 王海鸥,姜松.质构分析(TPA)及测试条件对面包品质的

影响[J].粮油食品科技,2004,3(12):1-4.

[10] 纪莹.传统米制松糕的货架期预测模型研究[D].无锡:江南大学食品学院博士学位论文,2007.

[11] 贾春利,黄卫宁.美国杏仁月饼的感官与质构特性研究[J].食品科学,2004(11):34-40.

[12] AOAC. Official Methods of Analysis, 15th edition. Method 925.09. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA[S].1990.

[13] Bourne M C. The texture profile of ripening pears [J]. Journal of Food Science,1968,33:223.

[14] Bourne M C. Texture profile analysis [J].Food Technology, 1978,32(7):62-66,72.

[15] HE H, HOSENEY R C. Changes in bread firmness and moisture during long-term storage [J].Cereal Chem,1990,67(6):603-605.

[16] Truong V D, Daubert C R, Drake M A, et al. Vane Rheometry for Textural Characterization of Cheddar Cheeses: Correlation with Other Instrumental and Sensory Measurements [J].Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie,2002,35(4):305-314.

[17] 张超,黄卫宁,陈正行,等.面包老化抑制因素研究[J].粮食与油脂,2005(8):18-20.