

挤压工艺对保鲜方便米饭品质的影响

曹 晶, 赵建伟, 田耀旗, 周 星, 李志芳, 金征宇*

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

摘要: 以双螺杆挤压机加工保鲜方便米饭, 研究了进料糊化度、进料水分含量、进料粒度、螺杆转速对方便米饭品质的影响。通过分析感官评定与质构参数的相关性, 确定以硬度和咀嚼性为指标评价挤压保鲜方便米饭的挤压工艺。采用单因素试验和正交试验, 优化了挤压工艺条件: 进料粒度 0.425 mm, 进料糊化度 50%, 进料水分质量分数 25%, 挤压机螺杆转速 90 r/min。在此条件下制备的方便米饭硬度为 113.56 g, 咀嚼性为 63.81。米饭颗粒饱满, 色泽晶莹, 咀嚼性适中, 口感好。

关键词: 挤压工艺; 保鲜方便米饭; 食用品质; 感官评定; 质构分析

中图分类号: TS 213.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2014)04—0381—06

Effects of Extrusion Process on the Quality of Fresh Instant Rice

CAO Jing, ZHAO Jianwei, TIAN Yaoqi, ZHOU Xing, LI Zhifang, JIN Zhengyu*

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

Abstract: The fresh instant rice using a twin-screw extruder was processed. The effects of gelatinization degree, moisture, grinding powder size, rotation speed of extruder screw on eating quality of instant rice were investigated. According to the correlation of sensory evaluation and texture parameters, the hardness and the chewiness were used to evaluate the extrusion process of instant rice. The results of the single factor experiment and orthogonal tests showed that the optimal conditions for the extrusion process were as follows: grinding powder size 0.425 mm, gelatinization degree 50%, moisture, 25%, and the rotation speed of extruder screw 90 r/min. The instant rice prepared at these conditions showed the hardness of 113.56 g and the chewiness of 63.81 and the rice shape with good color and mouth feeling.

Keywords: extrusion process, fresh instant rice, eating quality, sensory evaluation, texture profile analysis

收稿日期: 2013-10-15

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD37B03); 江苏省产学研联合创新项目(BY2011119); 江苏省科技支撑计划项目(BE2013311)。

* 通信作者: 金征宇(1960—), 男, 江苏扬州人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事碳水化合物资源开发与利用研究。

E-mail: jinlab2008@yahoo.com

随着人们生活节奏的加快,方便米饭日渐受到人们的青睐。我国每年产稻谷约 1.85 亿 t, 稻米在碾制过程中产生 10%~15% 的碎米。碎米的营养与大米相近, 但碎米价格仅为大米的 30%~50%^[1]。

螺杆挤压加工是将食品物料置于螺杆挤压机的高温高压状态下, 然后突然释放至常温常压, 其作用结果是使物料内部结构和性质发生变化, 产品具有独特的风味和质构^[2-3]。近年来, 以碎米为原料通过挤压加工生产方便米饭已进行了一些研究, 主要包括单螺杆挤压与传统蒸煮工艺相结合^[4]、双螺杆二次挤压法生产复水型方便米饭^[5]。然而加工此类方便米饭, 干燥与复水这两个阶段对米饭的食用品质影响显著, 存在复水时间长、复水后口感差等问题。

保鲜米饭未经过干燥, 产品含水量较高, 只需简单加热就可食用, 其食用品质较脱水方便米饭好, 与新鲜米饭基本一致^[6]。作者以碎米为原料加工挤压保鲜方便米饭。主要研究进料糊化度、进料水分含量、进料粒度、螺杆转速等工艺参数对挤压保鲜方便米饭品质的影响, 通过分析质构参数与感官评价之间的相关性, 确定挤压保鲜方便米饭挤压工艺的评价指标, 优化挤压方便米饭的工艺条件。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

碎粳米: 市售; POLYLAB 双螺杆挤压机: 美国热电赛默飞世尔科技公司产品; TA-XT2i 型质构仪: 英国 Stable Micro System 公司产品; JFSD-100 粉碎机: 上海嘉定粮油检测仪器厂产品; 标准分析筛: 新乡市筛分设备有限公司产品。

1.2 实验方法

1.2.1 挤压保鲜方便米饭工艺流程 工艺流程: 碎米→预蒸煮→干燥→粉碎→挤压→切割成型→灌装→封口→杀菌→成品。

按米水质量比 1:1 在原料碎米中加入饮用水, 用电饭煲蒸煮至一定的糊化度, 除去多余的水分, 物料干燥至一定的水分含量, 然后将物料粉碎, 粉碎后的物料进挤压机挤压, 经米粒形模孔挤出, 成型米粒不经过干燥直接计量装入包装袋, 按米水质量比 1:0.5 加水, 封口后进行高温杀菌。

1.2.2 感官评价 挑选 10 名感官评定人员 (5 男 5 女) 组成感官评定小组。参照 GB/T 15682-2008 及

相关文献^[7], 制定挤压保鲜方便米饭感官评价的评定标准 (表 1)。感官评定时将评分标准以及秘密编号的不同样品提供给各位感官评价人员, 以评价人员对每份样品评分的平均值作为样品的评价结果。

表 1 挤压保鲜方便米饭的感官评定的评分标准

Table 1 Grade of sensory evaluation for extruded fresh instant rice

类别	评价标准	分值
硬度/(20 分)	软硬适中	16~20
	稍硬或稍软	12~16
	过硬或过软	0~11
黏性/(15 分)	不黏牙	11~15
	稍黏牙	6~10
	黏牙	0~5
咀嚼性/(15 分)	有咬劲, 且柔软适口	11~15
	咬劲和咀嚼感一般	6~10
	有硬心或明显的软烂	0~5
弹性/(10 分)	滑爽, 有嚼劲	8~10
	较滑爽, 稍有嚼劲	5~7
	疏松, 发硬	0~4
松散性/(10 分)	米粒分布均匀	8~10
	米粒分布一般	5~7
	米粒黏成块状	0~4
风味/(10 分)	香味浓郁, 滋味丰厚悠长	8~10
	香味不浓, 滋味一般	5~7
	滋味较差	0~4
组织形态/(10 分)	米饭结构紧密, 米粒完整性好	8~10
	米饭大部分结构紧密完整	5~7
	米饭不均匀, 不完整	0~4
色泽/(10 分)	颜色均匀, 光泽好	8~10
	颜色不均匀	5~7
	颜色发暗	0~4

1.2.3 质构测试 使用 TA-XT 2i 型质构仪, 采用全质构模式 (TPA) 对挤压保鲜方便米饭进行质构分析。仪器探头为 P/1S 型, TPA 测试的程序参数设置为^[8]: 测前速度 1.00 mm/s, 测试速度 0.50 mm/s, 测后速度 1.00 mm/s, 触发力值 5.0 g 压缩的程度 (Strain) 50.0%, 两次压缩间隔时间 5.00 s。

将 15 g 挤压保鲜方便米饭样品快速均匀装入铝盒 (D50 mm×32 mm), 保证上表面平坦, 内部疏松程度一致。取 3 次测试的平均值为测试结果。

1.2.4 统计分析 采用 Origin8.5 软件对实验数据进行分析。

2 结果与讨论

2.1 挤压保鲜方便米饭感官评定与质构分析

分别对不同进料糊化度、进料粒度、进料水分、螺杆转速挤压加工条件下制得的 8 种方便米饭样品进行感官评价和质构分析,分析感官评定和质构分析之间的相关性,以确定挤压工艺评价指标。

2.1.1 感官评定结果 挤压保鲜方便米饭的感官评定结果如表 2 所示,结果表明硬度提高,咀嚼性下降,感官评分越高。硬度和咀嚼性的变异系数较大,说明硬度和咀嚼性对感官评分的总分影响较大。

表 2 挤压保鲜方便米饭感官评定结果

Table 2 Results of sensory evaluation of extruded fresh instant rice

感官评分	最大值	最小值	平均值	相对偏差	变异系数 CV/%
硬度	14	8	11.5	2.1	18.8
黏性	12	10	10.5	0.7	6.7
咀嚼性	11	7	9.5	1.5	15.9
弹性	9	8	8.4	0.6	8.3
松散性	9	8	8.5	0.4	4.7
色泽	10	9	9.3	0.5	5.1
组织形态	10	9	9.2	0.4	4.5
风味	9	7	7.4	0.7	9.4
综合评分	79	72	74.6	2.4	3.2

2.1.2 质构参数之间的相关性 挤压保鲜方便米饭质构参数之间的相关性由表 3 可见,数据表明各个质构参数之间具有良好的相关性。硬度与弹性、咀嚼性、回复值呈极显著相关性($P<0.01$);咀嚼性与硬度、回复值、弹性呈现极显著相关性($P<0.01$)。硬度和咀嚼性与质构参数有极显著的相关性。

2.1.3 感官评定与质构分析之间的相关性 感官

评定与质构分析之间的相关性由表 4 可见,质构参数中的硬度与感官分析参数中的硬度、黏性、咀嚼性和感官评分总分均在 $P<0.05$ 水平上呈现显著的正相关,与弹性呈现极显著的正相关。Prakash^[9]将感官评价方法和质构分析相结合来研究米饭的食用品质,其结果也表明米饭质构参数中的硬度与感官评价参数中的硬度、黏性、咀嚼性存在显著的相关性。Park^[10]也认为米饭质构参数中的硬度能很好的描述感官评价参数中的硬度和咀嚼性。质构参数中的咀嚼性与感官分析参数中的硬度黏性、咀嚼性均在 $P<0.01$ 水平上呈现极显著的负相关,与弹性和松散性在 $P<0.05$ 水平上呈现显著的负相关。在感官评价中,适口性主要包括弹性、黏性、硬度,这几个指标的评分越高,感官评分值越高。TPA 测试中的硬度和咀嚼性指标与感官评价中的适口性的指标密切相关,因此可以用咀嚼性的指标来反映挤压保鲜方便米饭的感官品质。

综合分析根据质构各参数之间的相关性以及与感官评定指标之间的相关性,感官评分总分与硬度呈现显著正相关,与咀嚼性呈现极显著负相关。质构参数中的硬度和咀嚼性与感官评分总分有良好的相关性,作者将以质构参数中的硬度和咀嚼性为指标来评价挤压保鲜方便米饭。

2.2 不同挤压条件对挤压保鲜方便米饭品质的影响

2.2.1 进料糊化度对挤压米质构特性的影响 在进料水分质量分数 23%、进料粒度为 0.425 mm、螺杆转速 80 r/min 的条件下,研究进料糊化度对挤压保鲜方便米饭食用品质的影响(进料糊化度为物料经过预蒸煮后,进入挤压机时的糊化度)。由图 1 可以看出,随着进料糊化度的提高,硬度和咀嚼性呈现先增大后减小的趋势,峰值出现在糊化度为 50%。

表 3 挤压保鲜方便米饭质构参数之间的相关性

Table 3 Correlation matrix among textural parameters of extruded fresh instant rice

质构参数	硬度/g	黏性/(g·s)	弹性	内聚性	咀嚼性	回复值
硬度/g	1.000 0					
黏着性/(g/s)	-0.350 0	1.000 0				
弹性	0.720 0**	-0.450 0*	1.000 0			
内聚性	-0.590 0	-0.440 0*	0.950 0**	1.000 0		
咀嚼性	0.990 0**	-0.340 0	0.680 0**	-0.550 0	1.000 0	
回复值	0.610 0**	-0.280 0	0.950 0**	0.950 0	0.570 0**	1.000 0

注:**表示在 $P<0.01$ 水平相关性极显著;*表示在 $P<0.05$ 水平相关性显著,下同。

表 4 挤压保鲜方便米饭感官评定与质构参数之间的相关性

Table 4 Correlation coefficients between sensory evaluation and textural parameters of extruded fresh instant rice

物性指标	硬度	黏性	弹性	内聚性	咀嚼性	回复值
硬度	0.990 0*	-0.980 0*	-0.970 0*	0.610 0	-0.949 0**	0.650 0
黏性	0.980 0*	-0.850 0	-0.9700**	0.310 0	-0.895 0**	0.360 0
咀嚼性	0.980 0*	-0.850 0	-0.9500**	0.310 0	-0.895 0**	0.360 0
弹性	0.716 0**	-0.950 0	-0.9600**	0.510 0	-0.980 0*	0.550 0
松散性	0.950 0	-0.840 0	-0.9500*	0.280 0	-0.960 0*	0.330 0
色泽	-0.110 0	-0.150 0	0.290 0	0.760 0	0.560 0	0.720 0
组织形态	-0.130 0	0.380 0	-0.050 0	-0.890 0	-0.350 0	-0.870 0
风味	-0.682 0	0.674 0	0.652 0	-0.579 0	0.543 0	0.403 0
综合评分	0.960 0*	0.260 0	-0.950 0*	0.160 0	-0.990 0**	-0.310 0

注: **表示在 $P < 0.01$ 水平相关性极显著; *表示在 $P < 0.05$ 水平相关性显著, 下同。

这是由于当进料糊化度低时, 物料出挤压机时糊化度较低, 膨胀度较低, 挤压米颗粒较小。当进料糊化度较高时, 物料在机筒内结成硬块, 导致挤压米颗粒变小。物性仪测定的硬度是指达到一定的形变^[1], 所需要的力的大小。挤压米颗粒越小, 达到一定的形变, 所需的力越小, 测定的硬度值越小。而硬度与咀嚼性呈现正相关, 硬度的提高使咀嚼性也提高。

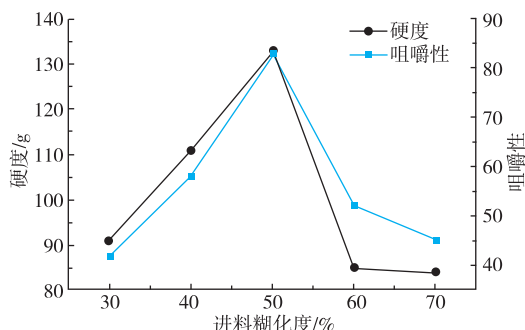


图 1 进料糊化度对挤压保鲜方便米饭质构参数的影响

Fig. 1 Effect of precooked gelatinization degree on textural parameters of extruded fresh instant rice

2.2.2 进料粒度对挤压米质构特性的影响 在进料水分质量分数 23%、进料糊化度 50%、螺杆转速 80 r/min 的条件下, 研究进料粒度对挤压保鲜方便米饭食用品质的影响。由图 2 可以看出, 随着进料粒度的增加, 硬度和咀嚼性呈现先增大后减小的趋势, 峰值出现在 0.425 mm。这是由于粒度决定物料的比表面积, 在一定的进料糊化度、螺杆转速、水分条件下, 适宜的物料粒度其所受的挤压力和剪切力最大, 淀粉糊化充分。物料膨胀度随着糊化度提高而增大, 从而影响质构参数的变化。

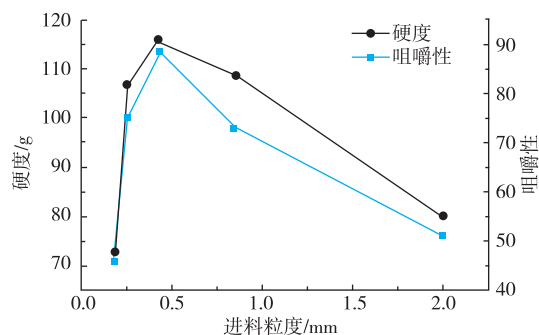


图 2 进料粒度对挤压保鲜方便米饭质构参数的影响

Fig. 2 Effect of feeding particle size on textural parameters of extruded fresh instant rice

2.2.3 进料水分对挤压米质构特性的影响 在进料糊化度 50%、进料粒度为 0.425 mm、螺杆转速 80 r/min 的条件下, 研究进料水分质量分数对挤压保鲜方便米饭食用品质的影响。由图 3 可以看出, 硬度和咀嚼性随着物料水分质量分数的增加而升高, 但当物料水分质量分数超过 23% 时, 硬度又开始下降。这主要是由于物料水分质量分数小于 23% 时, 使物料糊化度较低; 当物料水分质量分数为 23% 时, 物料淀粉颗粒吸水充分, 挤压使淀粉颗粒内部有序的淀粉链排列散乱, 晶体结构被破坏, 从而使淀粉糊化度较高; 当水分质量分数高于 23% 时, 物料润滑度提高, 机腔内挤压和剪切作用力减小, 晶体结构破坏少, 糊化度降低。

2.2.4 螺杆转速挤压米质构特性的影响 在进料水分质量分数 23%、进料糊化度 50%、进料粒度为 0.425 mm 的条件下, 研究螺杆转速对挤压保鲜方便米饭食用品质的影响。由图 4 可以看出, 硬度和咀

嚼性随着螺杆转速的提高而增大,当螺杆转速为 80 r/min 时,硬度和咀嚼性达到最大值。这是由于当螺杆转速低于 80 r/min,物料所受的剪切力作用较小,物料糊化度较低。当螺杆转速超过 80 r/min,物料在挤压腔中停留的时间过短,物料糊化度降低。

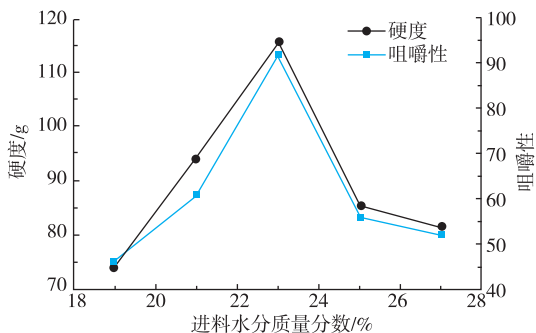


图 3 进料水分对挤压保鲜方便米饭质构参数的影响

Fig. 3 Effect of moisture on textural parameters of extruded fresh instant rice

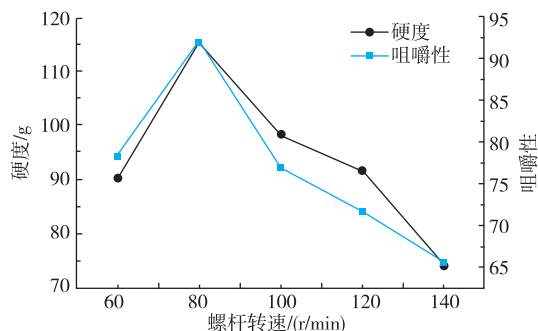


图 4 进料螺杆转速对挤压保鲜方便米饭质构参数的影响

Fig. 4 Effect of the rotation speed of extruder screw textural parameters of extruded fresh instant rice

2.3 挤压加工条件的优化

通过前面实验可知,进料糊化度、水分质量分数、物料粒度、螺杆转速是影响挤压保鲜方便米饭食用品质的重要因素,硬度提高,咀嚼性下降,感官评分越高。以硬度和咀嚼性为指标,采用正交试验优化挤压保鲜方便米饭的挤压加工条件。试验方案与结果见表 5。

表 5 挤压保鲜方便米饭正交试验方案及结果

Table 5 Design and results of orthogonal tests of extruded fresh instant rice

试验号	因素及水平				硬度	咀嚼性
	粒度 A/mm	糊化度 B/%	水分 C/%	螺杆转速 D/(r/min)		
1	1(0.850)	1(40)	1(21)	1(80)	139.98	89.89
2	1	2(50)	2(23)	2(90)	80.49	49.31
3	1	3(60)	3(25)	3(100)	110.56	66.99
4	2(0.425)	1	2	3	100.39	61.97
5	2	2	3	1	120.51	73.49
6	2	3	1	2	94.44	62.88
7	3(0.250)	1	3	2	112.83	68.41
8	3	2	1	3	108.40	72.48
9	3	3	2	1	116.72	72.92

表 6 硬度和咀嚼性极差分析结果

Table 6 Results of range analysis for hardness and chewiness of extruded fresh instant rice

指标	项目	A	B	C	D
硬度	k_1	110.34	117.73	114.27	112.65
	k_2	105.11	103.13	99.20	95.92
	k_3	112.65	107.24	114.63	109.22
	R	7.54	14.60	15.43	29.82
	最优组合	$A_3B_1C_3D_1$			
咀嚼性	k_1	68.73	73.42	75.09	78.77
	k_2	66.12	65.10	61.40	60.20
	k_3	73.27	71.27	69.63	67.15
	R	7.15	8.33	13.68	18.57
	最优组合	$A_2B_2C_2D_2$			

由表 6 可见, R 越大表明该因素的水平变化对试验指标的影响越大, 因素越重要。根据以上分析可以得出, 在对硬度的影响中, 影响因素主次顺序为 $D > C > B > A$ 。在对咀嚼性的影响中, 影响因素主次顺序为 $D > C > B > A$ 。综合平衡确定最优工艺条件, 对于因素 A , 若取 A_2 , 硬度上升 7.16%, 咀嚼性上升 10.8%, 故取 A_2 。同理对于 B 取 B_2 , C 取 C_3 , D 取 D_2 。即优化的工艺条件是进料粒度 0.425 mm, 物料糊化度 50%, 进料水分质量分数 25%, 挤压机螺杆转速 90 r/min。在优化条件下挤压得到方便米饭的硬度为 113.56 g, 咀嚼性为 63.81, 产品感官评分为 81

分。

3 结 语

分析了感官评价与质构参数间的相关性, 确定了以硬度和咀嚼性为指标评价挤压保鲜方便米饭的食用品质。通过单因素实验和正交实验优化了挤压工艺条件。在此条件下制得的挤压保鲜方便米饭产品颗粒饱满, 色泽晶莹, 咀嚼性适中, 口感好。挤压保鲜方便米饭为方便米饭加工提供了一个新的发展方向。

参考文献:

- [1] 严松, 任传英, 孟庆虹, 等. 碎米及米糠在食品工业中的综合利用[J]. 食品科学, 2011, 32(增刊): 132-134.
YAN Song, REN Chuanying, MENG Qinghong, et al. Comprehensive utilization of broken rice and rice bran in the food industry [J]. **Food Science**, 2011, 32(supplementary issue): 132-134. (in Chinese)
- [2] Harper J M. Extrusion texturization of food[J]. **Food Technology**, 1986, 40: 70-76.
- [3] Sandeep, Bhatnagar, Hanna M A. Modification of microstructure of starch extruded with selected lipids[J]. **Starch/Staerke**, 1997, 49(1): 12-20.
- [4] 沈宇, 金征宇. 挤压方便米饭及其生产工艺[J]. 食品工业科技, 2002(12): 52-54.
SHENG Yu, JIN Zhengyu. Study on extrusion processing of instant rice [J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2002(12): 52-54. (in Chinese)
- [5] 焦爱权, 庄海宁, 金征宇, 等. 双螺杆二次挤压法制备方便米饭的工艺研究[J]. 农业工程学报, 2008(7): 260-262.
JIAO Aiquan, ZHUANG Hainin, JIN Zhengyu, et al. Study on double extrusion processing of instant rice with twin-screw extruder[J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 2008(7): 260-262. (in Chinese)
- [6] 金绍黑. 方便米饭新技术: 保鲜米饭[J]. 技术与市场, 2009(11): 11.
JIN Shaohei. New technology of instant rice: fresh rice[J]. **Technology and Market**, 2009(11): 11. (in Chinese)
- [7] Champagne E T, Bett-Garber K L, Thompson J, et al. Effects of drain and harvest dates on rice sensory and physicochemical properties[J]. **Cereal Chem**, 2005(82): 4-7.
- [8] 毛根武, 董德良, 杨瑞征, 等. 米饭质构特性测定方法的研究[J]. 中国粮油学报, 2012(3): 1-4.
MAO Genwu, DONG Deliang, YANG Ruizheng, et al. Study on determination method of instant rice quality [J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils Association**, 2012(3): 1-4. (in Chinese)
- [9] Park J K, Kim S S, Kim K O. Effect of milling ratio on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice[J]. **Cereal Chem**, 2001, 78(2): 151-156.
- [10] Champagne E T, Lyon B G, Min B K, et al. Effects of postharvest processing on texture profile analysis of cooked rice [J]. **Cereal Chem**, 1998, 75(2): 181-186.
- [11] 田耀旗, 金征宇, 邓力, 等. 维生素 D3- β -环糊精包合物在挤压营养米中的应用研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(12): 52-55.
TIAN Yaoqi, JIN Zhengyu, DENG Li, et al. Study on VD3 - β -CD of extrusion processing of instant rice [J]. **Food and Fermentation Industries**, 2007, 33(12): 52-55. (in Chinese)