

豆浆制备工艺对豆腐品质的影响

陈洋¹,林最其²,徐丽²,郭顺堂¹

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院,北京 100083; 2. 北京康得利机械设备制造有限公司,北京 100074)

摘要:分别在实验室和工厂中试条件下利用生浆法、熟浆法、热水套浆法3种不同制浆工艺制备豆腐,对豆腐的出品率、含水量、保水性、质构与感官性状进行了分析比较。结果表明:熟浆法豆腐的出品率、含水量和保水性分别比生浆法和热水套浆法提高了12%和7%、6%和7%、13%和5%,但生浆法豆腐的硬度、黏附性等指标均高于其它2种制浆工艺;熟浆法豆腐获得较高的感官评价。不同制浆工艺豆腐各物性指标差异显著,无论是实验室还是工厂中试条件,不同制浆工艺对豆腐品质的影响基本一致。

关键词:豆腐;豆浆制备;品质;感官

中图分类号:TS201.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)05-0838-05

Effects of Different Preparation of Soymilk on the Quality of Tofu

CHEN Yang¹, LIN Zui-qi², XU Li², GUO Shun-tang¹

(1. College of Food Science and Nutrition Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083; 2. Kangdeli Mechanical Equipment Manufacturing Co., Ltd, Beijing 100074, China)

Abstract: In this research the yield, moisture content, water retention, texture and sensory properties of different tofu were compared with regard to 3 kinds of soymilk preparation methods in laboratory and pilot plant. The results showed that the yield, moisture content and water retention of tofu made by cooked slurry respectively increased by 12% and 7%, 6% and 7%, 13% and 5% than uncooked slurry and hot water mixed slurry. The breaking stress, adhesiveness and chewiness of tofu made by uncooked slurry were higher than the other two slurries. Tofu made by cooked slurry obtained a higher sensory evaluation. Tofu made by different preparation of soymilk were significantly different in physical properties. Effect of different preparation of soymilk on the quality of tofu had the same results basically both in laboratory and factory experiments.

Key words: Tofu; Preparation of soymilk; Quality; Sensory

豆浆的制备是豆腐生产过程中的重要环节。一般的制浆工艺是将溶胀的大豆加水研磨后过滤而成。根据过滤前后热处理方式的不同,豆浆的制取工艺可分为生浆法、熟浆法和热水套浆法。生浆法是将浸泡好的大豆磨浆,将过滤后得到的豆浆加热煮熟的一种方法;熟浆法是将磨碎的豆糊先经加热煮熟,然后再过滤得到豆浆的一种方法。

我国豆制品企业大多采用生浆法,而日本的大豆加工企业多采用熟浆法制浆。此外,与大规模工业化生产不同,在我国部分地区,一些小规模豆腐生产企业采用热水套浆法,该方法是在磨碎的豆糊中加入热水并充分搅拌豆糊,然后过滤除渣,套浆后豆糊温度一般要求达到65℃以上。

Toda等^[1]详细分析了生浆、熟浆工艺豆乳中蛋白、脂肪含量及豆乳黏度等差异,将豆渣加热后的浸提物回填到生浆工艺制得的豆浆中,获得了与熟浆工艺相同的效果;研究还发现,熟浆工艺不仅充

分提取了大豆蛋白和脂肪,而且使大豆多糖成分溶入了豆浆。但是,在我国的豆制品行业中,对于采用生浆法还是熟浆法工艺,以及各种制备工艺的特点还存在许多争论;目前关于不同豆浆制备工艺对豆腐的出品率、含水量、保水性、质构与感官的影响方面的研究也鲜有报道。

该研究以CaSO₄为凝固剂,对生浆、熟浆、热水套浆3种制浆工艺制得豆腐的品质与物性指标进行分析,明确了不同制浆工艺豆腐的品质差异及生产能耗差异,并通过工厂中试对结果进行验证,从生产上比较不同制浆工艺的特点,指导豆腐的生产加工。

1 材料与方法

1.1 供试材料

黄豆:市售,要求颗粒大小基本一致,无破损、霉变,色泽光亮;消泡剂:食品级,市售;凝固剂:熟石膏,食品级,市售。

收稿日期:2011-04-14

第一作者简介:陈洋(1986-),女,在读硕士,研究方向为粮食、油脂及植物蛋白。E-mail:cybetty_053@163.com。

通讯作者:郭顺堂(1962-),男,教授,博导,主要从事蛋白质加工利用研究。E-mail:shuntang@cau.edu.cn。

1.2 仪器设备

1.2.1 实验室仪器 质构仪(TA-XI2i,北京微讯超技仪器技术有限公司),电磁炉(H-P10,南海市富士宝家用电器有限公司),低速离心机(TDL-40B,上海安亭科学仪器厂),水浴恒温磁力搅拌器(SHJ-A型,金坛市华峰仪器有限公司),循环水式多用真空泵(SHB-III,郑州市上街华科仪器厂),电热恒温鼓风干燥箱(DHG-9140A,上海一恒科技有限公司),西贝乐分离式打浆机(SQ-2008,上海帅佳电子科技有限公司)。

1.2.2 工厂中试设备 斗式提升机,真空储豆罐,双层干豆筛,磨浆机,浆渣分离磨,连续煮浆锅,蛋白热变性稳定罐,豆腐自动凝固机,豆腐连续压机,豆腐自动翻板机。

1.3 试验方法

1.3.1 豆浆及豆腐的制备工艺 将大豆原料进行挑选,除杂,分别称取3份100g大豆作为3种制浆工艺豆腐制备的原料,洗净后各加入300mL水于10℃下浸泡15h,清洗、沥干。添加7倍大豆质量的水磨浆,所得豆糊根据不同制浆工艺分别采取不同加工方法制备熟豆浆,豆浆浓度为8°Brix。获得的熟豆浆待温度冷却至85℃,在均匀搅拌的情况下加入2.5%石膏悬浮液,在85℃水浴下静置15min后破脑压榨,20g·cm⁻²下压力挤压15min,40g·cm⁻²下挤压15min后制得豆腐,于4℃下冷藏待测。不同制浆工艺流程如下:

生浆法制浆工艺:豆水比1:7磨浆得到生豆糊→过滤→煮浆至95℃保温5min→熟豆浆

熟浆法制浆工艺:豆水比1:7磨浆得到生豆糊→煮糊至95℃保温5min→过滤→熟豆浆

热水套浆法制浆工艺:豆水比1:4磨浆得到生豆糊→3份100℃热水套浆豆糊温度达65℃以上→过滤→煮浆至95℃保温5min→熟豆浆

1.3.2 工厂中试规模不同制浆工艺豆腐的制备 分别称取3份20kg大豆,经预处理系统去杂,通过斗式提升机升至泡豆平台浸泡、清洗、沥水,由湿豆定量分配器下豆,经浸泡后的豆重约44kg,为保证豆水比为1:7,设定下豆速度为6.5kg·min⁻¹,根据不同制浆工艺调节生浆法和熟浆法用水流量为800L·h⁻¹,热水套浆法用水流量为400L·h⁻¹、套浆热水用量43kg。煮浆(糊)过程中连续煮浆锅蒸汽压力为0.2MPa,煮浆(糊)至95℃后关蒸汽阀保温5min,熟豆浆经豆腐自动凝固机、连续压机、自动翻板机制得豆腐成品。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 出品率的测定 以每100g大豆原料制得的豆腐样品湿重作为出品率的指标。

1.4.2 水分含量的测定 采用恒重法^[2]测得豆腐水分含量w。

1.4.3 豆腐保水性(WHC)的测定 参照Fuh等的方法^[3],称取豆腐样品3.0000~5.0000g(精确到0.0001g),计为m₁,在离心管中层的绿色网上铺上滤纸,将待测样品置于滤纸上,安上下层的管子和上方的盖子,于1000r·min⁻¹离心机中离心10min,取出离心管上层的豆腐,称其质量为m₂。豆腐保水性的计算公式为:

$$WHC = \frac{m_1 \times w - (m_1 - m_2)}{m_2} \times 100\% \quad (\text{其中 } w \text{ 为豆腐的水分含量})。$$

1.4.4 豆腐质构的测定 参照Chang的方法^[4-5]采用质构仪进行2次压缩试验(TPA-TA-XT2i)。取样要求:样品Φ20mm,高15mm。质构仪各项参数设定如下:探头型号P/36,测前速度1mm·s⁻¹,测试速度2mm·s⁻¹,测后速度1mm·s⁻¹,中间停留时间5s,下压距离为50%。同一样品选择6个不同的部位测定,取其平均值。质构仪TPA所测定的参数及定义见表1。

表1 质构仪TPA参数及其定义

Table 1 The parameters and definitions of TPA

参数 Parameter	感观定义 Sensory definition	仪器定义 Instruments definition
硬度 Hardness	牙齿间用来压迫样品所需要的力,定义为获得一定的形变所必须的力	第一个压缩循环的峰值力
粘附性 Adhesiveness	用来克服食物表面与接触物表面之间的吸引力所做的功,接触物是与食物相连的物体(如舌头、牙齿、上颚),将食物从物体的表面拉开需要做的功	第一次咬的负数区域的面积代表将压缩探头脱离样品所必须的功
咀嚼性 Chewiness	咀嚼固体食物到达吞咽所需的能量	参数计算方式: 硬度×内聚性×弹性

1.4.5 豆腐感官评价 将制好的豆腐冷却至室温后切成1cm³的正方体,把样品放入带有3位随机数字编号的盘中,置于光线充足的条件下提供给品评员进行感官评,评价员均经过40h以上豆制品相关的感官训练。评价指标包括豆腐的色泽、风味、滋味和口感。

色泽:通过视觉感知豆腐所具有良好的感官色泽,分为黄1分、淡黄3分、白5分。

风味:通过嗅觉感知豆腐所具有的豆制品特有的豆香味,分为酸味1分、淡豆香味3分、浓郁香甜味5分。

滋味:通过味觉感知豆腐所具有豆制品特有的豆香味,分为酸、甜、苦、涩、鲜。根据喜好程度打分,最高分为5分。

口感;包括硬度、饱满度、细腻度。硬度即为样品在口中,通过牙齿间或舌头与上颚间对样品的压迫而感知的力;饱满度与细腻度依个人感觉而定,综合3项打分,最高分为5分。

1.4.5 制浆工艺能耗比较 以熟浆法制浆工艺各项能耗为参照标准计算生浆法与热水套浆的相对能耗。用水量的能耗比是通过计算不同制浆工艺的豆腐生产过程中磨浆、套浆的用水;蒸汽的能耗比是通过计算不同制浆工艺的豆腐生产过程中在同一蒸汽压力下加热豆浆(糊)到95℃的用时长短,热水套浆法的蒸汽能耗包括套浆加热水及煮浆的蒸汽;用电的能耗比是通过计算豆腐生产过程中用电设备的工作时间。

1.5 数据分析

应用 EXCEL 2007 及 SPSS 12.0 对豆腐的出品

率、含水量、保水量、质构及感官指标进行数据统计,并分析了参数的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同制浆工艺制得的豆腐的出品率、含水量和保水性

豆腐的出品率是评价豆腐商品性的主要指标。该研究比较了生浆法、熟浆法、热水套浆法3种制浆工艺制备的豆腐的出品率,在实验室条件下,结果如表2所示。熟浆法制浆的豆腐出品率显著高于生浆法和热水套浆法。热水套浆法与熟浆法制浆工艺均有利于提高大豆籽粒营养成分的利用。从豆腐含水量比较来看,熟浆法豆腐含水量显著高于生浆法和热水套浆法,生浆法与热水套浆法豆腐的含水量差异不显著。而就保水性而言,熟浆法豆腐显著高于生浆法和热水套浆法。

表2 实验室条件下不同制浆工艺的豆腐的出品率、含水量及保水性

Table 2 Yield, moisture content and water holding capacity of tofu made by different preparation of soymilk in lab

制浆工艺 Preparation of soymilk	出品率 Yield/g · 100g ⁻¹	含水量 Moisture content of tofu/%	保水性 Water holding capacity/%
生浆法 Uncooked slurry	312.2 ± 7.0 a	80.4 ± 0.1 a	66.2 ± 0.2 a
熟浆法 Cooked slurry	350.4 ± 8.6 b	85.2 ± 0.3 b	74.6 ± 0.6 b
热水套浆法 Hot water mixed slurry	325.9 ± 9.1 c	81.2 ± 0.7 a	69.8 ± 0.5 a

同一列数值后不同小写字母表示在0.05水平差异显著,下表同。

Values within a column followed by different lowercase letters are significantly different at 0.05 level, the same as below.

在工厂中试条件下,3种制浆工艺制备豆腐的出品率、含水量及保水性差异的趋势与实验室一致,但差异性表现更为显著。如表3所示,熟浆法豆腐出品率及保水性显著高于生浆法和热水套浆

法,其中出品率较生浆法和热水套浆法高20%和14%,保水性分别较生浆法与热水套浆法高6%和7%;热水套浆法的出品率显著高于生浆法;3种制浆工艺豆腐的含水量无显著性差异。

表3 工厂中试条件下不同制浆工艺的豆腐出品率、含水量及保水性

Table 3 Yield, moisture content and water holding capacity of tofu made by different preparation of soymilk in pilot plant

制浆工艺 Preparation of soymilk	出品率 Yield/g · 100g ⁻¹	含水量 Moisture content of tofu/%	保水性 Water holding capacity/%
生浆法 Uncooked slurry	318.2 ± 8.0 a	84.2 ± 0.2 a	76.3 ± 0.2 a
熟浆法 Cooked slurry	380.6 ± 7.0 b	83.1 ± 0.1 a	81.1 ± 0.7 b
热水套浆法 Hot water mixed slurry	333.9 ± 3.0 c	83.4 ± 0.1 a	75.6 ± 0.4 a

2.2 不同制浆工艺豆腐的质构特性差异

物性测定是对豆腐质构、口感的一种量化,通过对豆腐的物性测定,可以反映豆腐的质量。如表4所示,生浆法豆腐的硬度、粘附性、咀嚼性均显著高于其它2种制浆工艺。而且其粘附性和咀嚼性与硬度的数值分布趋势相一致,这是由于豆腐的粘

附性与咀嚼性在数值上受到硬度的影响。豆腐的硬度与水分含量呈负相关,豆腐在形成凝胶网络的过程中包含的水分越多豆腐的硬度越小^[6]。因此,熟浆法和热水套浆法虽然能获得较高的得率和保水性,但豆腐的硬度不如生浆法。

表 4 实验室条件下不同制浆工艺制得豆腐的质构特性

Table 4 The textural characteristics of tofu made by different preparation of soymilk in lab

制浆工艺 Preparation of soymilk	硬 度 Hardness/g	粘附性 Adhesiveness	咀嚼性 Chewiness
生浆法 Uncooked slurry	1017.3 ± 28.2 a	-9.4 ± 0.1 a	661.3 ± 34.9 a
熟浆法 Cooked slurry	771.0 ± 18.1 b	-12.4 ± 0.3 b	497.7 ± 19.1 b
热水套浆法 Hot water mixed slurry	666.0 ± 38.9 c	-12.7 ± 0.8 b	370.2 ± 48.8 c

如表 5 所示,总体而言,工厂中试条件下不同制浆工艺豆腐的质构差异趋势与实验室基本一致,生浆法豆腐的硬度、黏附性及咀嚼性最高,熟浆法次之,热水套浆法最低。

表 5 工厂中试条件下不同制浆工艺制得豆腐的质构特性

Table 5 The textural characteristics of tofu made by different preparation of soymilk in pilot plant

制浆工艺 Preparation of soymilk	硬 度 Hardness/g	粘附性 Adhesiveness	咀嚼性 Chewiness
生浆法 Uncooked slurry	882.3 ± 12.2 a	-11.8 ± 0.1 a	561.2 ± 14.3 a
熟浆法 Cooked slurry	743.6 ± 20.2 b	-12.1 ± 0.3 a	411.2 ± 11.9 b
热水套浆法 Hot water mixed slurry	661.4 ± 10.6 c	-13.7 ± 0.5 b	294.7 ± 12.9 c

2.3 不同制浆工艺豆腐感官特性

图 1 和图 2 中纵轴与横轴分别表示感官评价的 4 个指标,3 种制浆工艺豆腐的色泽、风味、滋味、口感依得分高低分布在雷达图对应的坐标轴上,同时雷达图面积大小可反映不同制浆工艺综合评价的高低。

实验室感官评价结果显示,色泽、滋味指标中熟浆法豆腐的感官得分最高,热水套浆法次之,生浆法最低;风味、口感指标中熟浆法与热水套浆法豆腐的感官指标略高于生浆法。总体感官评分以熟浆法工艺制备的豆腐最好。

工厂中试感官评价结果与实验室一致,即熟浆法豆腐最高,且趋势比实验室结果更加明显,如图 2 所示。由于熟浆法制浆工艺的熟豆糊经浆渣分离磨后进入熟浆筛,整个工艺流程中豆浆不经过生浆桶、生浆泵及相应的衔接管道,减少了豆浆与空气接触的时间,因此,熟浆法豆腐在色泽、风味、滋味及口感方面的感官得分均高于生浆法与热水套浆法的相应指标。

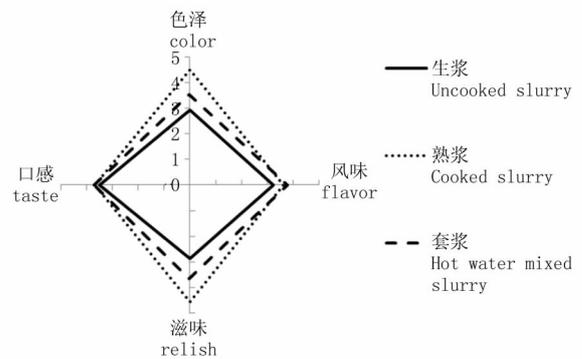


图 1 实验室条件下不同制浆工艺制得豆腐的感官评价

Fig. 1 Sensory evaluation of tofu made by different preparation of soymilk in lab

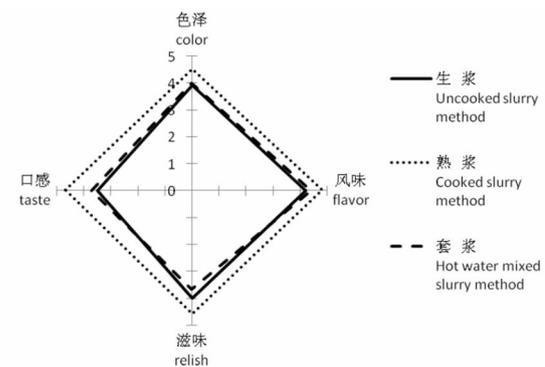


图 2 工厂中试条件下不同制浆工艺制得豆腐的感官评价

Fig. 2 Sensory evaluation of tofu made by different preparation of soymilk in pilot plant

2.4 工厂中试规模不同制浆工艺豆腐能耗比较

在豆制品的生产过程中选用何种制浆工艺不仅要根据产品的要求、口感的认可度、国内豆制品设备是否满足生产工艺要求,还要考虑到生产过程中该工艺能否最大限度节约能源,表 6 所示的能耗分析是基于工厂的大豆生产工艺,由于中试规模生产量达不到连续化生产的要求,二浆水及三浆水没有循环利用,因此不同制浆工艺用水量差异没有体现出来。蒸汽耗能指的是在煮糊或者煮浆及烧制套浆所用的热水时所消耗的蒸汽量,煮浆过程中,由于熟浆法带渣煮浆,总体煮糊质量大于煮浆质量,因此,消耗蒸汽最多,在实际生产中,由于熟豆渣可以再次用于磨浆,根据能量守恒原理,3 种制浆工艺蒸汽消耗量大致相同。耗电量的大小是根据每种制浆工艺流程经各个生产设备的时间长短来衡量,用电能耗差异主要体现在制浆过程浆渣分离及煮糊搅拌工艺流程上。由于熟浆法是先煮糊后过滤,为避免粘锅煮糊时需要搅拌,而生浆法和热水套浆法都是先过滤后煮浆,因此无需搅拌。同时,不同制浆工艺过滤时豆糊的黏稠状态不同,经浆渣分离速度不同,耗电量也就有差异。

表6 工厂中试条件下不同制浆工艺豆腐能耗比较
Table 6 Comparison of energy consumption of tofu made by different preparation of soymilk in pilot plant

制浆工艺 Preparation of soymilk	耗水量 Water consumption	蒸汽用量 Stream consumption	耗电量 Electricity consumption	
			分离 Separation	搅拌 Mixture
生浆法 Uncooked slurry	1	0.78	0.5	0
熟浆法 Cooked slurry	1	1	1	1
热水套浆法 Hot water mixed slurry	1	0.89	0.4	0

3 结论与讨论

熟浆法豆腐的出品率、保水性、含水量均显著高于生浆法和热水套浆法;热水套浆法的出品率显著高于生浆法,但保水性与含水量与生浆法无显著差异;该研究所采用的3种制浆工艺中豆糊的过滤温度分别是25℃(生浆法)、65℃(热水套浆法)、95℃(熟浆法)。随着过滤温度的升高,大豆中的蛋白、脂肪等营养成分更加顺利被抽提出来,豆乳中蛋白颗粒含量增加^[7],豆渣中所残留的蛋白含量减少,从而提高了豆腐的出品率。Toda等^[1]曾报道,熟浆过滤的豆浆中多糖的含量高于生豆浆,包括一些果胶成分。多糖的存在会导致形成的豆腐网络结构有更强的保水性。因此,熟浆法和热水套浆法的豆腐有更好的保水性。质构特性变化趋势与含水量及保水性趋势相反,特别是硬度指标,生浆法豆腐的硬度明显偏高。这可能由于熟浆工艺的豆糊在加热后过滤,使得豆糊中大豆蛋白变性更充分,可发生相互结合的活性基团更多,形成的网络结构更加完善^[8]。由于在工厂试验中必须考虑到产品的经济效益,因此,为保证豆腐有较高的出品率,在豆腐挤压过程中所受的压力必须比实验室小,这使得中试试验生产的豆腐在硬度、咀嚼性上较实验室结果小;另一方面,由于豆腐质构的指标不仅与挤压力大小有关,还取决于大豆品种的差异^[9],由于实验室与工厂中试所采用的原料不同,导致质构指标也产生一定的差异。

感官评价各项指标中,品评员对生浆法、热水

套浆法、熟浆法石膏豆腐的喜好程度高于生浆法。这可能是由于熟浆法制浆工艺先经过煮糊,在这一过程中豆糊中大量的植物纤维经加热变粗变大,经过过滤能得到很好的分离,从而生产出来的豆腐香气更浓郁,口感更细腻。

致谢:该研究的完成得益于北京康得利机械设备制造有限公司对中试试验的支持,在此表示衷心的感谢!

参考文献

- [1] Toda K, Chiba K, Ono T. Effect of components extracted from okara on the physicochemical properties of soymilk and tofu texture [J]. *Journal of Food Science*, 2007, 72(2): 108-113.
- [2] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1992, 1-2. (Han Y S. Experiment guidance of food chemistry [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 1992.)
- [3] Fuh-J K, Nan W S, Min H L. Effect of water-to-bean ratio on the content and composition of isoflavones in tofu [J]. *Journal of Food Chemistry*, 2004, 52: 2277-2281.
- [4] Cai T D, Chang K C. Characteristics of production-scale tofu as affected by soymilk coagulation method; Propeller blade size, mixing time and coagulant concentration [J]. *Food Research International*, 1998, 31: 289-295.
- [5] 孙彩玲, 田纪春, 张永祥. TPA 质构分析模式在食品研究中的应用 [J]. *实验科学与技术*, 2007, 5(2): 1-4. (Sun C L, Tian J C, Zhang Y X. The application of TPA texture profile analysis mode in food research [J]. *Experimental Science and Technology*, 2007, 5(2): 1-4.)
- [6] Wang H L, Swain E W, Wolek W F K, et al. Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu [J]. *Cereal Chemistry*, 1983, 60(3): 245-248.
- [7] 钱虎君, 盖钧镒. 豆乳和豆腐加工过程中滤渣方法和絮凝时间对营养成分利用的影响 [J]. *大豆科学*, 2001, 20(1): 18-21. (Qian H J, Gai J Y, Yu D Y. Effect of different filtering methods and coagulating time treatments to utilization of nutrients in soymilk and processing [J]. *Soybean Science*, 2001, 20(1): 18-21.)
- [8] 张明晶, 魏益民, 张波, 等. 加工条件对豆腐质量特性的影响 [J]. *大豆科学*, 2006, 25(4): 395-398. (Zhang M J, Wei Y M, Zhang B, et al. Effects of processing conditions on the quality of tofu-gel [J]. *Soybean Science*, 2006, 25(4): 395-398.)
- [9] Gandhi A P, Bourne M C. Effect of pressure and storage time on texture profile parameters of soybean curd (tofu) [J]. *Texture Studies*, 1988, 19: 137-142.