

热风干燥的样品内部呈不规则孔状, 部分结构致密。表明米饭在热风干燥过程中, 淀粉的部分氢键重新形成, 淀粉产生一定程度的回凝, 复水性较差, 复水后米饭的粘度可能因淀粉产生一定的回凝而比冷冻干燥的有所提高。冷冻干燥的样品内部呈规则的多角形, 结构疏松、微孔均匀, 基本保持了 α 化状态。表明其复水性好, 淀粉基本上未发生回凝, 但可能因此而使得其复水后米饭的粘度比热风干燥的低, 口感较差。

2.6 感官评价

表5 不同干燥工艺米饭的感官评分值

样品	颜色	口味	弹性	粘性	生熟度
新鲜米饭	4.8	5	5	5	5
热内样品	4.7	4.9	4.8	5	4.9
冷冻样品	5	4.2	2.6	3.1	4.7

不同干燥工艺的样品复水后感官评分值见表5。从表5可看出, 热风干燥的样品的米饭除颜色较冷冻干燥的样品稍差外, 口味、弹性、生熟度均比冷冻干燥的样品好, 其中影响口感的重要指标弹性和粘性明显优于冷冻干燥的样品, 并且各项评分接近新鲜米饭。可见从口感上讲, 热风干燥工艺的成品品质较冷冻真空干燥的好。

3 结论

3.1 大米的浸泡时间对米饭品质影响很大。浸泡时间太短, 米粒吸水量不足, 米饭夹生, 浸泡时间太长, 米粒易碎、易粉, 米饭变得稀烂, 无法进行后道生产工序。25℃清水浸泡大米的最佳时间为150~180min。

3.2 热风干燥的样品的外观性状不及冷冻干燥的样品

好。两者的 α 化度相差不大。冷冻干燥的样品的复水性比热风干燥的好, 主要是内部孔结构及淀粉回凝程度的差异造成的。

3.3 热风干燥的样品复水后米饭的硬度、粘性、弹性、口味、生熟度这几项食用指标的感官评分均高于冷冻干燥的样品, 且接近于新鲜米饭。热风干燥的样品复水后米饭的口感优于冷冻真空干燥的。

3.4 评价 α -米饭的食用指标主要是口感, 米饭作为一种温和性食品, 其口感要比风味和外观色泽重要的多。此外热风干燥设备价格相对而言要低的多, 且产量大, 干燥时间短; 而冷冻真空干燥设备价格昂贵, 产量小, 干燥时间长, 耗能大(用于干燥生物活性物质有其独特优势)。因此建议, 工厂化生产 α -米饭其干燥(脱水)工艺采用热风干燥法较为合理。

参考文献

- 1 刘国琴等. 方便米饭生产技术的探讨. 郑州粮食学院学报, 1996, 17(1).
- 2 Luh, B.S., Roberts, L.L., and Li, C.F. Quick cooking rice. Rice: Production and Utilization. B.S. Luh (Ed) AVI Publishing Co, Inc. Westport, Connecticut, 1980.
- 3 曾庆孝. 大米的特性对方便米饭生产工艺的影响. 食品科学, 1995, 16(9).
- 4 伍冬生. 干燥方法对方便米饭生产工艺的影响. 武汉粮食工业学院学报, 1990, 1.
- 5 朱展才. 稻麦质量分析. 北京: 中国食品出版社, 1988.
- 6 川村亮(日). 食品分析与实验法. 北京: 轻工业出版社, 1986.
- 7 陈兴国等. 糯米气调小包装保鲜研究. 郑州粮食学院学报, 1991, 4.
- 8 路蕾玉, 甘智林. 商业部六·五粮食攻关课题论文集(内部资料), 1986.

豆粕豆腐复制工艺及品质改进试验研究

朱新星 王善荣 南京农业大学食品科技学院 210095

彭丽珍 南京虹园清真食品厂 210012

摘要 着重研究了豆粕复制豆腐的工艺设计、技术要求, 以及采用复合凝固剂和多种原料的复配组合对豆粕豆腐品质的影响。结果表明: 添加不同的增稠剂, 可以使豆粕豆腐的品质有不同程度的改善, 适量添加增稠物质可使豆粕豆腐的品质达到甚至优于纯大豆豆腐。

关键词 豆粕 豆腐 制作工艺 品质

Abstract In this paper the technology of processing bean curd (dou fu) from oil meal was studied. The complexing of thickening agents with various ingredients affected the quality of the bean curd undertest. The tested results showed that the bean curd quality could be improved by some thickening agents to keep up or to be tastea even better than the quality of bean curd. Made of pure soy beans.

Key words Bean cake Bean curd Technology Quality

传统的豆腐制作过程大多采用大豆为生产原料,对于采用经低温浸出法脱脂后所得到的残留物-豆粕制作豆腐的工艺设计和技术要求研究较少。普遍认为榨油后的豆粕因经历提油时的高温处理,蛋白质大量受热变性,用以制作豆制品工艺过程难以控制,严重影响产品品质,不易被市场接受。豆粕主要制成饲料甚至用作肥料,部分冷榨脱脂豆粕用于生产大豆浓缩蛋白、大豆分离蛋白、大豆纤维蛋白等。我们着重研究了豆粕复制豆腐的工艺设计、技术要求以及豆粕豆腐的品质改善途径,使产品不仅具有传统大豆制品的品质,而且还具有豆粕制品特有的风味,为豆粕的综合利用提供工艺参数和实验资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

豆粕:山东省临沂县粮油局提供

大豆、小麦粉、黑芝麻:市售。

石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、明胶、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、生粉、消泡剂(DSA):食用添加剂商店提供,均为食品级

1.2 主要仪器和设备

打浆机 FZ102 微型试样粉碎机 DF110 电子天平 豆腐制作模具、电加热设备及实验室常规实验仪器

1.3 豆粕复制豆腐的工艺原理

大豆蛋白质是热敏性很强的物质,其溶解性随着受热时间延长而迅速递减,低温浸提后的脱脂豆粕蛋白质变性较少,经水浸泡打浆后,大部分蛋白质可均匀分散在水中, pH 值 6.5 时,含氮化合物的可溶物达 85%,过滤后形成稳定的蛋白质溶胶-豆浆,豆浆加热至沸后蛋白质分子沿着它的肽链骨架发生伸展,原有分子内键桥断裂,由于众多极性基团离子化,具有很强的水亲合能力,形成相对稳定的前凝体系,俗称豆乳,此时向其中加入无机盐和强电解质凝固剂,由于静电作用破坏了蛋白质胶粒表面的双电层,促使蛋白质胶粒进一步聚集,形成三维网络凝胶结构。凝固剂的种类、用量不同,可控制凝胶速度的快慢,最终决定豆腐的细腻程度。

1.4 工艺流程

豆粕→筛选→浸泡→打浆→第一次煮浆→滤浆→第二次煮浆→点脑→蹲脑→破脑装模→压榨成型(黄浆水)→成品

1.5 操作控制要点

1.5.1 豆粕选择:选择无霉变、无虫蛀、去除杂质、干燥无异味、新鲜度较高的淡黄色无定性片状原料。

1.5.2 浸泡:最佳浸泡时间与环境温度相关,室温 20℃、浸泡时间 6~8h 为宜,豆粕:水=1:8 左右。

1.5.3 打浆:豆粕浸泡后里外发白呈乳白色,手捻无硬芯即可打浆,匀浆细度在 5 μm 以下,此时大多数蛋白细胞体破裂,蛋白质最大限度游离出来,浆液细腻粘稠,粒度均匀不粗造。但粒度过小造成纤维素物质吸附蛋白质能力增强,浆液粘度增加而堵塞筛孔,影响成品率。

1.5.4 煮浆:第一次煮浆时,向豆浆中加入消泡剂消除泡沫,防止溢锅和假沸现象,保证煮浆适度。豆粕中纤维素含量较高,冷浆过滤易堵塞筛孔,当浆液加热到 70℃ 时,纤维素分子溶胀,降低了它吸附蛋白质的能力,有利于渣浆分离。过滤后的浆液再煮浆 2~3min,使蛋白质充分变性并起到杀菌、抑酶及消除大豆中抗营养因子和豆腥味等综合作用。

1.5.5 点脑与蹲脑:采用石膏作凝固剂点脑,如制作花色豆腐,既将欲添加的营养物质按比例溶于水与石膏混合,再将此混合液和 1/3 浆液同时倒入 2/3 浆液容器中,蹲脑 20~25min,使蛋白质同凝固剂充分反应,完善凝胶网络结构。点脑工艺参数为:浆液温度 75~80℃, 25℃ 时浆液浓度 7.5~8.0Be°, 石膏添加量按豆粕量的 3.5% 加入。

1.5.6 压榨成型:将凝固好的豆腐脑打碎,加入豆腐模具中,尽量使其厚度均匀一致,压制理想温度为 68~70℃,最低不能低于 65℃,温度过低时,豆腐脑凝固过程基本完成,凝固形成的网络结构有较强的保水性能,且具有相对稳定的形状,此时即使施以压力也难将水分排出,达到预期的豆腐外形。

2 质量评定指标与方法

2.1 感官评定

依据六个人感官评定的结果进行综述

2.2 凝固时间

添加凝固剂开始到豆腐表面失去流动性且富有一定弹性为止的时间为凝固时间。

2.3 凝固强度

在 100ml 烧杯中加入 50ml 豆乳使其凝固成豆腐,将烧杯与另一空烧杯分别放在天平的左右托盘上,用砝码调节至平衡状态,在不影响平衡的情况下,将一固定的面积为 1cm² 的铜棒平面与豆腐平面保持水平接触,以每分钟 40-50 滴的速度向空烧杯中滴加蒸馏水,使天平失去平衡,当豆腐平面向上顶起至破裂,此时滴加水的质量即为豆腐的凝胶强度。

2.4 脱水率

将15×4×10 (mm) 的豆腐精确称重 (质量为W₁) 用纱布包两层, 然后放在倾角为20° 的斜面上, 上面放500g砝码, 压5min后, 再精确称重 (质量为W₂), 豆腐的脱水率为:

脱水率 (%) = $\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$

3 品质改进试验

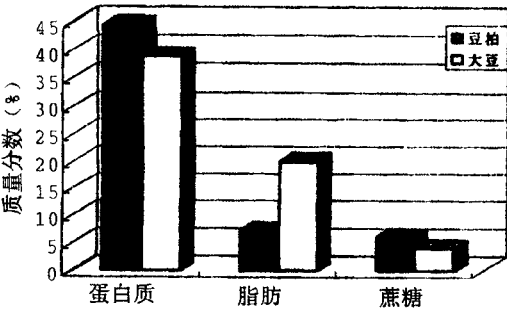


图1 豆粕和大豆主要营养成分的关系

大豆豆粕尽管采用低温浸提法抽提油脂, 由于生产中仍需经历加热过程, 导致蛋白质结构变化以至部分变性, 影响蛋白质的溶出率、凝胶强度、凝胶时间等性能指标。此外, 由于豆粕中的主要营养成分比例发生了变化 (变化情况见图1), 造成豆粕豆腐的色泽、细腻度、弹性等品质指标下降。作者通过复合凝固剂和复合制作原料对此进行了对照试验研究,

3.1 同一复合凝固剂的添加量对豆粕豆腐品质的影响

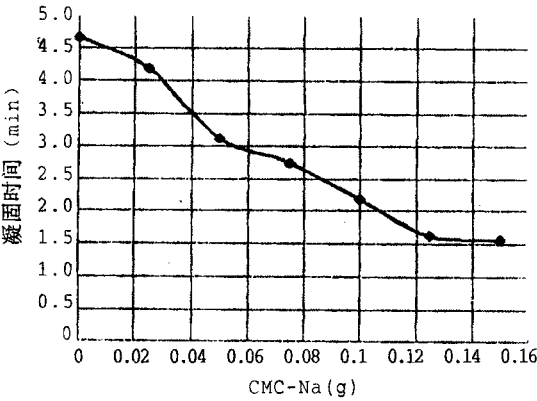


图2 CMC-Na 添加量与凝固时间的关系

取100g豆粕按上述工艺流程制成热豆乳, 各取1/10 分别加入不同量的 CMC-Na 和等量的石膏点脑, 凝固时间与 CMC-Na 添加量的关系见图2。

由图2可知: 随 CMC-Na 添加量的增加, 豆粕豆

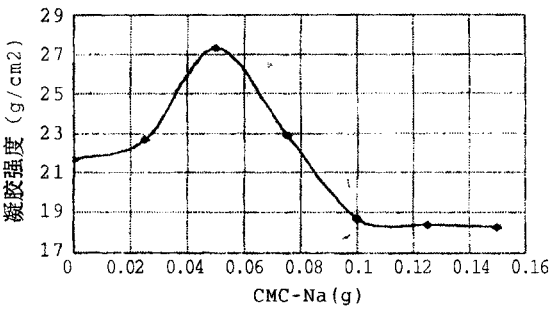


图3 CMC-Na 添加量与凝胶强度的关系

腐的凝固时间逐渐缩短, 当 CMC-Na 添加量达到1.5% 时, 凝固时间的变化趋于平缓, 说明 CMC-Na 对豆粕豆腐的助凝效应是有限的, 并非始终与添加量呈正相关。在上述条件下, 豆粕豆腐的凝胶强度与 CMC-Na 添加量的关系见图3。

由图3可知: 当 CMC-Na 添加量为0.5% 时, 凝胶强度出现最大值, 随着 CMC-Na 添加量的递增, 凝胶强度明显递减, 且成品结构粗糙, 成型性不好, 易破损, 脱水率增大, 品质下降。根据试验数据推断: CMC-Na 可与蛋白质发生胶溶作用, 生成稳定的复合体系, 使溶胶粘度增加, 加上 Ca²⁺ 的脱水化作用, 有利于蛋白质分子的聚集沉凝。CMC-Na 在低浓度下, 蛋白质分子的凝胶速度较慢, 形成凝胶的网络结构中通过氢键包容了较多的水分子, CMC-Na 的存在进一步增加保水作用, 成品结构较细致有序, 强度较大; 当 CMC-Na 的浓度超过一定限度, 致使蛋白质沉凝速度过快, 凝胶的网络结构粗糙, 松散无序, 不能稳定地锁定水分, 成品老熟, 水分析出, 强度下降。因此, CMC-Na 添加量应受到控制。

3.2 不同复配方式对豆腐品质的影响

表1 原辅料复配量表							
组合	原辅料 (g)						
编号	大豆	豆粕	石膏	小麦粉	生粉	明胶	CMC-Na 合计
A	100		3.5				103.5
B		100	3.5				103.5
C	30	70	3.5				103.5
D		100	3.5	2.5			106.0
E		100	3.5		2.5		106.0
F		100	3.5			2.5	106.0
G		100	3.5				0.5 104.0

根据不同的复配方式取原料按照工艺流程, 分别制备豆腐, 并得出相应的最佳工艺配方组合如表1, 按表1 方式组合制得的成品进行比较试验, 试验结果见表2。

由表2可知, 纯大豆豆腐的色泽洁白, 而豆粕豆

表2 成品感官评定

组合 编号	色泽	口感	风味	质地
A	洁白	细嫩可口	淡豆香味	细腻均匀, 富有弹性与韧性
B	浅褐色	较细嫩	焦糖香味和甜味	较细腻, 弹性韧性次于A组
C	浅灰色	细嫩	淡焦糖香味甜味和豆香味	细腻均匀, 富有弹性与韧性
D	浅褐色	细嫩可口	焦糖香味和甜味	细腻, 成型性好
E	浅褐色	粗糙	焦糖香味甜味和淀粉味	细度稍次, 成型性尚可
F	浅褐色	细嫩可口	焦糖香味和甜味	细腻光滑, 弹性韧性优于A组
G	浅褐色	较细嫩	焦糖香味和甜味	细腻均匀, 弹性韧性稍次于F组

腐色泽较深, 理论推测可能是由于大豆提油过程中的热处理而诱发美拉德反应所致, 同时赋予豆粕豆腐特殊的焦糖香味, 纯豆粕豆腐的品质次于纯大豆豆腐, 但加入少量增稠剂可以明显改善豆粕豆腐的品质, 增稠剂对豆粕豆腐品质的影响见表3。

由表3可知, 添加增稠物质, 使豆粕豆腐的品质有了不同程度的改变, 表现在凝固时间、脱水率普遍

表3 成品理化性质评定

组合 编号	凝固时间 (min)	凝胶强度 (g/cm ²)	脱水率 (%)
A	4.2	26.4	45.3
B	4.7	21.5	65.6
C	4.4	23.0	56.9
D	4.0	22.6	53.5
E	3.8	24.2	50.8
F	3.2	27.2	44.6
G	3.6	26.3	44.5

小于纯豆粕豆腐, 而凝胶强度高纯豆粕豆腐, 说明豆腐的持水性增强, 质构较均匀致密, 增加了豆腐细致、滑爽的品质特性。综合各质量评定指标得出: 加

入30%大豆的豆粕豆腐与纯大豆豆腐的感官性状相似, 加入0.5%CMC-Na的豆粕豆腐与纯大豆豆腐的理化性质较为接近; 加入0.5%明胶的豆粕豆腐品质最佳, 其凝胶强度和脱水率相似于纯大豆豆腐, 口感、质地均优于大豆豆腐; 加入2.5%小麦粉的豆粕豆腐品质亦有明显改善, 且添加成本较低, 适于商业化生产。

3.3 黑芝麻粉对豆粕豆腐品质的影响

按照前述的工艺流程, 在第二次煮浆时加入不同的黑芝麻粉, 试验结果见表4。

由表4可知, 黑芝麻粉与豆粕中蛋白质有较好的融合性, 黑芝麻豆粕豆腐的成型性优于纯豆粕豆腐, 黑芝麻的加入, 不仅改善了豆粕豆腐的品质, 而且赋予其独特的风味和色泽, 黑芝麻中含有的黑色素、丰富的必需脂肪酸、维生素E等活性营养因子与豆粕互为补充, 进一步增加豆粕豆腐的营养保健功能。

4 结论

4.1 在豆粕豆腐中添加一定量增稠剂, 可以明显改善其品质, 其中尤以添加2.5%明胶为佳, 各项性能指标优于纯大豆豆腐。

4.2 由实验可知: 增稠剂对豆粕豆腐的助凝效应是有限的, 并非多多益善, 使用量不适宜反而会降低豆粕豆腐的凝胶强度。因此, 增稠剂的添加量应控制得当。不同增稠剂的适宜添加量不同, 对CMC-Na而言, 最佳添加量应控制在0.5%左右。

4.3 豆粕豆腐具有独特的焦糖香味和甜味, 成型性和适口性尚佳, 但因色泽较深, 在一定程度上影响其商品价值, 较难被消费者认可。若将其制成酱干、茶干类, 或添加与之色泽相适宜的蔬菜汁制成花色豆腐, 或加入黑芝麻粉等深色原料制成深色豆腐食品, 进一步增强豆腐的营养保健功能, 必将具有良好的发展前景。

表4 黑芝麻豆粕豆腐的品质评定

原料组合	色泽	口感	风味	质地	凝胶时间 (min)	凝胶强度 (g/cm ²)	脱水率 (%)
90g 豆粕 +10g 黑芝麻	深灰色	细嫩	浓芝麻香味和甜味	良好弹性和韧性	4.5	22.4	60.4
95g 豆粕+5g 黑芝麻	浅灰色	滑爽, 细嫩	淡芝麻香味和焦糖香味, 适口性好	良好弹性和韧性	4.6	22.3	61.8
对照 (100g 豆粕)	浅褐色	细嫩	焦糖香味和甜味	弹性韧性尚可	4.7	21.5	65.6

参考文献

- 1 刘志皋. 食品添加剂基础. 中国轻工业出版社, 1998, 174~189.
- 2 郝永德等. 豆制品生产工艺与深加工技术. 农业出版社, 1990, 13~25, 108~124.
- 3 赵齐川. 豆制品加工技艺. 金盾出版社, 1994, 19~30.
- 4 杨梅等. 提高内脂豆腐质量的探讨. 食品科学, 1997, 18 (2): 72~73.
- 5 姚敏等. 添加胡萝卜汁对豆腐凝固成型性的影响. 食品工业, 1994, 6: 45~47.
- 6 陈文麟译. 食品加工与储藏, 1987, 71~78, 151~153.