

永川豆豉发酵过程中质构色泽形成规律

索化夷^{1,2}, 赵欣³, 骞宇³, 王远微¹, 陈娟⁴, 李键⁴, 阚健全^{1,2*}

1(西南大学 食品科学学院, 重庆, 400715) 2(重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆, 400715)

3(重庆第二师范学院 生物与化学工程系, 重庆, 400067) 4(西南民族大学 青藏高原研究院, 四川 成都, 610041)

摘 要 永川豆豉采用传统发酵工艺发酵, 大豆经过发酵后其质构和色泽都发生了显著的变化。通过对传统发酵过程中大豆各发酵阶段色泽、纤维素酶活性、硬度、黏聚性、弹性、咀嚼性指标进行测定, 以及切片染色观察。并对色泽与氨基酸态氮关系进行回归分析。发现豆豉发酵过程中咀嚼性的变化趋势与豆豉硬度变化趋势一致。豆豉的黏聚性和弹性与浸泡、蒸煮等物理因素无关, 浸泡和蒸煮对其指标没有明显改变, 只有在进入后发酵阶段出现降低的趋势。豆豉发酵过程中色差变化, L^* (亮度) 变化明显, 在整个发酵过程中一直呈下降趋势, 豆豉在发酵过程中一直在向黑色转化。通过回归分析发现豆豉 L^* 变化与其氨基酸态氮含量呈负相关, 色差 L^* 能解释氨基酸态氮变量的 86.00%, 可以用 L^* 预测豆豉氨基酸态氮含量。

关键词 永川豆豉; 质构; 色泽; 形成规律

豆豉是我国西南地区的一种集营养与风味为一体的传统大豆发酵食品, 颇受人民群众的喜爱。豆豉中含有大豆多肽、大豆皂苷、大豆低聚糖、大豆异黄酮、褐色色素和溶栓酶等功能性物质。研究发现豆豉具有抗氧化^[1]、降血压^[2]、降血糖^[3]等多种保健功能。

大豆发酵食品除了具有丰富的营养和多种保健功能外, 其细腻的口感和特别的风味也一直是消费者选择购买的重要原因^[4-6]。经过发酵, 大豆发酵食品的质地和色泽都发生了显著的变化, 形成了大豆发酵食品独特的感官特征。

永川豆豉作为四大豆豉品系之一的毛霉型豆豉, 因其独特的生产工艺, 多样性菌群结构以及长达一年的发酵周期, 孕育出了独特的风味。永川豆豉以色泽晶莹、光滑黝黑、清香散粒、入口化渣回甜、豉香浓郁等特点著称。因其独特的质构和滋味特点而一直深受消费者喜欢。我国传统发酵调味品相关稍显滞后, 目前只有 HU^[7] 和 WANG^[8] 分别对纳豆和曲霉型豆豉发酵过程中的感官变化做过研究。永川豆豉目前也有对其品质形成规律的相关报道, 但它与细菌型豆豉——纳豆、曲霉型豆豉相比较, 研究还不够深入, 在其质构色泽形成规律的相关研究还鲜有报道。由于

永川豆豉品质特征缺乏科学化、标准化的评价指标, 导致不同生产企业的产品质量不统一, 不利于产品的整体推广。对传统发酵永川豆豉发酵过程中质构色泽形成规律的研究, 有利于评价其感官品质形成机制, 优化生产工艺进一步推进其产品生产的标准化。

本研究采用色差仪、质构仪以及组织切片技术, 分析了永川豆豉在传统发酵过程中各发酵阶段色泽、质地的动态变化, 总结规律, 将为永川豆豉感官品质的标准化, 生产工艺品质控制提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

永川豆豉生产工艺流程如下:

大豆筛选→浸泡→沥干→常压蒸料→冷却→自然发酵制曲→翻曲→拌和(食盐含量 13~14 g/100 g、白酒、醪糟)→入罐发酵后熟→成品

样本采集后, 检测酶活的样品立即检测, 其余样品封入自封袋-20℃冻存, S1~S16 分别代表了不同发酵时期的永川豆豉样品。详见表 1。

表 1 实验样品的编号

Table 1 Number of different experimental samples

代号	样品状态	代号	样品状态
S1	原料大豆(东北大豆)	S9	制曲第 10 天
S2	浸泡 4h 后大豆	S10	后发酵第 10 天
S3	蒸煮后大豆 制曲第 0 天	S11	后发酵第 25 天
S4	制曲第 2 天	S12	后发酵第 45 天
S5	制曲第 4 天	S13	后发酵第 75 天
S6	制曲第 5 天	S14	后发酵第 105 天
S7	制曲第 7 天	S15	后发酵第 165 天
S8	制曲第 9 天	S16	后发酵第 225 天

第一作者: 博士研究生, 讲师(阚健全教授为通讯作者, E-mail: ganjq1965@163.com)。

基金项目: 国家自然科学基金国际合作交流项目(31511140287); 重庆市社会民生科技创新专项(cstc2015shmszx80021); 中央高校基本业务费项目(XDJK2016A018)

收稿日期: 2016-02-05, 改回日期: 2016-03-15

1.2 试验试剂

氢氧化钠、3,5-二硝基水杨酸、羧甲基纤维素钠、乙酸钠、冰乙酸、硫代硫酸钠、硫酸钾、硼酸、甲醛、番红、固绿:成都市科龙化工试剂厂;中性树脂:上海标本试剂厂。

1.3 试验仪器与设备

物性测定仪 TA.XT2i,英国 stable micro system 公司;色差仪 UltraScan PRO,美国 HunterLab 公司;数显恒温水浴锅 HH-2,常州奥华仪器有限公司;台式高速冷冻离心机 H-2050R,长沙湘仪离心机仪器有限公司;分光光度计 JH-722,上海菁华科技仪器有限公司;全自动氨基酸分析仪 L-8800,日本日立公司。其他试验仪器设备为实验室常用设备。

1.4 实验方法

1.4.1 永川毛霉型豆豉发酵过程中质构变化的测定

取不同发酵阶段完整样品 15 粒,分别置于 TA.XT2i 质构仪上进行检测。采用质构参数为硬度、弹性、凝聚性及咀嚼性。测定条件的设置如下:

测定模式和选项:TPA,测定时探头速度 1.00 mm/s;测定前探头速度 2.00 mm/s,测定后探头速度 5.00 mm/s;探头 2 次测定时间间隔:5.00s 测定距离 20 mm;探头型号:P50,压缩率:60%;触发力:5.0 g,触发类型:自动。

1.4.2 永川毛霉型豆豉发酵过程中色差变化的测定

将豆豉不同发酵阶段的样品用研钵磨碎,混合均匀后,在比色皿中按压平整。对色差仪使用标准色板进行校正。将比色皿放置在色差仪上,设置用反射模式进行测定。在软件上读出样品的 L^* (亮度)、 a^* (红-绿色)、 b^* (黄-蓝色)值。为保证均匀,对每个样品的 5 个不同位置测定。

1.4.3 永川毛霉型豆豉发酵过程中纤维素酶活性的测定^[9]

将豆豉采样后及时置于冰浴上研磨粉碎,称取 2.00 g 样品,转入三角瓶中并加入 18 mL 纤维素酶缓冲液(0.1 mol/L,pH 5.5 的乙酸-乙酸钠),振荡均匀,30 ℃ 恒温摇床,120 r/min,1 h。将均液转入 50 mL 离心管,室温 4 000 r/min,20 min。上清液用缓冲液定容至 100 mL,备用。取样品纤维素酶液 1 mL 于比色管中,50 ℃ 预热。在样品酶液和空白对照的比色管中加入 50 ℃ 预热的羧甲基纤维素钠溶液 4 mL (0.63 g/100 mL),作用 5 min 后取出。在各比色管中加入 1 mL 2 mol/L 氢氧化钠溶液,2 mL 3,5-二硝基水杨酸溶液(6.50 g/L);同时在空白管中加入 1

mL 样品酶液。置于 100 ℃ 水浴锅中加热 2 min 进行还原反应显色,显色后冷却。冷却后的显色液用蒸馏水定容至 25 mL 后,于波长 540 nm 处用分光光度计测定吸光度,根据公式(1)计算酶活力:

$$\text{酶活力}/(\text{U} \cdot \text{g}^{-1}) = \frac{\text{葡萄糖量}}{5 \times E_w} \quad (1)$$

式中:5,保温时间(酶与底物作用时间,min);
 E_w ,1 mL 粗酶液的体积中所含豆豉样品的质量,g。

1.4.4 永川毛霉型豆豉样品组织切片制备

永川豆豉采用常规方法进行石蜡包埋后用切片机对豆豉横纵切面分别切片^[10-11],番红-固绿复染色法参考周俊彦^[12]和甫嘉^[13]的不脱蜡直接染色法方法,将粘有石蜡切片的载片不经脱蜡直接放入 1% 番红水溶液染 8 h 后,水洗。滤纸吸干水分,吹风机吹干后再放入 1% 固绿的 95% 酒精溶液中对染,然后依次转入无水乙醇、无水乙醇/二甲苯(1:1),最后放入二甲苯脱蜡、透明、封藏。在显微镜下对不同发酵阶段的永川豆豉样本横纵切面进行切片,分别在 100 × 和 400 × 的放大倍数下阅片、拍照。

1.4.5 数据分析

色差与氨基酸态氮回归分析采用 SPSS18.0 处理,双变量相关采用 Pearson 线性相关,双侧检验, $\alpha = 0.05$ 为检验水准, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 永川毛霉型豆豉发酵过程中质构变化的研究

本实验选取硬度、黏聚性、弹性及咀嚼性 4 个相关指标进行分析。从图 1 可以看出,大豆经过浸泡后硬度下降十分明显,从黄豆(S1)的 15 576.64 g 下降到浸泡(S2)过后的 1 268.74g,下降了 12.3 倍。经过浸泡和蒸煮后进入制曲阶段,这个阶段中由于微生物生长、水分蒸发,豆豉发生板结,硬度提高。硬度由蒸煮后的 1 174.17g 上升到制曲结束(S9)的 3 812.43 g,但随着拌料(食盐、白酒、醪糟)的拌和,水分含量提高,硬度又下降。进入后发酵阶段后豆豉的硬度成缓慢下降的趋势,由拌料后(S10)的 1 451.23 g 下降到豆豉成熟的 155.23 g。豆豉发酵过程中咀嚼性的变化趋势与豆豉硬度变化趋势一致。

豆豉的黏聚性和弹性与浸泡、蒸煮等物理因素无关,浸泡和蒸煮对其指标没有明显改变。只有在进入后发酵阶段出现降低的趋势,这与微生物分泌蛋白酶、糖化酶、纤维素酶等相关酶类长期作用的相关^[14]。

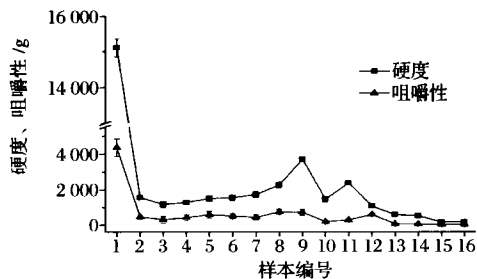


图1 豆豉发酵过程中硬度和咀嚼性的变化

Fig. 1 The hardness and chewiness change during the different fermentation stages

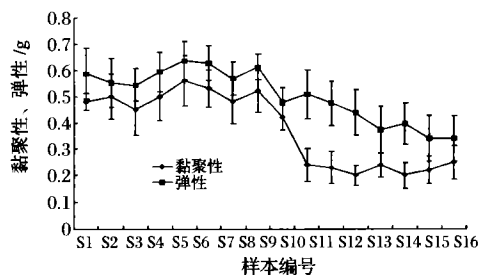


图2 豆豉发酵过程中弹性和黏聚性的变化

Fig. 2 The springiness and cohesiveness change during the different fermentation stages

2.2 永川毛霉型豆豉发酵过程中纤维素酶活性变化

豆豉发酵过程中纤维素酶活性高低决定了大豆纤维素的降解程度,大豆纤维素的降解会降低豆豉的硬度、弹性和咀嚼度等质构指标。在制曲阶段,永川豆豉中纤维素酶活性随着制曲的进行而逐渐升高。由发酵初期的 0.54 U/g 上升到制曲结束(S9)时的 1.37 U/g,远高于细菌性豆豉纤维素酶活^[15]。在进入后发酵阶段,经过拌料后纤维素酶的活性开始下降,这是由于拌料中食盐和酒精能抑制了大量微生物的生长,同时也抑制了酶的产生和酶的活性。纤维素酶活在豆豉成熟时仅为 0.03 U/g。这一规律与豆豉发酵过程的微生物总量先增加后降低的变化规律一致^[16]。

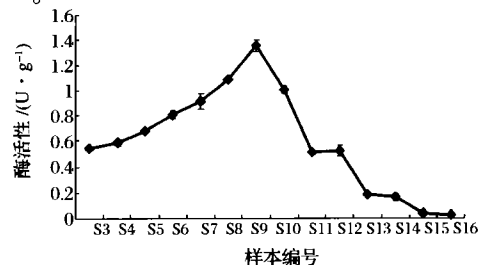


图3 豆豉发酵过程中纤维素酶活性的变化

Fig. 3 Change of cellulase activity in Douchi production during the different fermentation stages

2.3 永川毛霉型豆豉发酵过程中的色差变化

2.3.1 豆豉色差值变化

从图4可以看出,在永川豆豉发酵过程中变化最大是 L^* ,其数值增大代表向白色转变,数值变小向黑色转化。 L^* 在整个发酵过程中一直呈变小趋势,说明豆豉在发酵过程中一直在向黑色转化。豆豉的颜色变化源于美拉德反应产生的类黑精^[17],类黑精的产生与蛋白质降解生成游离氨基酸有关。这种非酶褐变的变化受到温度、多肽、还原糖、水分活度等多种因素的影响。

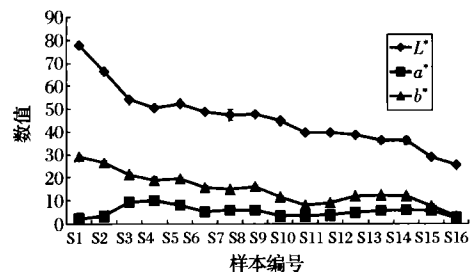


图4 豆豉发酵过程中色差的变化

Fig. 4 change of chromatic aberration in douchi production at different fermentation stages

b^* 值高代表偏黄, b^* 值小代表偏蓝。在豆豉发酵过程中 b^* 逐渐减小,也说明了豆豉颜色在不断加深。 a^* 与红绿有关,与豆豉颜色相关不大,所以在发酵过程中变化平缓。

2.3.2 色差与氨基酸态氮相关性分析

黑色的形成是豆豉成熟的标志,这源于美拉德反应的发生。氨基酸态氮的含量是豆豉品质评价的一个重要指标。蛋白质的水解程度决定了氨基酸态氮的生成和美拉德反应的进行,所以豆豉颜色变化与氨基酸态氮的含量之间有一定相关性。

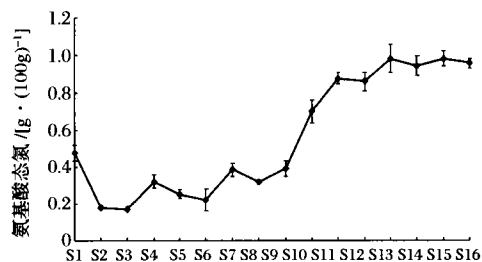
图5 豆豉加工过程中氨基酸态氮含量的变化^[14]

Fig. 5 Change of amino-type nitrogen in Douchi production at different fermentation stages

根据该批样本已发表论文中氨基酸态氮测定结果见图5,对 L^* 、 a^* 、 b^2 变化与氨基酸态氮含量变化

进行 pearson 相关性分析。由表 2 可见,氨基酸态氮与 L^* 、 a^* 、 b^* 具呈负相关($P < 0.05$),相关系数分别为 -0.927 、 -0.548 和 -0.807 。

表 2 氨基酸态氮与色差的 pearson 相关性
Table 2 Pearson relevance of amino-type nitrogen and color change

氨基酸态氮	r	P
L^*	-0.927	<0.001
a^*	-0.548	0.043
b^*	-0.807	<0.001

表 3 回归方程检验
Table 3 Test of regression equation

氨基酸态氮	R	R^2	Adj R^2	F	P
L^*	0.927	0.860	0.848	73.464	<0.001
a^*	0.548	0.300	0.242	5.142	0.043
b^*	0.807	0.652	0.623	22.465	<0.001

以氨基酸态氮为因变量,色差 L^* 、 a^* 、 b^* 为自变量分别进行回归分析,回归方程 L^* 、 a^* 、 b^* 有统计学意义($P < 0.05$),且色差 L^* 能解释氨基酸态氮变量的 86.00%; 色差 a^* 能解释氨基酸态氮的 30.00%; 色差 b^* 能解释氨基酸态氮的 65.20%。

如图 6 所示,色差 L^* 与氨基酸态氮的回归方程为 $Y(\text{氨基酸态氮}) = 2.079 - 0.035L^*$,永川豆豉 L^* 值与其氨基酸态氮含量有密切关系,可以测量豆豉 L^* 值并通过回归方程来预测豆豉中氨基酸态氮的含量。

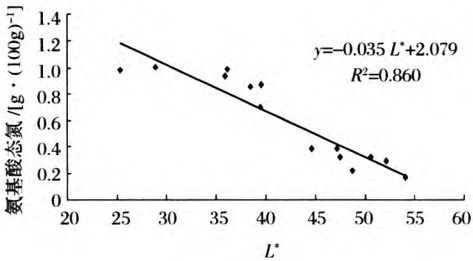


图 6 氨基酸态氮与色差 L^* 回归关系
Fig. 6 Regression relation of amino-type nitrogen and L^*

2.4 永川毛霉型豆豉石蜡切片染色结果

在 400 倍显微镜下黄豆横、纵切面细胞排列十分整齐紧密,而成熟豆豉的横、纵切面 400 倍显微镜下结构松散有较大空隙(图 7)。成品豆豉的细胞壁崩解严重,而黄豆细胞壁则比较完整致密。说明成品豆豉中的细胞结构在蛋白酶和纤维素酶等的共同作用下其组织结构发生了显著的变化,由完整致密的组织

状态发展到松散破裂的组织状态,形成了永川豆豉入口化渣的质构特点。

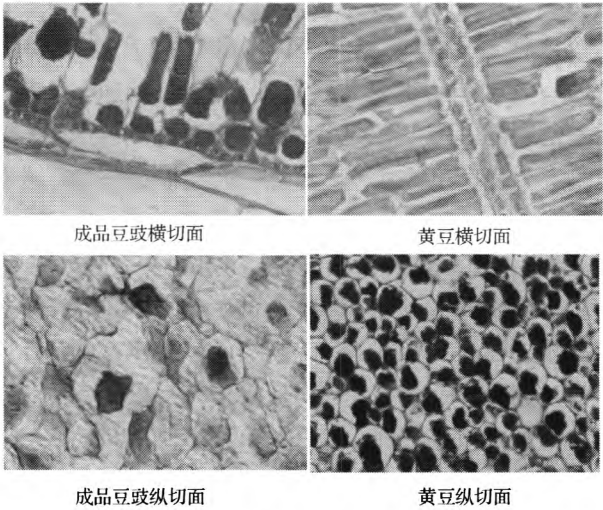


图 7 黄豆与永川豆豉组织切片图(400 ×)
Fig.7 Tissue section of soybean and Yongchuan Douchi (400 ×)

3 讨论

通过对永川毛霉型豆豉传统发酵过程中硬度变化规律的检测分析发现,其入口化渣的质构特征主要由两方面因素决定。一方面,在制曲阶段大豆经浸泡和蒸煮后硬度由 15 576.64 g 下降到蒸煮后的 1 174.17 g,浸泡和蒸煮可以提高大豆含水量,松散大豆组织结构,这是制曲阶段大豆硬度迅速降低的直接原因。浸泡蒸煮对大豆质构的改变不仅仅在于硬度的降低,这种较松散的组织结构对于后期蛋白酶、纤维素酶等更好的发挥作用也是至关重要的。在纳豆生产过程中浸泡蒸煮等工艺的研究中,MAESTRI^[18]、GEATER^[19] 等在对纳豆的研究中发现,黄豆的含水量、浸泡吸水率、蒸煮损失、蒸煮硬度等物理特性与成品纳豆蛋白质、脂肪、纤维素、总糖、还原糖、寡糖等化学成分含量之间不仅存在明显的相关关系,而且直接影响纳豆产品的理化特征和感官质量。另一方面,永川毛霉型豆豉在后发酵阶段硬度由拌料时的 1 451.23 g 下降到成品豆豉的 155.23 g。在后发酵阶段,永川豆豉蛋白酶、糖化酶、脂肪酶、纤维素酶等酶的活性在高渗透压环境中虽然下降很快但保持了一定的活性^[14,20]。由于后发酵时间多于 200 d,豆豉在低酶活长时间的共同作用下,其蛋白质、多糖、脂肪、纤维素等成分降解,丧失了他们共同构成的网络组织结构,使豆豉硬度下降。后发酵过程中蛋白酶等相关酶的酶活是影响豆豉质构的主要因素。食盐是

影响酶活力的重要原因,WANG^[7]和 HAN^[21]的研究表明当食盐含量低时,发酵过程中酶活性较高,豆豉和腐乳的硬度比高食盐含量时低。永川毛霉型豆豉黝黑色泽的形成来源于 Maillard 反应产生的类黑精^[7]。这种非酶褐变受到温度、氨基酸、还原糖多种因素的影响。在制曲过程中,由于微生物生长,其糖化酶和蛋白酶活性很高,生成还原糖和氨基酸的速度较快^[14,22], L^* 值降低速度快。后发酵阶段,由于水分活度低,各种酶活性受到抑制,还原糖和氨基酸生成速度的降低限制了 Maillard 反应的进行,类黑精生成速度慢。在后发酵阶段 L^* 值降低速度虽然慢,但后发酵时间长,所以颜色变化较大,形成了永川毛霉型豆豉黝黑诱人的色泽。

4 结论

(1)豆豉发酵过程中咀嚼性的变化趋势与豆豉硬度变化趋势一致。豆豉的黏聚性和弹性与浸泡、蒸煮等物理因素无关,浸泡和蒸煮对其指标没有明显改变。只有在进入后发酵阶段出现降低的趋势。在后发酵阶段,豆豉在蛋白酶、糖化酶、脂肪酶、纤维素酶等的共同作用下,其蛋白质、多糖、脂肪、纤维素等成分降解,丧失了它们共同构成的网络组织结构,使豆豉硬度下降。

(2)豆豉发酵过程中色差变化, L^* 变化明显,在整个发酵过程中一直呈下降趋势,说明豆豉在发酵过程中一直在向黑色转化。通过回归分析发现豆豉 L^* 变化与其氨基酸态氮含量呈负相关,色差 L^* 能解释氨基酸态氮变量的 86.00%,可以用 L^* 预测豆豉氨基酸态氮含量,进而评价豆豉是否成熟。

参 考 文 献

- [1] WANG Dong, WANG Li-jun, ZHU Feng-xu, et al. *In Vitro* and *in Vivo* studies on the antioxidant activities of the aqueous extracts of douchi (a traditional Chinese salt-fermented soybean food) [J]. *Food Chemistry*, 2008, 107(4): 1 421 - 1 428.
- [2] LI Feng-juan, YIN Li-jun, LU Xin, et al. Changes In angiotensin I-converting enzyme inhibitory activities during the ripening of douchi (a chinese traditional soybean product) fermented by various starter cultures [J]. *International Journal of Food Properties*, 2010, 13(3): 512 - 524.
- [3] CHEN Jing, CHENG Yong - qiang, YAMAKI K, et al. Anti- α -glucosidase activity of chinese traditionally fermented soybean (Douchi) [J]. *Food Chemistry*, 2007, 103(4): 1 091 - 1 096.
- [4] WSZELAKI A L, DELWICHE J F, WALKER S D, et al. Consumer liking and descriptive analysis of six varieties of organically grown edamame-type soybean [J]. *Food Quality and Preference*, 2005, 16(8): 651 - 658.
- [5] WESTENHOEFER J, PUDEL V. Pleasure from food: importance for food choice and consequences of deliberate restriction [J]. *Appetite*, 1993, 20(3): 246 - 249.
- [6] GLANZ K, BASIL M, MAIBACH E, et al. Why americans eat what they do: taste, nutrition, cost, convenience, and weight control concerns as influences on food consumption [J]. *Journal of the American Dietetic Association*, 1998, 98(10): 1 118 - 1 126.
- [7] HU Yong-jin, Ge Chang-rong, WEI Yuan, et al. Characterization of fermented black soybean natto inoculated with *Bacillus natto* during fermentation [J]. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 2010, 90(7): 1 194 - 1 202.
- [8] WANG Li-jun, CHENG Yong-qiang, YIN Li-jun, et al. Changes during processing and sodium chloride supplementation on the physical and chemical properties of Douchi [J]. *International Journal of Food Properties*, 2010, 13(1): 131 - 141.
- [9] 姜锡瑞,段钢. 新编酶制剂实用技术手册 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002: 412 - 418.
- [10] 林加涵,魏文玲,彭宣宪. 现代生物学实验(上册) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 87.
- [11] 潘叶,冯永庆,马焕普. 一种适用于植物组织的快速石蜡切片法 [J]. *中国农学通报*, 2008(3): 112 - 115.
- [12] 周俊彦,陈永喆,丁卫建. 植物组织石蜡切片不脱蜡染色 [J]. *山东大学学报(自然科学版)*, 1981(3): 124 - 132.
- [13] 甫嘉. 石蜡包埋植物材料在去除石蜡之前的番红-快绿染色法 [J]. *生物学杂志*, 1995, 66(4): 32.
- [14] 索化夷,卢露,吴佳敏,等. 永川豆豉在传统发酵过程中基本成分及蛋白酶活性变化 [J]. *食品科学*, 2011, 32(1): 177 - 180.
- [15] 钱家亮. 豆豉天然制曲过程动态的研究 [D]. 青岛: 山东轻工业学院, 2008: 56 - 72.
- [16] 索化夷,赵欣,蹇宇,等. 永川毛霉型豆豉在发酵过程中微生物总量与区系变化规律 [J]. *食品科学*, 2015, 36(19): 124 - 131.
- [17] 阙建全. 豆豉非透析类黑精抗氧化和抑制亚硝胺合成的研究 [J]. *营养学报*, 1999, 21(3): 349 - 351.
- [18] MAESTRI D M, LABUCKAS D O, MERILES J M, et al. Seed composition of soybean cultivars evaluated in different environmental regions [J]. *Journal of the Science of*

- Food and Agriculture, 1998, 77(4): 494 – 498.
- [19] COBER E R F J. Genotype and environmental effects on natto soybean quality traits [J]. Crop Science, 1997, 37(4): 1 151 – 1 154.
- [20] 索化夷, 蹇宇, 阚建全. 传统发酵永川毛霉型豆豉蛋白质提取方法比较与降解规律研究[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 180 – 183.
- [21] HAN Bei-zhong, WANG Jia-hua, ROMBOUTS F M, et al. Effect of NaCl on textural changes and protein and lipid degradation during the ripening stage of Sufu, a Chinese fermented soybean food [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003, 83(9): 899 – 904.
- [22] 索化夷, 赵欣, 蹇宇, 等. 永川豆豉发酵过程中总糖和氨基酸变化与滋味的形成[J]. 食品科学, 2015, 36(21): 100 – 104.

Texture and color formation of Yongchuan Douchi during fermentation process

SUO Hua-yi^{1,2}, ZHAO Xin³, QIAN Yu³,
WANG Yuan-wei¹, CHEN Juan⁴, LI Jian⁴, KAN Jian-quan^{1,2*}

1 (College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

2 (Chongqing Engineering Research Center of Regional Food, Chongqing 400715, China)

3 (Department of Biological and Chemical Engineering, Chongqing University of Education, Chongqing 400067, China)

4 (Institute of Qinghai-Tibetan Plateau, Southwest University for Nationalities, Chengdu 610041, China)

ABSTRACT Yongchuan Douchi was fermented by the traditional fermentation technology. The texture and color of soybean changed significantly after fermentation. The color and lustre, cellulase activity, hardness, cohesiveness, elasticity and chewiness of soybeans in various fermentation periods were measured. The observation of section staining was also observed. And the relationship between tinge and amino acid nitrogen was measured using regression analysis. Results showed that the variation tendency of Douchi chewiness in fermentation process was consistent with that of Douchi hardness. The cohesiveness and elasticity of Douchi were not depended on the physical factors of soaking, cooking and so on, which could not obviously changed the indexes of cohesiveness and elasticity of Douchi, these indexes only reduced in the post fermentation period. The color and L^* (brightness) significantly decreased during the fermentation period. Douchi always became to black during the fermentation. The L^* variation of Douchi was negatively correlated with the amino acid nitrogen by the regression analysis. Since chromatic aberration L^* could explain 86.00% of variable amino acid nitrogen, L^* could be used to predict the content of amino acid nitrogen of Douchi.

Key words Yongchuan Douchi; texture; color; formation regular