

# 东北酸菜不同发酵时间有机酸变化及其对产品酸感的影响

马艺荧,孙波\*,张宇,郝宇,解双瑜,李天一,刘东傲

(东北农业大学 食品学院,黑龙江 哈尔滨,150030)

**摘 要** 采用高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)和暂时性感官支配分析法(temporal dominance of sensations, TDS)研究东北酸菜有机酸变化及其对产品酸感的影响。HPLC 检测结果表明:在 0~120 d 发酵过程中能检测到 9 种有机酸,其中乳酸、柠檬酸、乙酸、草酸、苹果酸、琥珀酸及酒石酸含量随发酵时间的增加而增加,发酵 120 d 时还检测到了丙酸和戊酸;TDS 评价结果表明,发酵 90 d 样品相比其它发酵时间样品酸感更加柔和适中,说明其各种有机酸含量及比例适宜。因此,90 d 为东北酸菜最适发酵期;相关性分析表明乳酸在东北酸菜酸感形成中起主导作用,柠檬酸、乙酸、草酸、苹果酸、琥珀酸及酒石酸则起到辅助作用。这些有机酸含量及比例合适时对东北酸菜柔和酸感起到促进作用;含量及比例不合适时会破坏柔和酸感。丙酸和戊酸的存在则会导致尖酸酸感。

**关键词** 东北酸菜;有机酸;暂时性感官支配分析法(temporal dominance of sensations, TDS);酸感

东北酸菜以白菜为原料,利用乳酸菌发酵而成,是中国东北地区传统发酵食品之一,因其口感脆嫩以及营养丰富等特点深受人们的喜爱<sup>[1]</sup>。近年来,东北酸菜从传统手工作坊发展到利用大型发酵设备并采用直投乳酸菌规模化生产<sup>[2-3]</sup>。无论采用何种发酵方式,其发酵过程中都会产生除乳酸外多种有机酸<sup>[4]</sup>,这些有机酸具有不同的酸味特征,共同形成了东北酸菜独特的酸感<sup>[5]</sup>。然而不同有机酸的组成与含量直接导致产品酸感的差异,并最终决定产品的口感及商品价值<sup>[6]</sup>。目前应用于东北酸菜的感官评价方法一般为定量描述分析、评分法<sup>[7-9]</sup>和模糊综合评价法<sup>[10-11]</sup>,这些方法主要是通过色泽、气味、酸度、脆度等方面对其进行评价,不能描述这些有机酸种类组成与含量比例不同导致产品酸感的微小差异。暂时性感官支配分析法(temporal dominance of sensations, TDS)的特点是能够细致描述食品在品尝过程中每种感官属性随时间的变化过程<sup>[12]</sup>。NG 等<sup>[13]</sup>通过 TDS 等方法探讨 11 种黑醋栗南瓜样品成分对其味觉和风味感知的影响;MEILLON 等<sup>[14]</sup>利用 TDS 描述不同脱醇葡萄酒口感的细微差异;此外 TDS 在乳制品、肉制品等产品的感官评价中也有许多应用<sup>[15-16]</sup>,而在东北酸菜中的应用尚未有人报道。

本研究主要研究东北酸菜不同发酵时间有机酸

种类组成及含量比例变化规律并结合 TDS 对其酸感进行感官评价,旨在阐明有机酸种类组成及含量比例与酸感的相关性,为工业化生产东北酸菜并优化发酵工艺提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

用于发酵的新鲜白菜由中国黑龙江省农垦北安管理局红星农场当地农民种植;植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)由东北农业大学食品学院保藏;乳酸、柠檬酸、乙酸、草酸、苹果酸、琥珀酸、酒石酸、丙酸、戊酸:色谱纯,天津市光复精细化工研究所;磷酸、甲醇:色谱纯,天津市科密欧化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

高效液相色谱仪(Waters Alliance 2695),美国沃特世公司;高速离心机(Sigma 3-18K),德国 Sigma 公司。

### 1.3 东北酸菜发酵生产工艺流程

白菜→挑选→入罐接种、加盐水→密封→发酵→开罐取菜

工艺操作要点:将白菜原料进行挑选后通过输送带移入 100 t 发酵罐内,接种乳酸菌并打入盐水后进行发酵。发酵控制条件:20 ℃、120 d。上述生产过程在北大荒亲民有机食品有限公司完成。

### 1.4 样品采集

在发酵过程中每隔 30 d,即在发酵 0、30、60、90、120 d 时从发酵罐中收集样品。值得注意的是,由于

第一作者:硕士研究生(孙波副教授为通讯作者,E-mail: bosun1962@163.com)。

收稿日期:2018-09-14,改回日期:2018-11-16

发酵罐体积过大,发酵罐不同位置发酵程度有差异,为保证每次取样的一致性,建议在发酵罐同一部位取样。

## 1.5 有机酸的测定

### 1.5.1 样品前处理

东北酸菜样品收集后打浆挤汁,然后 10 000 r/min 离心 20 min,保留上层清液过 0.45  $\mu\text{m}$  水系滤膜后置于 -4  $^{\circ}\text{C}$  条件下待测。

### 1.5.2 色谱条件

色谱柱:Agilent C<sub>18</sub> (5  $\mu\text{m}$ , 250 mm  $\times$  4.6 mm); 流动相:V(体积分数为 0.1% 的磷酸溶液):V(甲醇) = 97.5:2.5;紫外检测波长:210 nm;进样量:20  $\mu\text{L}$ ;流速:1.0 mL/min;柱温:40  $^{\circ}\text{C}$ 。

## 1.6 感官评价

### 1.6.1 评价员培训

按照 GB/T 16291.1—2012《感官分析选拔、培训与管理评价员一般导则》<sup>[17]</sup> 建立感官评价小组,由 20 名具有感官评价经验的评价员(10 名男性,10 名女性)组成。评价员的培训参考 CHARLES<sup>[18]</sup> 和 DINNELLA<sup>[19]</sup> 等的方法,让评价员了解 TDS 的评价过程并对优势酸感的选择进行培训。

### 1.6.2 TDS 评价过程

TDS 的评价过程参考 DINNELLA 等<sup>[20]</sup> 的方法,首先为评价员随机提供发酵 0、30、60、90、120 d 的东北酸菜样品,每份样品需进行 3 次重复实验。当指示小组成员开始进行评价时,评价员将样品(约 10 g)放入口中,开始计时,在品尝 90 s 时计时结束。计时期间要求感官评价人员选择最优势的酸感并记录出现时间。酸感描述词分别为寡淡、柔和及尖酸。寡淡是指酸感较淡薄,不刺激;柔和是指各种酸感相互协调适中;尖酸是指酸感强烈、刺激。

### 1.6.3 TDS 曲线的绘制

TDS 数据的处理方法参考 PINEAU<sup>[21]</sup>、MONACO<sup>[22]</sup>、GONÇALVES<sup>[23]</sup> 和马旭艺等<sup>[24]</sup> 的方法,分别计算每个属性在每个时间点的优势率,即每个时间点选择该属性为最优势感官的评价员人数与总评价员人数之比,如公式(1)所示<sup>[21]</sup>:

$$\text{优势率}/\% = \frac{\text{某一时刻选择某一酸感为优势酸感属性的感官评价员人数}}{\text{感官评价员总人数}} \times 100 \quad (1)$$

随后以时间为横坐标,酸感的优势率为纵坐标绘制出平滑的 TDS 曲线,并在图中加入 2 条线,1 条为

“偶然水平”线,曲线在该水平线以上表示某一酸感属性可以被偶然感知,曲线在该水平线以下表示某一酸感属性非优势感官属性。其值为  $P_0$ ,计算公式见式(2)<sup>[22]</sup>。另 1 条直线为“显著水平”线,曲线在该水平线以上表示该属性的优势率显著高于其他属性,其值为  $P_s$ ,计算公式见式(3)<sup>[23]</sup>。

$$P_0/\% = \frac{1}{P} \times 100 \quad (2)$$

$$P_s/\% = \left( P_0 + 1.645 \sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{n}} \right) \times 100 \quad (3)$$

式中: $P$  表示感官属性的数量; $P_s$  表示  $\alpha = 0.05$  时 TDS 曲线任意时间点的最小显著  $P$  值; $n$  表示实验次数,即实验人员  $\times$  重复次数。

## 1.7 数据处理

采用 SPSS 21.0 数据处理软件进行有机酸数据处理及相关性分析,有机酸结果用平均值  $\pm$  标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同发酵时间东北酸菜有机酸的变化

由表 1 可知,东北酸菜在发酵 120 d 过程中,能够检测到乳酸、柠檬酸、乙酸、草酸、苹果酸、琥珀酸、酒石酸、丙酸及戊酸 9 种有机酸。发酵初始时只检测到柠檬酸、草酸、琥珀酸这 3 种有机酸,随着发酵时间的延长,这 3 种有机酸的含量也在增加。120 d 达到最大,这表明白菜原料本身就含有一定量的有机酸,随着发酵的进行乳酸菌和其他微生物进一步代谢产生这 3 种有机酸,导致其含量逐渐增加;发酵 30 d 时,除上述 3 种有机酸外还检测到乳酸、乙酸、苹果酸、酒石酸,这些有机酸含量也随着发酵时间的延长而增加,其中乳酸含量增加幅度最大,这表明在采用直投乳酸菌剂进行发酵过程中,植物乳杆菌为优势发酵菌群且产乳酸能力高<sup>[25]</sup>,因此乳酸为其主要代谢产物;其次为乙酸,这可能是由原料白菜中附着的天然醋酸菌或其他微生物产生<sup>[26]</sup>;苹果酸、酒石酸增加幅度较小,这可能是由于乳酸菌一直为发酵优势菌群,在发酵过程中产生大量乳酸,环境酸度升高抑制了相应的产酸微生物活动导致,因此它们对应产生的苹果酸、酒石酸含量也较低;发酵 120 d 时,检测到少量丙酸、戊酸,这可能是由于此时乳酸菌的活力逐渐降低,发酵环境中代谢产生丙酸、戊酸的微生物逐渐活跃。

表 1 不同发酵时间东北酸菜有机酸的变化

单位:g/kg

Table 1 Changes in organic acids of Northeast sauerkraut at different fermentation time

有机酸种类	发酵时间/d				
	0	30	60	90	120
乳酸	—	0.703 ± 0.151 <sup>a</sup>	2.168 ± 0.172 <sup>b</sup>	7.456 ± 0.216 <sup>c</sup>	15.254 ± 0.111 <sup>d</sup>
柠檬酸	0.060 ± 0.010 <sup>a</sup>	0.217 ± 0.021 <sup>ab</sup>	0.327 ± 0.021 <sup>b</sup>	2.183 ± 0.115 <sup>c</sup>	4.171 ± 0.135 <sup>d</sup>
乙酸	—	0.067 ± 0.011 <sup>a</sup>	0.174 ± 0.036 <sup>a</sup>	0.784 ± 0.051 <sup>b</sup>	2.625 ± 0.405 <sup>c</sup>
草酸	0.410 ± 0.026 <sup>a</sup>	0.427 ± 0.015 <sup>a</sup>	0.677 ± 0.031 <sup>b</sup>	0.758 ± 0.031 <sup>c</sup>	0.830 ± 0.010 <sup>d</sup>
苹果酸	—	0.336 ± 0.036 <sup>a</sup>	0.495 ± 0.008 <sup>b</sup>	0.525 ± 0.009 <sup>b</sup> <sup>c</sup>	0.570 ± 0.022 <sup>c</sup>
琥珀酸	0.018 ± 0.011 <sup>a</sup>	0.029 ± 0.007 <sup>ab</sup>	0.077 ± 0.005 <sup>b</sup>	0.224 ± 0.037 <sup>c</sup>	0.363 ± 0.031 <sup>d</sup>
酒石酸	—	0.013 ± 0.009 <sup>a</sup>	0.033 ± 0.004 <sup>b</sup>	0.068 ± 0.005 <sup>c</sup>	0.148 ± 0.005 <sup>d</sup>
丙酸	—	—	—	—	0.910 ± 0.082 <sup>a</sup>
戊酸	—	—	—	—	2.101 ± 0.076 <sup>a</sup>
总有机酸	0.488 ± 0.027 <sup>a</sup>	1.792 ± 0.151 <sup>b</sup>	3.951 ± 0.243 <sup>c</sup>	11.999 ± 0.588 <sup>d</sup>	26.972 ± 0.588 <sup>c</sup>

注：“—”表示未检出；同行不同小写字母表示差异显著（*P* < 0.05）。

由表 2 可知,在发酵 120 d 过程中,东北酸菜中各种有机酸的比例发生明显变化。其中乳酸占总有机酸的比例先增加后减小,在发酵 90 d 时达到最高,为 62.14%,发酵 120 d 则下降至 56.56%。这可能是由于发酵 90 d 时已积累的高浓度乳酸反而开始抑制乳酸菌代谢,同时相应的其他产酸微生物开始活跃;此外,乙酸占总有机酸比例逐渐增加,在发酵 120 d 时达到最高,为 9.73%,这可能是由于一些更耐酸的产乙酸微生物可在发酵 120 d 内持续产生乙酸的原因;再有草酸、苹果酸、琥珀酸、酒石酸占总有机酸的比例逐渐减小,这是因为这些有机酸含量随发酵时间的延长增加幅度较小,而其他有机酸含量随发酵时间的延长增加幅度较大,因而导致其占总有机酸比例逐渐减小;柠檬酸占有有机酸的比例先减小后增加,在发酵 60 d 时最小。这可能是由于在 0~60 d 内产柠檬酸的微生物受到抑制,柠檬酸含量增加幅度较小;在 60~120 d 内其逐渐活跃,柠檬酸开始大量增加。

表 2 不同发酵阶段东北酸菜各有机酸占总有机酸比例  
单位: %

Table 2 Changes in the ratio of each organic acid to total organic acids at different fermentation time of sauerkraut in Northeast China

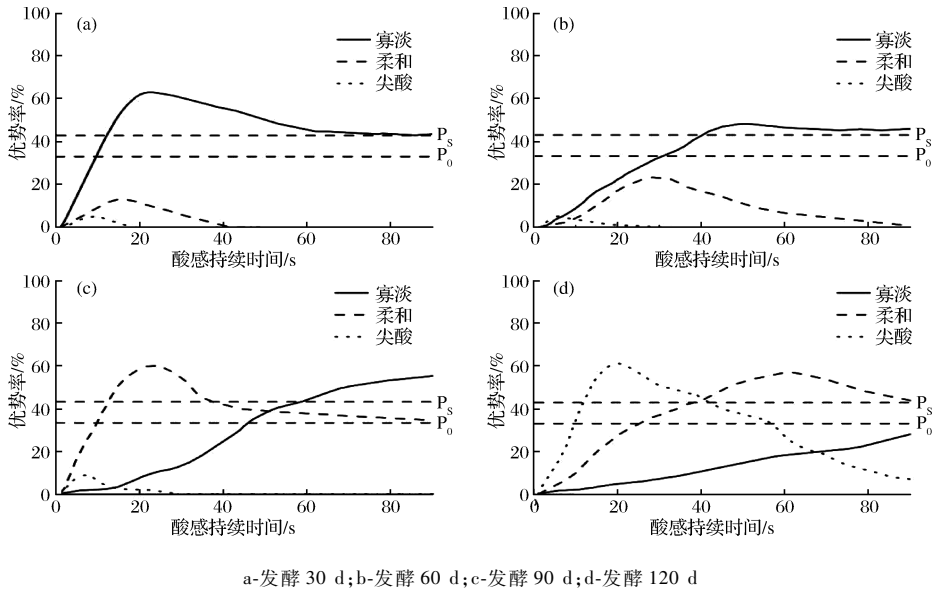
有机酸种类	发酵时间/d				
	0	30	60	90	120
乳酸	—	39.26	54.87	62.14	56.56
柠檬酸	12.29	12.09	8.27	15.46	15.46
乙酸	—	3.72	4.41	6.54	9.73
草酸	83.96	23.81	17.13	6.32	3.08
苹果酸	—	18.77	12.54	4.37	2.11
琥珀酸	3.75	1.62	1.94	1.87	1.34
酒石酸	—	0.73	0.84	0.57	0.55
丙酸	—	—	—	—	3.37
戊酸	—	—	—	—	7.79

2.2 不同发酵时间东北酸菜酸感的 TDS 评价

由图 1-a 可知,发酵 30 d 样品的唯一优势酸感为寡淡,其最高优势率在第 22 s 出现,为 63%,寡淡作为优势酸感的持续时间为 73 s;柔和和尖酸 2 种酸感不显著。这是由于在发酵 30 d 时乳酸菌活力较低,产乳酸量低,其他各种有机酸的含量也较低导致酸感强度低。因此,发酵 30 d 样品的优势酸感为寡淡。由图 1-b 可知,发酵 60 d 样品的唯一优势酸感为寡淡,其最高优势率在第 52 s 出现,为 48.5%,寡淡作为优势酸感的持续时间为 50 s;柔和和尖酸 2 种酸感不显著。但与发酵 30 d 样品相比,发酵 60 d 样品寡淡的最高优势率较低、出现时间较晚、持续时间短,且此时产品柔和酸感的优势率有所升高,这是由于在发酵 60 d 相比于发酵 30 d 乳酸菌活力有所提高,其代谢产生有机酸的含量有所增加,尤其是乳酸含量增加较多,使得柔和酸感增加,但总有机酸含量较低,此时酸感仍表现为寡淡。由图 1-c 可知,发酵 90 d 样品优势酸感为柔和,咀嚼后期变为寡淡。柔和的最高优势率在第 24 s 出现,为 60.3%,其作为优势酸感的持续时间为 26 s,这是由于在发酵 90 d 时乳酸比例最高,达到 62.14%,其酸味柔和且有后酸味<sup>[27]</sup>,并在呈酸中起到主导作用。而其他有机酸则起到辅助作用,如柠檬酸酸味爽快、苹果酸酸味温和、琥珀酸有鲜味<sup>[28-29]</sup>,赋予产品柔和酸感;寡淡的最高优势率在第 90 s 出现,为 55.4%,其作为优势酸感的持续时间为 33 s,这是由于随着品尝时间增加酸感逐渐减弱导致的,并不是由于有机酸比例组成。由图 1-d 可知,发酵 120 d 样品主要优势酸感为尖酸,其次为柔和,2 者随咀嚼时间顺序出现。尖酸的最高优势率在第 21 s 出现,为 61.5%,其作为优势酸感的持续时间为 30 s,这是由于乙酸酸味

刺激<sup>[30]</sup>,且含量及比例较高,再加上丙酸和戊酸的产生,丙酸本身也具有典型的乙酸味道<sup>[31]</sup>,使得尖酸感更加突出;柔和的最高优势率在第 62 s 出现,为 57.2%,其作为优势酸感的持续时间为 52 s,这是由于

随着品尝时间的延长,强烈的尖酸感逐渐减弱;柔和和寡淡的优势率随咀嚼时间逐渐升高,但并不显著,这可能是由于虽然随着咀嚼时间的延长尖酸酸感逐渐减弱,但在咀嚼期间还未完全消失。



a-发酵 30 d;b-发酵 60 d;c-发酵 90 d;d-发酵 120 d  
图 1 不同发酵时间东北酸菜样品 TDS 曲线

Fig. 1 TDS curves of Northeast sauerkraut samples at different fermentation time

从上述实验结果看,东北酸菜发酵 90 d 与发酵 30、60、120 d 相比,不仅各有机酸含量以及比例组成比较合适,而且酸感柔和适中。

2.3 东北酸菜有机酸与酸感的相关性

由表 3 可知,寡淡与乳酸、柠檬酸、乙酸、草酸、苹果酸、琥珀酸、酒石酸呈极显著负相关性( $P < 0.01$ ),与丙酸、戊酸无相关性( $P > 0.05$ );柔和与乳酸、柠檬酸、草酸、苹果酸、琥珀酸、酒石酸呈极显著相关性

( $P < 0.01$ ),与乙酸呈显著相关性( $P < 0.05$ ),与丙酸和戊酸无相关性( $P > 0.05$ );尖酸与乳酸、柠檬酸、乙酸、琥珀酸、酒石酸、丙酸、戊酸呈极显著相关性( $P < 0.01$ ),与草酸、苹果酸呈显著相关性( $P < 0.05$ )。综上所述,乳酸、柠檬酸、乙酸、草酸、苹果酸、琥珀酸及酒石酸含量对东北酸菜柔和酸感有促进作用,但含量过高容易导致产品产生尖酸酸感,丙酸与戊酸的存在会导致东北酸菜产生尖酸酸感。

表 3 东北酸菜不同发酵时间的有机酸与酸感的相关性分析

酸感	乳酸	柠檬酸	乙酸	草酸	苹果酸	琥珀酸	酒石酸	丙酸	戊酸
寡淡	-0.868**	-0.821**	-0.896**	-0.778**	-0.773**	-0.819**	-0.915**	-0.648	-0.580
柔和	0.807**	0.829**	0.678*	0.857**	0.809**	0.865**	0.760**	-0.762	-0.236
尖酸	0.923**	0.903**	0.966**	0.627*	0.599*	0.857**	0.941**	0.998**	0.815**

注:“\*”表示在 0.01 水平上显著相关;“\*”表示在 0.05 水平上显著相关。

3 结论

本研究发现东北酸菜发酵过程中主要产生有机酸为乳酸,但同时也能产生柠檬酸、乙酸、草酸、苹果酸、琥珀酸、酒石酸、丙酸、戊酸 8 种有机酸,这些有机酸共同形成了东北酸菜特有的酸感。不同发酵时间各有机酸的种类组成与含量比例不同,直接导致产品

酸感不同。发酵 90 d 的样品经 HPLC 检测,总有机酸含量为 11.999 g/kg;乳酸、柠檬酸、乙酸、草酸、苹果酸、琥珀酸、酒石酸含量分别为 7.456 g/kg、2.183 g/kg、0.784 g/kg、0.758 g/kg、0.525 g/kg、0.224 g/kg、0.068 g/kg;相应的所占比例分别为 62.14%、15.46%、6.54%、6.32%、4.37%、1.87%、0.57%,丙酸和戊酸未检出;通过 TDS 评价表明相比于其他发

酵时间的样品,发酵 90 d 时各有机酸含量及比例比较合适,而且酸感柔和适中,因此 90 d 为东北酸菜最适发酵期。乳酸在东北酸菜酸感形成中起到主导作用,柠檬酸、乙酸、草酸、苹果酸、琥珀酸及酒石酸则起到辅助作用。同时通过相关性分析表明这些有机酸含量及比例合适时对东北酸菜柔和酸感起到促进作用,但含量及比例不合适时会破坏柔和酸感;丙酸和戊酸的存在则会导致尖酸酸感。上述研究结论将有助于通过东北酸菜发酵工艺精准控制有机酸形成,进而通过控制东北酸菜的酸感有效提高产品质量。

## 参 考 文 献

- [1] WU R. Changes in flavour and microbial diversity during natural fermentation of suan-cai, a traditional food made in Northeast China[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2015, 211:23–31.
- [2] 孔庆敏,孙波,赵晓,等. 臭氧在东北酸菜杀菌工艺中的应用[J]. *食品科学*, 2016, 37(12):71–75.
- [3] 陈仲翔,董英. 泡菜工业化生产的研究进展[J]. *食品科技*, 2004(4):33–35.
- [4] TAO X, SONG S, HAO M, et al. Dynamic changes of lactic acid bacteria flora during Chinese sauerkraut fermentation[J]. *Food Control*, 2012, 26(1):178.
- [5] 李晓博,胡文忠,姜爱丽,等. 自然发酵与人工接种发酵酸菜的研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2016, 42(3):251–255.
- [6] 贺雅非,李洪军,章道明. 发酵酸菜变质原因的微生物学探讨[J]. *食品工业科技*, 1994(sp):39–40.
- [7] 赵丹,杜仁鹏,王瑶,等. 副干酪乳杆菌 HD1.7 东北酸菜与商品酸菜代谢物比较与品质评价[J]. *食品科学*, 2017, 38(10):6–11.
- [8] 洪冰,曾许珍,李阿敏,等. 乳酸菌接种发酵对大头菜品质的影响[J]. *食品科学*, 2016, 37(11):147–153.
- [9] 赵国忠,王梦颖,韩俊燕,等. 东北酸菜品质评定及发酵优良菌株筛选[J]. *中国酿造*, 2014, 33(8):33–37.
- [10] 孙丛珊,蔡畅,邢亚阁,等. 模糊评定与响应面分析结合在新型低盐泡菜工艺中的研究[J]. *中国调味品*, 2016, 41(2):79–84+92.
- [11] 潘明,洪玉程. 模糊数学综合评判四川泡菜感官评价的应用[J]. *四川理工学院学报(自然科学版)*, 2013, 26(2):11–14.
- [12] PINEAU N, BOUILLÉ A G D, LEPAGE M, et al. Temporal Dominance of Sensations: What is a good attribute list? [J]. *Food Quality & Preference*, 2012, 26(2):159–165.
- [13] NG M, LAWLOR J B, CHANDRA S, et al. Using quantitative descriptive analysis and temporal dominance of sensations analysis as complementary methods for profiling commercial blackcurrant squashes [J]. *Food Quality & Preference*, 2012, 25(2):121–134.
- [14] MEILLON S, URBANO C, SCHLICH P. Contribution of the temporal dominance of sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines [J]. *Food Quality & Preference*, 2009, 20(7):490–499.
- [15] MEYNEERS M. Temporal liking and CATA analysis of TDS data on flavored fresh cheese [J]. *Food Quality & Preference*, 2015, 47.
- [16] LORIDO L, HORT J, ESTÉVEZ M, et al. Reporting the sensory properties of dry-cured ham using a new language: time intensity (TI) and temporal dominance of sensations (TDS) [J]. *Meat Science*, 2016, 121:166–174.
- [17] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 16291.1—2012, 感官分析选拔、培训与管理评价员一般导则[S]. 北京:中国标准出版社, 2012.
- [18] CHARLES M, ENDRIZZI I, APREA E, et al. Dynamic and static sensory methods to study the role of aroma on taste and texture: a multisensory approach to apple perception [J]. *Food Quality & Preference*, 2017, 62:17–30.
- [19] DINNELLA C, MASI C, NAES T, et al. A new approach in TDS data analysis: a case study on sweetened coffee [J]. *Food Quality & Preference*, 2013, 30(1):33–46.
- [20] DINNELLA C, MASI C, ZOBOLI G, et al. Sensory functionality of extra-virgin olive oil in vegetable foods assessed by temporal dominance of sensations and descriptive analysis [J]. *Food Quality & Preference*, 2012, 26(2):141–150.
- [21] PINEAU N, PESSINA R, CORDELLE S, et al. Temporal dominance of sensations: comparison with conventional profiling and time intensity. [J]. *Food Quality & Preference*, 2009, 20(6):450–455.
- [22] MONACO R D, SU C, MASI P, et al. Temporal dominance of sensations: a review [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2014, 38(2):104–112.
- [23] GONÇALVES G A S, RESENDE N S, GONÇALVES C S, et al. Temporal dominance of sensations for characterization of strawberry pulp subjected to pasteurization and different freezing methods [J]. *LWT- Food Science and Technology*, 2017, 77.
- [24] 马旭艺,孙波,赵晓,等. TDS 结合 TI 感官评价法在降酸山葡萄酒的应用 [J]. *食品与发酵工业*, 2018, 44

- (10):231-235.
- [25] 王磊,张洁,赵国忠. 东北酸菜优良乳酸菌筛选及其抑菌特性研究[J]. 中国酿造,2017,36(7):48-52.
- [26] VTT H, FLEET G H, ZHAO J. Unravelling the contribution of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria to co-coa fermentation using inoculated organisms[J]. International Journal of Food Microbiology, 2018, 279:43.
- [27] 柳建华,鲍长俊,常惟丹,等. 不同发酵方式下泡凉薯的营养成分分析及其风味物质的主成分分析[J]. 食品与发酵工业,2016,42(11):212-218.
- [28] 叶陵,王晶晶,王蓉蓉,等. 剁辣椒发酵过程中菌群与有机酸变化规律分析[J]. 食品科学,2018,39(6):116-121.
- [29] 陈卓,黄丹,于华,等. 功能菌对泡菜风味物质形成的影响[J]. 中国调味品,2017,42(12):66-70.
- [30] 张梦梅,李小艳,胡露,等. 低温乳酸菌发酵泡菜有机酸和游离氨基酸含量分析[J]. 食品与发酵工业,2015,41(11):137-142.
- [31] 蔡琳飞,李键,陈炼红. 我国奶酪产品研究现状及分析[J]. 中国乳品工业,2015,43(7):42-44+48.

## Changes in organic acids at different fermentation time of Northeastern sauerkraut and their effects on products sourness

MA Yiyi, SUN Bo<sup>\*</sup>, ZHANG Yu, HAO Yu, XIE Shuangyu, LI Tianyi, LIU Dongao

(College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**ABSTRACT** High performance liquid chromatography (HPLC) and temporal dominance of sensations (TDS) were used to study the effects of changes in organic acids on the sourness of Northeastern sauerkraut. The HPLC results showed that nine organic acids were detected during 0-120 days of fermentation. The contents of lactic acid, citric acid, acetic acid, oxalic acid, malic acid, succinic acid, and tartaric acid increased with increasing fermentation time. Besides, propionic acid and valeric acid were detected on day 120. TDS evaluation results showed that the sourness of samples fermented for 90 days was more mild and moderate than those of other samples, indicating that the contents and proportions of various organic acids were suitable on day 90. Therefore, 90-day was the optimal fermentation period for Northeastern sauerkraut. The correlation analysis showed that lactic acid played a dominant role in the sourness formation of Northeastern sauerkraut, while citric acid, acetic acid, oxalic acid, malic acid, succinic acid, and tartaric acid played auxiliary roles. Appropriate contents and proportions could promote mild sourness taste of Northeastern sauerkraut, while inappropriate contents and proportions would destroy the mild sourness taste. In addition, presence of propionic acid and valeric acid could lead to sharp sourness taste.

**Key words** Northeast sauerkraut; organic acids; temporal dominance of sensations(TDS); sour sense