

四川麸醋发酵过程中有机酸及游离氨基酸含量变化分析

Changes of organic acids and free amino acids in fermentation process of Sichuan bran vinegar

刘芳¹ 张奶英¹ 刘书亮^{1,2} 敖晓琳^{1,2}

LIU Fang¹ ZHANG Nai-ying¹ LIU Shu-liang^{1,2} AO Xiao-lin^{1,2}

(1. 四川农业大学食品学院, 四川 雅安 625014; 2. 四川农业大学食品加工与安全研究所, 四川 雅安 625014)

(1. College of Food Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014, China;

2. Sichuan Agriculture University Research Centre of Food Processing and Safety, Ya'an, Sichuan 625014, China)

摘要: 为了解四川麸醋发酵过程中有机酸及游离氨基酸含量的变化规律, 采用高效液相色谱和氨基酸自动分析仪对发酵过程中 7 种有机酸及 17 种游离氨基酸含量进行测定。结果表明, 四川麸醋发酵过程中含量最高的 2 种有机酸为乙酸和乳酸, 随着发酵的进行, 其含量显著增加; 草酸、柠檬酸、酒石酸、苹果酸、琥珀酸含量较低, 在发酵过程中含量略有变化。游离氨基酸含量随着发酵的进行呈增加趋势, 从发酵初期 668 mg/100 g 增至 1 470 mg/100 g, 其中天门冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、组氨酸、异亮氨酸、酪氨酸、脯氨酸对四川麸醋风味形成具有较大的贡献。

关键词: 四川麸醋; 有机酸; 游离氨基酸; 主成分分析

Abstract: In order to investigate the changes of organic acids and free amino acid during fermentation process of Sichuan bran vinegar, 7 kinds of organic acids and 17 kinds of free amino acid content were determined by high performance liquid chromatography (HPLC) and automatic amino acid analyzer. The results showed that during fermentation process, acetic acid and lactic acid were the main organic acids of Sichuan bran vinegar, and the contents increased significantly. The contents of oxalic acid, citric acid, tartaric acid, malic acid and succinic acid were low, and there was no obvious change. The contents of free amino acids increased significantly from 668 mg/100 g to 1 470 mg/100 g during the early stage. Among them, Asp, Ser, Glu, Gly, Ala, Val, His, Ile, Tyr, Pro gave a great contribution to the Sichuan bran vinegar.

Keywords: Sichuan grain vinegar; organic acid; free amino acid; principal component analysis

基金项目: 四川省农业科技成果转化资金项目(编号: 14NZ0012)

作者简介: 刘芳, 女, 四川农业大学在读硕士研究生。

通信作者: 刘书亮(1968—), 男, 四川农业大学教授, 博士。

E-mail: lsliang999@163.com

收稿日期: 2017-04-06

食醋作为中国传统的酸性调味品, 不仅具有调味功能, 还有缓解疲劳、促进食欲、软化血管等保健功效^[1-3]。中国传统“四大名醋”之一的四川麸醋(以保宁醋最为著名), 以麸皮等淀粉类物质为原料, 采用糖化、酒化、醋化同池发酵的工艺酿制而成^[4], 具有醋香浓郁、回味甘甜的特点, 深受消费者喜爱。风味物质是评价食醋品质的重要指标, 包括挥发性和不挥发性成分, 其中不挥发性成分包括有机酸与游离氨基酸。有机酸是食醋酸味的主要来源, 氨基酸能够丰富食醋的风味与营养, 同时还是许多风味物质形成的前体。食醋的风味物质主要来源于发酵过程中微生物的代谢产物。相关研究表明, 食醋发酵过程中微生物群落具有丰富的多样性^[5-6], 各理化指标及风味物质含量变化与微生物群落变化密切相关^[7-8]。在发酵过程中, 醋酸菌、乳酸菌和酵母菌是优势功能微生物^[9-10], 对于食醋风味的形成具有重要意义。

目前关于四川麸醋的研究多为功能菌株的筛选及产品风味物质的分析^[11], 对于发酵过程中有机酸及游离氨基酸等风味物质变化规律鲜有报道, 熊越^[12]对四川麸醋发酵过程中风味物质变化的研究中, 基于有机酸含量变化将四川麸醋发酵过程分为 6 个阶段, 但并未对其变化规律及形成原因进行深入讨论。本试验以四川某麸醋厂固态麸醋发酵过程中醋醅及同批次熟醋为对象, 测定发酵过程中有机酸及游离氨基酸含量变化, 旨在分析其变化规律, 为四川麸醋发酵过程中的生产控制和产品品质提升提供参考数据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 材料与试剂

固态发酵池发酵过程的醋醅: 采集于四川某麸醋厂, 取

样时间分别为发酵第 1,3,7,12,18,24,30 天,取样点距醋醅表层 40~50 cm,重复取 3 个发酵池,将 3 个发酵池醋醅样品混合后每份约 1 000 g 装于无菌食品袋中,取与醋醅同批次熟醋灌装于 500 mL 玻璃瓶中,共 3 瓶。样品低温运回实验室,置于-20 ℃冰箱保存。

1.1.2 试剂

硫酸锌、亚铁氰化钾:分析纯,成都市科龙化工试剂厂;
甲醇、乙腈:色谱纯,瑞典 Oceanpak 公司;
L-苹果酸标准品:纯度≥99%,美国 Sigma 公司;
柠檬酸标准品:纯度≥99.5%,上海阿拉丁生化科技股份有限公司;
乳酸、乙酸、琥珀酸、草酸、酒石酸标准品:纯度≥99.5%,天津市光复精细化工研究所。

1.1.3 主要仪器设备

精密电子天平:TE412-L 型,德国 Sartorius 公司;
液相色谱仪:LC-10A2010C HT 型,配 LC-Solution 工作站,日本 Shimazu 公司。

1.2 有机酸含量的测定

1.2.1 样品处理

(1) 固态醋醅:称取 50 g 醋醅,加 150 mL 超纯水浸泡 3 h,过滤后取滤液 10 mL 并加入亚铁氰化钾(106 g/L)和硫酸锌(300 g/L)溶液各 1 mL,用超纯水定容至 50 mL,混匀后静置 30 min,取滤液过 0.45 μm 滤膜,弃去初滤液,取续滤液供 HPLC 分析用^[13]。

(2) 液态熟醋:取 10 mL 醋液,加入 106 g/L 亚铁氰化钾溶液和 300 g/L 硫酸锌溶液各 2 mL,摇匀后用超纯水定容至 100 mL。静置 30 min,移取上清液,用 0.45 μm 滤膜过滤弃去初滤液,取续滤液供 HPLC 分析用。

1.2.2 高效液相色谱条件 色谱柱:Carbomix H-NP 离子交换柱(10 μm,7.8 mm×300 mm);流动相:2.5 mmol/L 稀硫酸;流速:0.6 mL/min;进样体积:10 μL;柱温:58 ℃;紫外检测器波长:210 nm。

1.2.3 有机酸标准曲线及线性回归方程 有机酸标准品 HPLC 色谱图如图 1 所示,各有机酸分离良好。在相同的色谱条件下进样,以浓度为横坐标(X),峰面积为纵坐标(Y)绘制出不同有机酸的标准曲线(见表 1)。由表 1 可知,相关系数 $R^2>0.999\ 0$,线性范围良好,可用于样品定量分析。

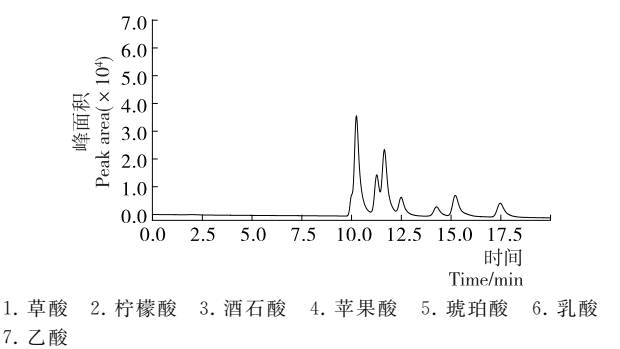


图 1 混合有机酸标准溶液 HPLC 谱图
Figure 1 HPLC chromatograms of mixed organic acids standard solution

表 1 各种有机酸的回归方程及相关系数			
Table 1 Regression equation and correlation coefficient of organic acids			
有机酸	线性范围/ (mg·mL ⁻¹)	线性方程	相关系数(R ²)
草酸	0.025~0.250	$y=2\times10^7x+31\ 670$	0.999 7
柠檬酸	0.150~1.500	$y=1\times10^6x+4\ 831.6$	0.999 2
酒石酸	0.250~2.500	$y=2\times10^6x+30\ 866$	0.999 2
苹果酸	0.150~1.500	$y=1\times10^6x-1\ 902.7$	0.999 1
琥珀酸	0.150~1.500	$y=596\ 854x-6\ 397.5$	0.999 8
乳酸	0.250~2.500	$y=831\ 593x+1\ 555.6$	0.999 9
乙酸	0.300~3.000	$y=496\ 195x-10\ 640$	0.999 7

1.3 游离氨基酸的测定

称取适量的醋醅,将其置于 60 ℃烘箱中干燥至恒重,用粉碎机将其粉碎并过 60 目筛。液体熟醋用 0.45 μm 滤膜过滤后,送国家粮食局成都粮油食品饲料质量监督检验测试中心,采用氨基酸自动分析仪检测游离氨基酸含量。

1.4 数据处理与分析方法

试验数据采用 Spss 19.0 进行统计,并对发酵过程中游离氨基酸含量进行主成分分析。

2 结果与讨论

2.1 四川麸醋发酵过程中有机酸含量变化规律

2.1.1 发酵过程中有机酸含量变化 对四川麸醋发酵过程中 7 种有机酸含量进行测定,结果见表 2。乙酸是四川麸醋发酵过程中含量最高的有机酸,是食醋酸味的主要来源^[14],在发酵过程中含量不断增加。乳酸含量仅次于乙酸,在发酵过程中含量呈增长趋势。琥珀酸为酵母菌发酵的代谢产物,具有鲜酸爽口的滋味^[15],在发酵过程中含量先增加后趋于稳定。苹果酸在发酵过程中含量先减少后略增加。柠檬酸与草酸含量较低,在发酵过程中含量变化不明显。发酵结束后经浸淋取醋、煎醋工艺所得即为熟醋。熟醋中草酸含量降低,可能是草酸与酿造用水中的金属离子生成了不溶性的草酸盐^[16]。

2.1.2 发酵过程中主要有机酸含量变化分析 四川麸醋发酵是典型的“三边发酵”,乙酸和乳酸为发酵过程中含量最高的 2 种有机酸^[17],根据主要有机酸含量变化可粗略分为糖化酒化阶段、醋酸发酵阶段和后熟阶段。发酵第 1~3 天主要为糖化酒化期,在此阶段乳酸和乙酸含量显著增加,由于该阶段以厌氧发酵为主,乳酸菌大量生长繁殖产生乳酸,由于发酵初期基质总酸含量低,酵母菌在酒精发酵过程中可生成琥珀酸,同时将丙酮酸转化为乙酸^[18],醋酸菌通过苹果酸/琥珀酸回补偶联有氧呼吸产生乙酸^[19]。第 3~24 天主要为醋酸发酵阶段,在此阶段乙酸含量大幅增加,乳酸含量呈缓慢增长趋势。实际生产中,自发酵第 7 天起每隔 2~3 d 进行一次翻醋,使醋酸菌在有氧条件下大量生长繁殖,将“三边发酵”生成的乙醇氧化为乙酸^[20],醋醅底部的乳酸菌在痕量氧气的条件下生长产生乳酸。发酵第 24~30 天主要为后

熟期,在此阶段乳酸含量降低而乙酸含量增加,可能是基质中的乙醇与葡萄糖被耗尽,醋酸菌将乳酸作为碳源利用^[21]。

2.2 四川麸醋发酵过程中游离氨基酸含量及其主成分分析

2.2.1 发酵过程中总游离氨基酸含量变化 氨基酸不仅是人体重要的营养物质,还是食品中重要的呈味物质^[22-25]。四川麸醋发酵过程中游离氨基酸含量变化见表 3。由表 3 可知,发酵过程中游离氨基酸总量显著增加($P<0.05$),从发酵初期(668 mg/100 g)至发酵结束(1 470 mg/100 g)增加了 2 倍。根据游离氨基酸的味觉强度,可将其分为鲜味氨基酸、甜味氨基酸和苦味氨基酸^[26]。在发酵过程中,三类氨基酸变化趋势基本一致:发酵初期快速增加,随后略有减少,发酵结束后所得熟醋中鲜味氨基酸、甜味氨基酸、苦味氨基酸的含量分别为 243.06,562.67,446.14 mg/100 mL。成品食醋中甜味和鲜味明显而苦味不明显,可能是苦味氨基酸不具有

表 2 四川麸醋发酵过程中各种有机酸的含量变化

Table 2 Contents of organic acid during the whole process of fermentation of Sichuan bran vinegar

有机酸种类	醅料/(10 ⁻² mg·g ⁻¹)							熟醋/(10 ⁻² mg·mL ⁻¹)
	1 d	3 d	7 d	12 d	18 d	24 d	30 d	
乙酸	167.29±0.29	746.36±0.27	1 438.68±0.32	1 962.95±0.25	1 781.12±0.24	2 124.44±0.20	2 190.57±0.26	4 179.59±0.22
乳酸	127.10±0.23	1 293.25±0.34	1 855.96±0.16	2 037.79±0.24	2 404.65±0.36	2 098.06±0.27	2 189.75±0.27	2 623.25±0.26
琥珀酸	26.27±0.20	30.03±0.15	45.27±0.14	50.99±0.26	40.94±0.31	46.80±0.27	52.09±0.16	164.46±0.19
柠檬酸	22.92±0.21	12.00±0.12	19.86±0.22	24.11±0.14	29.45±0.17	35.53±0.12	43.41±0.16	34.65±0.21
苹果酸	36.56±0.10	54.56±0.17	16.28±0.21	22.90±0.16	26.77±0.08	27.93±0.20	29.21±0.13	28.04±0.11
酒石酸	5.22±0.14	2.64±0.09	9.24±0.20	35.28±0.15	46.68±0.11	30.63±0.07	37.70±0.15	34.02±0.11
草酸	1.78±0.07	1.42±0.13	2.01±0.09	3.14±0.11	5.48±0.15	3.49±0.05	1.84±0.12	0.69±0.02

表 3 四川麸醋在发酵过程中各种游离氨基酸的含量[†]

Table 3 Contents of free amino acids during the whole process of fermentation of Sichuan bran vinegar

氨基酸种类	醅料/(10 ⁻² mg·g ⁻¹)							熟醋/(10 ⁻² mg·mL ⁻¹)
	1 d	3 d	7 d	12 d	18 d	24 d	30 d	
天门冬氨酸(Asp)	10±0.21	28±0.15	11±0.22	21±0.10	32±0.20	29±0.11	34±0.17	33.06±0.20
苏氨酸(Thr)	48±0.14	86±0.17	86±0.27	60±0.22	60±0.20	60±0.18	51±0.23	53.03±0.19
丝氨酸(Ser)	27±0.12	53±0.22	71±0.16	77±0.17	81±0.25	79±0.23	72±0.19	70.17±0.23
谷氨酸(Glu)	68±0.23	169±0.26	214±0.18	216±0.24	217±0.15	208±0.22	178±0.27	185.90±0.31
甘氨酸(Gly)	17±0.07	47±0.14	68±0.34	68±0.23	73±0.17	71±0.19	62±0.25	62.58±0.15
丙氨酸(Ala)	91±0.34	186±0.21	287±0.18	304±0.22	315±0.15	314±0.27	284±0.32	252.86±0.28
胱氨酸(Cys)	12±0.09	27±0.14	35±0.11	32±0.15	30±0.21	31±0.14	28±0.20	16.42±0.24
缬氨酸(Val)	43±0.26	97±0.33	128±0.21	125±0.13	126±0.24	127±0.27	113±0.14	109.72±0.25
蛋氨酸(Met)	14±0.06	32±0.21	41±0.09	32±0.11	34±0.14	32±0.07	26±0.13	39.28±0.18
异亮氨酸(Ile)	24±0.13	62±0.20	84±0.15	81±0.11	80±0.13	82±0.20	72±0.09	74.46±0.16
亮氨酸(Leu)	57±0.19	174±0.22	225±0.17	203±0.12	210±0.15	205±0.07	179±0.19	189.31±0.22
酪氨酸(Tyr)	61±0.18	59±0.21	58±0.11	72±0.17	66±0.16	69±0.21	82±0.16	30.66±0.15
苯丙氨酸(Phe)	61±0.20	107±0.37	94±0.30	85±0.17	82±0.08	82±0.21	80±0.16	61.58±0.22
赖氨酸(Lys)	33±0.12	10±0.10	8±0.13	16±0.24	19±0.15	19±0.07	18±0.14	24.10±0.16
组氨酸(His)	6±0.03	1±0.06	3±0.01	11±0.01	14±0.04	13±0.05	13±0.10	17.67±0.19
精氨酸(Arg)	53±0.23	13±0.17	8±0.24	20±0.32	23±0.16	21±0.13	27±0.14	33.37±0.24
脯氨酸(Pro)	43±0.17	96±0.21	125±0.19	148±0.23	153±0.22	145±0.16	149±0.11	106.36±0.24
总氨基酸	668±1.62 ^a	1 247±1.30 ^b	1 546±2.23 ^c	1 571±1.92 ^d	1 615±2.16 ^e	1 557±1.10 ^f	1 468±1.87 ^g	1 360.53±2.43
必需氨基酸	280±0.960 ^a	568±1.21 ^b	666±1.72 ^c	602±0.87 ^d	611±1.24 ^e	607±0.63 ^f	539±1.31 ^g	551.48±1.24
非必需氨基酸	388±1.19 ^a	679±0.87 ^b	880±1.14 ^c	969±0.92 ^d	1 004±1.42 ^e	980±0.56 ^f	929±0.87 ^g	809.05±0.79
鲜味氨基酸	111±0.54 ^a	207±0.47 ^b	233±0.71 ^c	253±0.43 ^d	268±0.51 ^e	256±0.62 ^f	230±0.57 ^g	243.06±0.64
甜味氨基酸	232±0.42 ^a	469±0.37 ^b	640±0.33 ^c	668±0.52 ^d	696±0.36 ^e	682±0.41 ^f	752±0.25 ^g	562.67±0.43
苦味氨基酸	191±0.12 ^a	378±0.27 ^b	486±0.53 ^c	461±0.41 ^d	473±0.36 ^e	467±0.33 ^f	417±0.29 ^g	446.14±0.26

[†] 同行中肩标小写字母不同表示差异显著($P<0.05$),相同表示差异不显著。必需氨基酸:Thr、Val、Met、Ile、Leu、Phe、Lys。非必需氨基酸:Asp、Ser、Glu、Gly、Ala、Cys、Tyr、His、Arg、Pro。鲜味氨基酸:Asp、Glu、Lys。甜味氨基酸:Gly、Ser、Thr、Ala、Pro、His。苦味氨基酸:Val、Met、Ile、Leu、Arg。

味觉活性,在食醋中其苦味被甜味掩盖^[27]。熟醋中必需氨基酸(EAA)含量达到总氨基酸(TAA)含量的 40% 以上,必需氨基酸含量与非必需氨基酸(NEAA)含量的比值高于 60%,符合 1973 年 WHO 与 FAO 提出的较好氨基酸组成的标准^[28]。

2.2.2 不同发酵时期醋醅中游离氨基酸主成分分析 对四川麸醋发酵过程中游离氨基酸含量进行主成分分析,结果见表 4。由表 4 可知,前 2 个主成分特征值均>1,累计贡献率达 96.976%,说明前 2 个主成分包含了发酵过程中游离氨基酸原始数据 97% 左右的信息。根据累计贡献率≥85% 的原

表 4 方差贡献分析表

Table 4 Analysis of the variance contribution

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%
1	12.91	75.938	75.938	12.91	75.938	75.938	12.91	75.938	75.938
2	3.576	21.038	96.976	3.576	21.038	96.976	3.576	21.038	96.976
3	0.418	2.456	99.432						
4	0.084	0.496	99.928						
5	0.012	0.072	100						
6	5.69E-16	3.35E-15	100						
7	4.27E-16	2.51E-15	100						
8	3.06E-16	1.80E-15	100						
9	2.27E-16	1.33E-15	100						
10	1.08E-16	6.37E-16	100						
11	4.94E-17	2.91E-16	100						
12	7.27E-19	4.28E-18	100						
13	-1.52E-16	-8.92E-16	100						
14	-2.38E-16	-1.40E-15	100						
15	-2.96E-16	-1.74E-15	100						
16	-3.87E-16	-2.28E-15	100						
17	-5.15E-16	-3.03E-15	100						

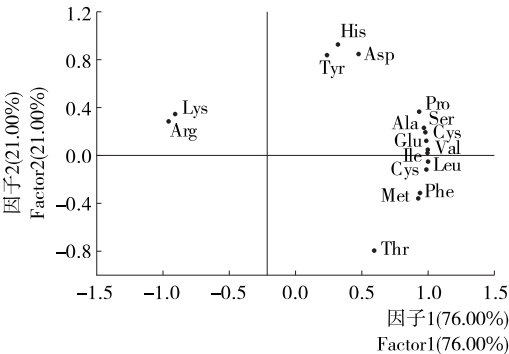


图 2 四川麸醋发酵过程中游离氨基酸主成分图

Figure 2 Principal component digram of Sichuan grain vinegar in fermentation process

3 结论

以发酵过程中四川麸醋醋醅为研究对象,对发酵过程中有机酸与游离氨基酸含量进行定量分析。按照生料发酵食醋有机酸生成规律^[30],可将发酵过程粗略分为糖化酒化期、

则,选择前 2 个因子绘制因子载荷图。由图 2 可知,丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、胱氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、脯氨酸含量在因子 1 的正方向上有较高的载荷,赖氨酸、精氨酸在因子 1 的负方向上有较高的载荷;天门冬氨酸、酪氨酸和组氨酸在因子 2 的正方向上有较高的载荷。综上分析可知,丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、胱氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、脯氨酸、天门冬氨酸、酪氨酸和组氨酸对四川麸醋风味的形成具有较大贡献,与张璟琳等^[29]的研究结果一致。

醋酸发酵期、后熟期 3 个阶段。乙酸和乳酸为四川麸醋中的主要有机酸,在发酵过程中含量上升明显,相关研究表明四川麸醋发酵过程中乳酸含量明显高于镇江香醋与山西老陈醋,可能与四川麸醋独特的发酵回槽工艺有关^[31-33]。氨基酸作为四川麸醋中重要的呈味物质,在发酵过程中含量呈先增加后减少的趋势,发酵结束后含量最高的 3 种呈味氨基酸分别为丙氨酸、亮氨酸和缬氨酸,是四川麸醋中滋味贡献较大的 3 种游离氨基酸。本研究为阐明四川麸醋风味物质的形成机理提供了基础数据,同时为四川麸醋规模化生产工艺的优化及产品品质的提升提供了参考数据。

参考文献

[1] 赵良启, 李丽. 我国食醋生产技术的历史, 现状与发展趋势(上)[J]. 中国调味品, 2005(1): 3-6.

[2] 李幼筠. 论食醋的功能性与新型功能性食醋的开发[J]. 中国酿造, 2004, 23(1): 5-8.

[3] HO C W, LAZIM A M, FAZRY S, et al. Varieties, production, composition and health benefits of vinegars: A review[J].

Food Chemistry, 2016, 221: 1 621-1 630.

[4] 徐清萍. 食醋生产技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 83-84.

[5] 彭杨, 张奶英, 何利, 等. 基于 PCR-DGGE 技术的四川麸醋固态发酵过程中微生物群落分析[J]. 现代食品科技, 2016(8): 171-177.

[6] XU Wei, HUNG Zhi-yong, ZHANG Xiao-juan, et al. Monitoring the microbial community during solid-state acetic acid fermentation of Zhenjiang aromatic vinegar[J]. Food Microbiology, 2011, 28(6): 1 175-1 181.

[7] 张奶英, 刘书亮, 杨勇, 等. 四川麸醋发酵过程中理化指标与微生物菌相的动态分析[J]. 食品工业科技, 2014, 35(11): 174-178.

[8] WANG Zong-min, LU Zhen-ming, SHI Jin-song, et al. Exploring flavour-producing core microbiota in multispecies solid-state fermentation of traditional Chinese vinegar [J]. Scientific Reports, 2016, DOI:10.1038.

[9] 聂志强, 韩玥, 郑宇, 等. 宏基因组学技术分析传统食醋发酵过程微生物多样性[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 198-203.

[10] WU Jia-jia, MA Ying-kun, ZHNG Fen-fen, et al. Biodiversity of yeasts, lactic acid bacteria and acetic acid bacteria in the fermentation of “Shanxi aged vinegar”, a traditional Chinese vinegar[J]. Food Microbiology, 2012, 30(1): 289-297.

[11] YU Yong-jian, LU Zhen-ming, YU Ning-hua, et al. HS-SPME/GC-MS and chemometrics for volatile composition of Chinese traditional aromatic vinegar in the Zhenjiang region[J]. Journal of the Institute of Brewing, 2012, 118(1): 133-141.

[12] 熊越. 四川麸醋发酵过程中风味物质的变化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011: 23-26.

[13] 余永建, 邓晓阳, 陆震鸣, 等. 高效液相色谱法定量分析固态发酵食醋中有机酸的方法优化[J]. 食品科学, 2014, 35(4): 55-59.

[14] 王贵双, 高丽华, 赵俊平, 等. 酿造食醋与配制食醋中有机酸的分析研究[J]. 中国酿造, 2011, 30(11): 146-148.

[15] 冯文婧, 杜宇辉, 刘家亨, 等. 一株耐受低 pH、高浓度乳酸及琥珀酸菌株的筛选与鉴定[J]. 微生物学通报, 2014, 41(11): 2 171-2 181.

[16] 向进乐, 杜琳, 刘志静, 等. 桃醋液态发酵过程中主要成分及有机酸的变化[J]. 现代食品科技, 2015, 31(5): 193-198.

[17] QI Wei, WANG Cong, CAO Xiao-hong, et al. Flavour analysis of chinese cereal vinegar[J]. Ieri Procedia, 2013, 5: 332-338.

[18] 梁璋成, 何志刚, 林晓婕, 等. 黄酒酿造酵母菌发酵过程的有机酸代谢研究[J]. 福建农业学报, 2016, 31(3): 289-292.

[19] 亓正良, 杨海麟, 夏小乐, 等. 巴氏醋杆菌高酸度醋发酵过程的能量代谢分析[J]. 微生物学通报, 2013, 40(12): 2 171-2 181.

[20] 周秉辰. 食醋生产中醋酸菌乙醇脱氢酶的活性与产酸速率关系的研究[J]. 中国酿造, 2009, 28(11): 58-59.

[21] 张丽娟, 许伟, 许泓瑜, 等. 恒顺香醋固态发酵过程中有机酸的变化分析[J]. 中国调味品, 2009, 34(2): 106-109.

[22] CHEN Guang, LI Jun, SUN Zhi-wei, et al. Rapid and sensitive ultrasonic-assisted derivatisation microextraction (UDME) technique for bitter taste-free amino acids (FAA) study by HPLC-FLD[J]. Food Chemistry, 2014, 143: 97-105.

[23] 吕春茂, 刘畅, 孟宪军, 等. 苹果渣发酵过程中游离氨基酸和挥发性香气成分分析[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 146-150.

[24] 杜书, 岳喜庆, 武俊瑞, 等. 自然发酵酸菜游离氨基酸的分析[J]. 食品与发酵工业, 2013(2): 174-176.

[25] 李雪影, 陆宁, 张晶, 等. 薇菜干氨基酸组成分析与营养价值评价[J]. 食品与机械, 2015(6): 28-32.

[26] 张婷, 杨波, 罗瑞明, 等. 苦苦菜发酵过程中主要发酵菌种及滋味物质的变化[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 23-27.

[27] 蒋滢, 徐颖, 朱庚伯. 人类味觉与氨基酸味道[J]. 氨基酸和生物资源, 2002, 24(4): 70-70.

[28] FAO W, United Nations University. Energy and protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation [J]. World Health Organization Technical Report, 1985, 724: 1.

[29] 张璟琳, 黄明泉, 孙宝国. 四大名醋的游离氨基酸组成成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2014(10): 3 124-3 131.

[30] 雷玛莎. 生料制醋发酵过程中有机酸的生成规律[J]. 中国酿造, 1999(2): 9-11.

[31] 吕艳歌, 马海乐, 张志燕, 等. 山西老陈醋醋酸发酵过程中有机酸的变化分析[J]. 中国酿造, 2013, 32(5): 55-58.

[32] 王伟岗, 曹伟, 朱新生. 食醋中有机酸含量的测定及差异性分析[J]. 食品与发酵科技, 2013, 49(2): 81-84.

[33] 余宁华, 陆震鸣, 许伟, 等. 基于主成分分析的中国发酵食醋有机酸含量差异性分析[J]. 食品与发酵工业, 2010(10): 144-148.

信息窗

欧盟发布 *N*-乙酰神经氨酸作为新食品的安全性报告

2017 年 7 月, 欧洲食品安全局发布 *N*-乙酰神经氨酸(*N*-acetyl-d-neuraminic acid, NANA)作为新食品(NF)的安全性报告, 根据(EC)No.258 / 97 规定, EFSA 营养与过敏小组(NDA)给出科学意见: ① NANA 天然存在于人乳中, 以一种有界和自由的形式存在; ② 根据亚慢性研究每天 493 mg/kg·BW 和 NF 的预期每日摄入量均未观察到不良反应水平 (NOAEL), 被认为可作为一般人的强化食品和 10 岁以上个体的食品补充剂, 预计每日摄入量在消费早期人乳的范围内, 这被认为是安全的。

小组得出结论: ① 对于普通人群的拟议使用和使用水平, 加入食品添加剂以外的食品时是安全的; ② 对于 10 岁以上的个体提出的使用和使用水平, 仅在食品添加剂中是安全的; ③ 在 10 岁以上个体的强化食品加上食物补充剂的综合摄入量是安全的; ④ 仅作为食品添加剂的安全性, 不建议 10 岁以下的个人的使用和使用水平, 因为摄入量将超过小组认为安全的(11 mg/kg·BW)水平(婴儿 5.4 倍、幼儿 2.3 倍、10 岁以下儿童 1.2 倍)。

(来源: 厦门 WTO 工作站)