

## 研究報文

## 水分活性の制御による溜醤油のアミン低減化

間野博信

(あいち産業科学技術総合センター食品工業技術センター)

(平成30年2月6日受理)

## Reduction of amines in tamari soy sauce by control of water activity

Hironobu Mano

Food Research Center, Aichi Center for Industry and Science Technology

溜醤油は醸造中、一部の *Tetragenococcus halophilus* によってアミン（ヒスタミン、チラミン）が蓄積することがある。汲水が少ない5～6分溜であれば水分活性によって *T. halophilus* の増殖が抑制され、アミンは蓄積しにくいと考えた。しかし、実態を調査してみると、一部で200ppmを超えるものがあつた。そこで、5～6分溜について、仕込み条件とアミン濃度の関係を調査し、水分活性でアミンの蓄積を防ぐ際の目標条件を明らかにした。

## 緒言

醤油を含む発酵食品では熟成中に揮発性アミンであるヒスタミンやチラミンが蓄積することがある<sup>1,2)</sup>。これらのアミンは大量に摂取すると頭痛や嘔吐などの症状を引き起こす<sup>1)</sup>。醤油の場合、一度の喫食量が少ないため、影響はないと考えられるものの、ヒスタミンに関しては、同時に喫食する他の食材に由来する分の影響等を考慮すると、これまでの報告で最も高い1300ppmという濃度は避けるべきと考えられる<sup>3)</sup>。一方、チラミンに関しては通常使用で問題となることはないが、モノアミンオキシダーゼ阻害薬（抗うつ剤）を服用している場合、血圧上昇、頭痛、嘔吐を引き起こす可能性が指摘されている。また、共存するヒスタミンの毒性を増強するという報告もある<sup>1)</sup>。そこで、著者は愛知県味噌溜醤油工業協同組合およびその組合員企業と協力し、溜醤油におけるアミン低減化対策の構築に着手した。欧州における貿易上のヒス

タミン濃度の推奨値である200ppm以下<sup>3,4)</sup>を目標とし、上記の理由からヒスタミンだけでなく、毒性が弱いチラミンについても低減化を試みた。醤油の製造環境には耐塩性乳酸菌 *Tetragenococcus halophilus* が棲みついでおり、仕込みの際に諸味へ混入して増殖し、醤油の風味形成に寄与している。製造環境に由来するこの乳酸菌は野生乳酸菌と呼ばれ、性質が異なる多様な菌株で構成されている。その一部はアミン生成能を有し、醤油におけるアミン蓄積の原因となっている<sup>3)</sup>。近年、醤油業界では、製造環境の洗浄・殺菌による野生乳酸菌の初発菌数の低減と、優れた醸造特性を有する *T. halophilus* をスターターとして添加することで、アミンの生成を抑制する試みが盛んに行われている<sup>3,5,6)</sup>。著者もこの手法により、溜醤油のアミンを低減したことを報告した<sup>7)</sup>。しかし、乳酸菌スターターの培養・添加に必要な設備や技術、人手が不足している企業では対策が遅れているのが現状である。著者は乳酸菌ス

ターターの添加以外の対策も検討し、県内企業が自社の製品設計や製造環境に適した対策を選択して、低減化に取り組めるように研究を進めてきた。この中で、水分活性によるアミン低減化の可能性を見出した。

醤油醸造では一般的に、仕込みに使用する食塩水の量を「汲水(くみみず)」といい、原料容量との比で表す。23.1~24.6w/v%の食塩水を原料容量の1.1~1.2倍量用いることが多い<sup>8)</sup>。溜醤油の場合は仕込みに使用する水、または食塩水の量を「汲水」といい、原料容量との比で表すことが多い。溜醤油の汲水は0.5~1.2倍であり、幅広いのが特徴である。汲水が0.5~0.6倍の溜醤油は5~6分溜と呼ばれ、その濃厚さが特徴である。著者は5~6分溜であれば、水分活性によって野生乳酸菌の増殖が抑制され、アミンは蓄積しにくいと考えた。しかし、その実態を調査したところ、一部で200ppmを超えるものがあつた。これは同じ汲水でも企業により目標とする出麴水分や食塩の使用量が異なり、諸味の水分活性が異なるためであると考えられた。また、冬仕込みの製品だけアミン濃度が高い企業があつた。これは外気温等の影響で冬は出麴水分が多くなり、さらに出麴水分に合わせて仕込み水量を調整しなかつたため、諸味の水分活性が高くなつたこと

が原因と考えられた。そこで、本研究では仕込み条件とアミン濃度の関係を調査し、水分活性でアミンの蓄積を防ぐ際の目標条件の明確化に取り組んだ。

## 試験方法

### 1. 諸味の調製と試験醸造

本研究では原料容量に対する水の使用量を汲水と定義した。原料容量の0.5倍、あるいは0.6倍量の水を使用し、麴の水分は30%、35%、40%、食塩濃度は11.0%、11.5%、12.0%となるように5~6分溜の諸味を調製した。麴は県内企業から入手した同一ロットの溜醤油用麴200g(原料容量229mL)を使用し、理論上、目的の麴水分(30%、35%、40%)となるように仕込み水量を調整した。次に、仕込みの際に野生乳酸菌が混入する製造現場を再現するため、*T. halophilus*の初発菌数が $10^3$  cfu/gオーダーとなるように、県内企業より入手した諸味液汁を接種した。コンパクトpHメーター(堀場製作所製、Twin pH B-212)を用いて諸味の初期pHを測定した後、30°Cで12週間醸造した。各試験区の仕込み条件と諸味の配合(麴固形分、水分、食塩の比)を表1に示した。熟成の間、諸味では麴菌由来酵素の作用で原料が分解され、

表1 各仕込み条件における諸味の配合と対水食塩濃度および対水麴固形分濃度

試験区	仕込み条件			諸味の配合(w/w%)			諸味の対水食塩濃度(w/w%)	諸味の対水麴固形分濃度(w/w%)	
	汲水	麴水分(w/w%)	諸味の食塩濃度(w/w%)	麴固形分	水分	食塩			
①	6分	30	11.0	35.0	54.0	11.0	20.4	64.8	
②			11.5	34.8	53.7	11.5	21.4	64.8	
③			12.0	34.6	53.4	12.0	22.5	64.8	
④		35	11.0	33.5	55.5	11.0	19.8	60.5	
⑤			11.5	33.3	55.1	11.5	20.9	60.5	
⑥			12.0	33.2	54.8	12.0	21.9	60.5	
⑦		40	11.0	32.0	57.0	11.0	19.3	56.1	
⑧			11.5	31.8	56.7	11.5	20.3	56.1	
⑨			12.0	31.6	56.4	12.0	21.3	56.1	
⑩		5分	30	11.0	37.8	51.2	11.0	21.5	73.8
⑪				11.5	37.6	50.9	11.5	22.6	73.8
⑫				12.0	37.4	50.6	12.0	23.7	73.8
⑬	35		11.0	36.1	52.9	11.0	20.8	68.3	
⑭			11.5	35.9	52.6	11.5	21.9	68.3	
⑮			12.0	35.7	52.3	12.0	23.0	68.3	
⑯	40	11.0	34.3	54.7	11.0	20.1	62.8		
⑰		11.5	34.1	54.4	11.5	21.2	62.8		
⑱		12.0	33.9	54.1	12.0	22.2	62.8		

糖やアミノ酸が生じる。水分活性は食塩や糖、アミノ酸などの親水性低分子物質が多いほど、また水分含量が少ないほど低下する。そのため、諸味の水分活性は水分に対する食塩や麩固形分の濃度に影響を受けることが予想された。そこで、表 1 には諸味の対水食塩濃度および対水麩固形分濃度を併記した。

## 2. 諸味の採取と分析

諸味の一部を 1 週間おきに 4 週目まで、以降は 2 週間おきに 12 週目まで採取した。これらの諸味について、水分活性測定システム（ロトロニック製，AW-ラボ）を用い、25℃で水分活性を測定した。また、表 2 の培地<sup>9)</sup>を用い、2 週間おきに採取した諸味中の *T. halophilus* の菌数を測定した。

## 3. 諸味液汁の回収と分析

30℃で12週間醸造した諸味を遠心分離（7000rpm，室温，4 時間）し，上澄みをろ紙（ADVANTEC製，No.2）でろ過し，清澄な諸味液汁を得た。この液汁について，しょうゆ試験法<sup>10)</sup>に準じてpH，食塩濃度，無塩可溶性固形分，ホルモール窒素を，マクロ改良ケルダール法<sup>11)</sup>により全窒素を分析した。また，HPLC 有機酸分析システム（島津製作所製）を用いて乳酸量を，既報<sup>7)</sup>と同様にヒスタミンおよびチラミン濃度を分析した。

表 2 *T. halophilus* の菌数測定に用いた培地の組成

トリプトン	0.5%
酵母エキス	0.5%
肉エキス	0.5%
グルコース	0.05%
NaCl	15%
寒天	1.5%
Tween80 <sup>®</sup>	0.1%
MgSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O	0.02%
MnSO <sub>4</sub> ・4~5H <sub>2</sub> O	0.005%
FeSO <sub>4</sub> ・7H <sub>2</sub> O	0.004%
クエン酸アンモニウム（第二）	0.2%
チアミン	0.001%
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.2%
CaCO <sub>3</sub>	0.01%
ピリドキシン塩酸塩	0.005%

(pH 5.5±0.1)

## 結果 および 考察

### 1. 仕込み条件とアミン濃度の関係

各試験区の諸味の水分活性と *T. halophilus* の菌数の推移，回収した諸味液汁のアミン濃度を表 3 に示した。試験区①，⑭，⑰については例として推移の様子を図示した（図 1～3）。試験区③，⑪，⑫，⑮は最大菌数が 10<sup>7</sup> cfu/g 未満であり，アミンはほぼ不検出であった。*T. halophilus* の生育下限水分活性は 0.808 と言われている<sup>8)</sup>。これらの試験区では熟成 2 週間で水分活性が 0.800 以下に低下しており，これにより *T. halophilus* の増殖が強く抑制されたと考えられる（表 3，図 1）。試験区②，⑥，⑩，⑭，⑱は水分活性が熟成 2 週間で 0.801～0.808 まで低下し，最大菌数は 10<sup>7</sup> cfu/g オーダーであった。これらの試験区はアミン濃度が 200ppm 以下であったものの，ヒスタミンは最大で 83ppm，チラミンは最大で 135ppm 検出され，アミン蓄積の境界線上であると考えられる（表 3，図 2）。その他の試験区では最大菌数が 10<sup>8</sup> cfu/g オーダーに達し，200ppm を超えるアミンが蓄積した。水分活性の低下は緩やかで，熟成 2 週間を経過しても 0.810 以上であり，試験区④，⑦，⑧のように最後まで 0.808 未満にならない試験区もあった（表 3，図 3）。なお，複数の県内企業の諸味においても，野生乳酸菌が 10<sup>8</sup> cfu/g オーダーまで増殖すると，200ppm を超えるアミンが蓄積する傾向が見られた。

### 2. アミン低減効果に影響する因子の特定

各試験区の諸味の対水食塩濃度と対水麩固形分濃度（表 1）を図 4 にプロットした。このとき，*T. halophilus* の最大菌数が 10<sup>7</sup> cfu/g 未満であり，アミンがほぼ不検出だった試験区③，⑪，⑫，⑮を○と表記した。また，アミンは 200ppm 未満だったが，最大菌数が 10<sup>7</sup> cfu/g オーダーであり，アミン蓄積の境界線上と考えられた試験区②，⑥，⑩，⑭，⑱を▲と表記した。最大菌数が 10<sup>8</sup> cfu/g オーダーに達し，200ppm を超えるアミンが蓄積したその他の試験区を×と表記した。図中の数字は試験区番号である。図 4 より，アミン低減効果は諸味の対水食塩濃度に大きな影響を受けることがわかった。つまり，対水食塩濃度が 22.5% 以上の場合は○，21.4% 未満の場合は×，

表3 水分活性および*T. halophilus*の菌数の推移, ならびに回収した諸味液汁のアミン濃度

試験区	分析項目	熟成期間 (週)									諸味液汁のアミン濃度 <sup>※2</sup>	
		0 <sup>※1</sup>	1	2	3	4	6	8	10	12	ヒスタミン (ppm)	チラミン (ppm)
①	水分活性	0.846	0.819	0.812	0.808	0.805	0.808	0.806	0.801	0.802	>200	>200
	菌数(cfu/g)	4.2×10 <sup>2</sup>	...	4.0×10 <sup>7</sup>	...	1.4×10 <sup>8</sup>	8.2×10 <sup>7</sup>	2.8×10 <sup>6</sup>	2.4×10 <sup>5</sup>	<300		
②	水分活性	0.841	0.811	0.806	0.803	0.802	0.801	0.801	0.798	0.802	52	105
	菌数(cfu/g)	4.2×10 <sup>2</sup>	...	3.0×10 <sup>5</sup>	...	2.4×10 <sup>7</sup>	2.3×10 <sup>7</sup>	1.3×10 <sup>7</sup>	3.8×10 <sup>6</sup>	1.3×10 <sup>5</sup>		
③	水分活性	0.833	0.811	0.800	0.797	0.796	0.795	0.798	0.789	0.792	不検出	23
	菌数(cfu/g)	4.1×10 <sup>2</sup>	...	3.0×10 <sup>5</sup>	...	5.9×10 <sup>6</sup>	9.6×10 <sup>6</sup>	4.6×10 <sup>6</sup>	3.5×10 <sup>6</sup>	9.0×10 <sup>5</sup>		
④	水分活性	0.854	0.823	0.818	0.814	0.811	0.813	0.811	0.810	0.808	>200	>200
	菌数(cfu/g)	4.0×10 <sup>2</sup>	...	2.7×10 <sup>8</sup>	...	3.4×10 <sup>8</sup>	8.7×10 <sup>7</sup>	6.4×10 <sup>5</sup>	2.3×10 <sup>3</sup>	<300		
⑤	水分活性	0.845	0.822	0.813	0.810	0.808	0.808	0.808	0.807	0.808	>200	>200
	菌数(cfu/g)	4.0×10 <sup>2</sup>	...	2.4×10 <sup>7</sup>	...	2.4×10 <sup>8</sup>	1.3×10 <sup>8</sup>	4.0×10 <sup>6</sup>	2.7×10 <sup>5</sup>	<300		
⑥	水分活性	0.833	0.818	0.808	0.807	0.803	0.803	0.803	0.800	0.796	83	135
	菌数(cfu/g)	4.0×10 <sup>2</sup>	...	1.9×10 <sup>6</sup>	...	2.3×10 <sup>7</sup>	3.6×10 <sup>7</sup>	1.3×10 <sup>7</sup>	6.6×10 <sup>6</sup>	1.1×10 <sup>7</sup>		
⑦	水分活性	0.864	0.836	0.824	0.821	0.818	0.820	0.818	0.816	0.815	>200	>200
	菌数(cfu/g)	3.8×10 <sup>2</sup>	...	2.7×10 <sup>8</sup>	...	5.3×10 <sup>8</sup>	7.3×10 <sup>7</sup>	2.9×10 <sup>5</sup>	<300	<300		
⑧	水分活性	0.852	0.827	0.820	0.817	0.815	0.812	0.814	0.814	0.813	>200	>200
	菌数(cfu/g)	3.8×10 <sup>2</sup>	...	1.9×10 <sup>8</sup>	...	4.5×10 <sup>8</sup>	9.3×10 <sup>7</sup>	2.8×10 <sup>6</sup>	1.7×10 <sup>4</sup>	<300		
⑨	水分活性	0.848	0.820	0.816	0.814	0.810	0.809	0.810	0.807	0.805	>200	>200
	菌数(cfu/g)	3.8×10 <sup>2</sup>	...	6.9×10 <sup>6</sup>	...	2.4×10 <sup>8</sup>	6.5×10 <sup>7</sup>	8.9×10 <sup>6</sup>	2.1×10 <sup>5</sup>	1.5×10 <sup>3</sup>		
⑩	水分活性	0.831	0.811	0.801	0.797	0.795	0.795	0.797	0.792	0.793	<18	31
	菌数(cfu/g)	4.5×10 <sup>2</sup>	...	7.0×10 <sup>5</sup>	...	1.0×10 <sup>7</sup>	7.0×10 <sup>6</sup>	5.5×10 <sup>6</sup>	3.8×10 <sup>6</sup>	5.7×10 <sup>7</sup>		
⑪	水分活性	0.827	0.801	0.794	0.790	0.789	0.789	0.789	0.786	0.788	不検出	不検出
	菌数(cfu/g)	4.5×10 <sup>2</sup>	...	5.4×10 <sup>4</sup>	...	3.8×10 <sup>8</sup>	2.7×10 <sup>8</sup>	1.2×10 <sup>5</sup>	5.8×10 <sup>4</sup>	3.0×10 <sup>3</sup>		
⑫	水分活性	0.818	0.797	0.789	0.784	0.782	0.782	0.783	0.778	0.775	不検出	不検出
	菌数(cfu/g)	4.5×10 <sup>2</sup>	...	4.0×10 <sup>3</sup>	...	2.3×10 <sup>4</sup>	1.6×10 <sup>4</sup>	9.0×10 <sup>3</sup>	1.1×10 <sup>3</sup>	<300		
⑬	水分活性	0.842	0.819	0.810	0.807	0.805	0.802	0.804	0.799	0.799	141	<200
	菌数(cfu/g)	4.3×10 <sup>2</sup>	...	8.4×10 <sup>6</sup>	...	2.6×10 <sup>8</sup>	1.0×10 <sup>8</sup>	1.6×10 <sup>7</sup>	7.0×10 <sup>5</sup>	6.0×10 <sup>3</sup>		
⑭	水分活性	0.835	0.810	0.802	0.800	0.799	0.798	0.796	0.795	0.796	26	49
	菌数(cfu/g)	4.3×10 <sup>2</sup>	...	6.8×10 <sup>5</sup>	...	1.5×10 <sup>7</sup>	1.7×10 <sup>7</sup>	6.9×10 <sup>6</sup>	6.8×10 <sup>6</sup>	5.0×10 <sup>5</sup>		
⑮	水分活性	0.824	0.805	0.798	0.795	0.793	0.791	0.792	0.788	0.787	不検出	不検出
	菌数(cfu/g)	4.3×10 <sup>2</sup>	...	9.8×10 <sup>4</sup>	...	1.1×10 <sup>6</sup>	1.0×10 <sup>6</sup>	3.0×10 <sup>5</sup>	2.6×10 <sup>5</sup>	3.7×10 <sup>4</sup>		
⑯	水分活性	0.858	0.823	0.816	0.812	0.809	0.808	0.809	0.806	0.806	<200	<200
	菌数(cfu/g)	4.1×10 <sup>2</sup>	...	8.0×10 <sup>7</sup>	...	4.4×10 <sup>8</sup>	2.5×10 <sup>8</sup>	2.0×10 <sup>6</sup>	5.6×10 <sup>4</sup>	<300		
⑰	水分活性	0.846	0.816	0.810	0.810	0.807	0.806	0.803	0.802	0.802	<200	<200
	菌数(cfu/g)	4.1×10 <sup>2</sup>	...	9.2×10 <sup>6</sup>	...	1.8×10 <sup>8</sup>	1.5×10 <sup>8</sup>	1.4×10 <sup>7</sup>	5.5×10 <sup>5</sup>	3.9×10 <sup>3</sup>		
⑱	水分活性	0.829	0.813	0.807	0.804	0.802	0.801	0.801	0.797	0.795	47	86
	菌数(cfu/g)	4.1×10 <sup>2</sup>	...	2.4×10 <sup>6</sup>	...	1.8×10 <sup>7</sup>	1.4×10 <sup>7</sup>	9.4×10 <sup>6</sup>	6.6×10 <sup>6</sup>	1.5×10 <sup>5</sup>		

※1 初発菌数は接種した諸味液汁の菌数から算出した理論値

※2 検出限界: ヒスタミン=5.4ppm、チラミン=6.4ppm、定量限界: ヒスタミン=18.0ppm、チラミン=21.5ppm

21.4~22.2%の場合は▲であった。一方, 対水食塩濃度が同じである試験区⑥と⑭を比較すると, 共に▲であったが, 試験区⑭の方がヒスタミンは57ppm, チラミンは86ppm少なかった(表3)。これは試験区⑭の方が諸味の対水麩固形分濃度が7.8%高く, 水分活性の低下が早かったためと考えられる(表1,3)。以上の結果から, 5~6分溜の場合, アミン低減効果は対水麩固形分濃度の影響を受けるものの, 概ね対水食塩濃度に依存することがわかった。諸味の対水食塩濃度が21.4%以上, 好ましくは22.5%以上になるように仕込むことで, 高い効果が期待できる。なお, 汲水が多いほど諸味中の水分が多くなり, 麩固形分が少なくなるため, より高い対水食塩濃度が必要になると考えら

れる。製品の食塩濃度を考えると, 汲水が6分を超える場合, 水分活性によるアミン低減化は難しいことが予想される。

上述したように, *T. halophilus*が10<sup>8</sup>cfu/gオーダーに達すると200ppmを超えるアミンが蓄積した。そのため, アミン低減効果は*T. halophilus*の初発菌数に大きな影響を受けることが予想された。そこで, 新たに試験区⑭と⑮の諸味を調製し, *T. halophilus*を1オーダー多い10<sup>8</sup>cfu/gオーダーとなるように接種して同様に試験醸造したところ, 最大菌数はそれぞれ1.6×10<sup>8</sup>cfu/gと3.7×10<sup>7</sup>cfu/gに達した。初発菌数が1オーダー高くなると, 最大菌数が1オーダー高くなった。対水食塩濃度が21.4%以上であっても, 初発菌数

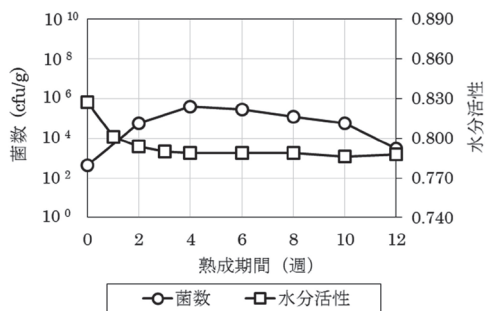


図1 試験区⑪の水分活性と*T. halophilus*の菌数の推移

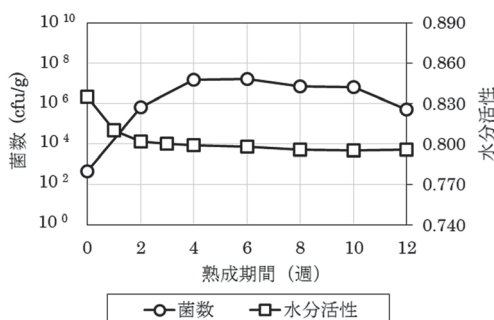


図2 試験区⑭の水分活性と*T. halophilus*の菌数の推移

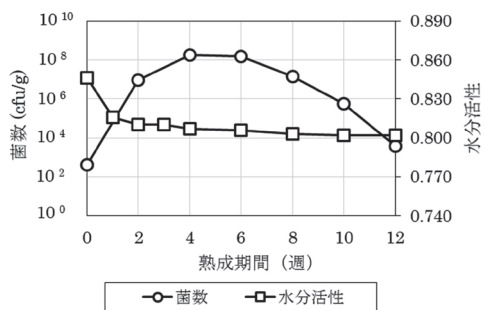


図3 試験区⑰の水分活性と*T. halophilus*の菌数の推移

が $10^3$  cfu/g以上であると、アミンが蓄積する可能性が示唆された。製造現場において、野生乳酸菌の初発菌数を $10^3$  cfu/g未満とすることは難しいことではない。野生乳酸菌の主な棲息場所は麴と塩水を混合輸送する場合の仕込み配管である。必要であれば本誌にも有効性が報告<sup>3)</sup>されている微酸性次亜塩素酸水溶液を活用するなどして仕込み配管の洗浄・殺菌を行えば、安定的に初発菌数を $10^3$  cfu/g未満にすることができる。また、麴と塩水を別々に送っている場合は薬剤等を使用しなくても、従来洗浄を十分に行うことで $10^3$  cfu/g未

満にすることができる<sup>7)</sup>。野生乳酸菌の初発菌数をできるだけ低減することで、より高いアミン低減効果が得られると考えられる。

また、アミン低減効果は諸味の初期pHの影響を受けると考えられる。本研究で調製した諸味の初期pHは6.0~6.1であり、脱脂大豆を使用した玉麴で仕込む場合の一般的な値であった。試験区⑫では諸味の初期pHが6.1で*T. halophilus*の最大菌数は $2.3 \times 10^4$  cfu/gであった(表3)。出麴pHが高かった別ロットの麴を使用して試験区⑫の諸味を調製し、同様に試験醸造を行ったところ、この諸味の初期pHは6.5で、最大菌数は $4.6 \times 10^6$  cfu/gに達した。初期pHが高いと*T. halophilus*の増殖は早くなるため、ばら麴で仕込む場合などは対水食塩濃度を高めに設定する必要があると考えられる。

### 3. 仕込み条件が及ぼす溜醤油の品質への影響

回収した諸味液汁について、食塩、無塩可溶性固形分、全窒素、ホルモール窒素、乳酸およびpHの分析結果を諸味の対水食塩濃度とともに表4に示した。また、各試験区分の窒素溶解利用率を算出し、表4に併記した。さらに、諸味の対水食塩濃度と窒素溶解利用率、乳酸量との関係を図5、図6に示した。しょうゆ試験法<sup>10)</sup>によると窒素溶解利用率は以下の計算式にて算出される。本研究では下式の「諸味の食塩濃度」に表1で示した値を用いた。また、「諸味の全窒素」は、マクロ改良ケルダール法<sup>11)</sup>により麴の全窒素を測定し、この測定値から算出した値を用いた。

$$\text{窒素溶解利用率(\%)} = \frac{\text{諸味の食塩濃度(\%)}}{\text{諸味の全窒素(\%)}} \times \frac{\text{液汁の全窒素(\%)}}{\text{液汁の食塩濃度(\%)}} \times 100$$

諸味の対水食塩濃度が増すと、窒素溶解利用率が低下する傾向があった(表4、図5)。これは食塩によって麴菌由来プロテアーゼの活性が阻害されたためと考えられる<sup>8)</sup>。また、諸味の対水食塩濃度が増すと、乳酸量が低下し、pHが上昇する傾向があった(表4、図6)。これは*T. halophilus*の生育が阻害されたためと考えられる。以上の結果から、諸味の対水食塩濃度を上げると、より高いアミン低減効果が期待できるが、

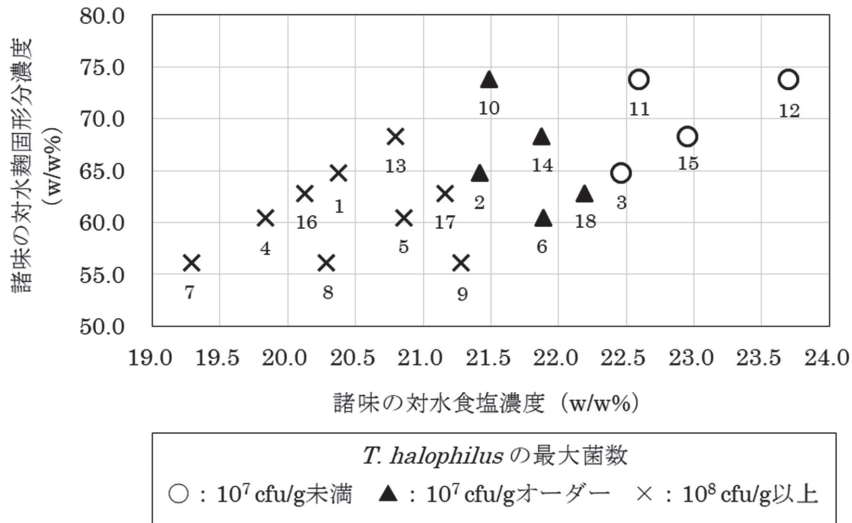


図 4 諸味の対水食塩濃度および対水固形分濃度と *T. halophilus* の最大菌数の関係 (図中の数字は試験区番号を表す)

表 4 回収した諸味液汁の分析結果と窒素溶解利用率

試験区分	諸味の対水食塩濃度 (w/w%)	諸味液汁の分析結果					窒素溶解利用率 (%)	
		食塩 (w/v %)	無塩可溶性固形分 (w/v %)	全窒素 (w/v %)	ホルモール窒素 (w/v %)	乳酸 (w/v %)		pH
①	20.4	15.4	31.4	3.28	1.46	1.46	4.76	71.8
②	21.4	16.0	31.2	3.18	1.40	0.68	4.93	70.5
③	22.5	16.7	30.7	3.20	1.34	0.39	4.98	71.3
④	19.8	14.9	30.4	3.17	1.41	1.70	4.67	75.0
⑤	20.9	15.6	30.0	3.08	1.41	1.50	4.74	73.1
⑥	21.9	16.9	29.2	3.11	1.39	0.83	4.90	71.3
⑦	19.3	15.1	28.7	3.01	1.47	2.19	4.72	73.4
⑧	20.3	15.8	28.2	3.00	1.42	1.63	4.73	73.7
⑨	21.3	16.7	27.6	2.88	1.36	1.28	4.76	70.1
⑩	21.5	15.3	34.1	3.54	1.48	0.38	4.98	72.2
⑪	22.6	16.3	33.3	3.50	1.43	0.11	4.96	70.4
⑫	23.7	17.0	32.9	3.49	1.38	0.10	4.97	70.6
⑬	20.8	15.3	32.3	3.35	1.44	1.09	4.83	71.5
⑭	21.9	16.2	32.0	3.39	1.44	0.49	4.96	71.9
⑮	22.9	16.6	31.8	3.30	1.40	0.13	4.97	71.6
⑯	20.1	14.8	31.3	3.28	1.46	1.65	4.72	76.3
⑰	21.1	15.8	30.5	3.24	1.40	1.21	4.80	74.1
⑱	22.2	16.6	30.3	3.26	1.41	0.61	4.94	74.4

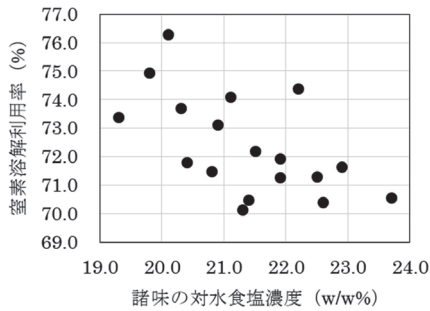


図5 諸味の対水食塩濃度と窒素溶解利用率の関係

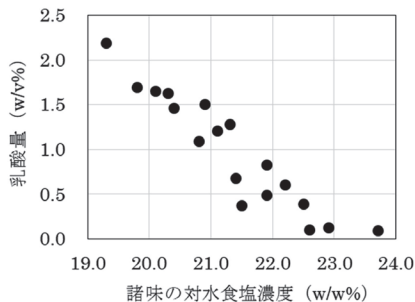


図6 諸味の対水食塩濃度と諸味液汁の乳酸量の関係

過剰な条件設定は原料歩留まりの悪化や、風味の変化を招く可能性があることが示唆された。一方で、冬仕込みの製品だけアミン濃度が高い企業では、年間を通して対水食塩濃度を目標値に調整することで、安定したアミンの低減化が可能になるだけでなく、品質の安定化も期待できると考えられる。

### まとめ

5～6分溜について、仕込み条件とアミン濃度の関係を調査し、水分活性でアミンの蓄積を防ぐ際の目標条件の明確化に取り組んだ。本研究の結果から、目標条件を以下のように設定した。

- 1) 製造ラインの洗浄・殺菌を十分にを行い、野生乳酸菌の初発菌数を $10^0$  cfu/g未満にする
- 2) 諸味の対水食塩濃度が年間を通して21.4%以上、

好ましくは22.5%以上になるように仕込む

- 3) 対水食塩濃度は諸味の初期pH、原料歩留まりや風味への影響を考慮し、決定すること

なお、愛知県内の一部の企業では、この条件を満たすように製造条件の見直しを行い、アミンの低減化に成功している。

本報は2016年6月に東京で行われた第82回醬油研究発表会で報告したものである。

### 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、多大なご協力を頂きました愛知県味噌溜醬油工業協同組合ならびにその組合員企業の皆様に深謝致します。また、実験に協力頂いた、石谷彩香氏に感謝申し上げます。

### 参 考 文 献

- 1) 井部明広：東京都健康安全研究センター年報，55, 13 (2004)
- 2) 農林水産省発行「有害化学物質含有実態調査結果データ集」平成23～24年度，134-135 (2014)
- 3) 田上秀男，野田義治，日高修，松岡清司，小林真志，紅林孝幸：本誌，41, 327 (2015)
- 4) 中台忠信：本誌，38, 144 (2012)
- 5) 袴田雅俊，上村慎子，遠藤衛作，大坪倫子，杉山直人，鈴木邦明：本誌，42, 61 (2016)
- 6) 植木達朗，片岡由希子，脇山元気，案浦謙二，大場和徳，野田義治：本誌，42, 155 (2016)
- 7) 間野博信，長谷川撰：本誌，43, 119 (2017)
- 8) 東和男編：発酵と醸造 I，株式会社光琳，127, 152-154, 156-158 (2002)
- 9) Bover-Cid, S., Holzapfel, W. H.: *Int. J. Food Microbiol.*, 53, 33 (1999)
- 10) 財団法人日本醬油研究所編：しょうゆ試験法，6-8, 19-20, 105-106 (1985)
- 11) 財団法人日本食品分析センター編：五訂日本食品標準成分表分析マニュアルの解説，中央法規出版株式会社，29-34 (2001)