

간장에서 분리한 *Zygosaccharomyces rouxii*의 휘발성 유기산 생성에 미치는 식염농도의 영향

권동진* · 하덕모¹

한국식품개발연구원 생물공학연구부, ¹동국대학교 식품공학과

The Effect of Salt Concentrations on the Production of Volatile Organic Acids by *Zygosaccharomyces rouxii*, a Soy Sauce Yeast

Kwon, Dong-Jin* and Duk-Mo Ha¹

Biotechnology Division, Korea Food Research Institute, Songnam 463-420, Korea

¹Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

Abstract— By using a synthetic medium simulated on the amino acid composition of soybean, the effect of salt concentrations on the production of volatile organic acid by the strains of *Zygosaccharomyces rouxii* So-3101, a soy sauce yeast, was studied at the concentrations of 12.5, 18.0, 22.0 and 28.5% NaCl. The growth, consumption of glucose, and production of alcohol, total acid and volatile organic acid, showed the highest values at a concentration of 12.5% NaCl, and those values were decreased with an increase in the salt concentration. The ratio of volatile organic acid to total organic acid was remained at approximately the same level within the range of salt concentrations between 12.5~22.0%, whereas the ratio was decreased at a salt concentration of 28.5%. After incubation for 16 days, 8 volatile organic acids, *i. e.* acetic, propionic, n-butyric, isobutyric, isovaleric, isocaproic, n-caproic, and heptanoic acids, were detected by gas chromatography. Among the volatile organic acids, acetic acid was produced in the appreciable amount and its ratio to the other volatile acids was increased with an increase in the salt concentration. A small amount of isocaproic, propionic, isobutyric and isovaleric acids were produced, and n-caproic, n-butyric and heptanoic acids were detected only at the lower salt concentration.

간장 및 된장은 대두를 원료로 한 우리나라의 대표적인 전통 발효조미료이다. 이들의 특유한 향미는 발효 숙성과정을 통해서 형성되고 메주, 식염 등의 원료, 원료의 배합비 및 발효 숙성의 경과에 따라 달라진다.

간장의 향기성분에 관해서는 우리나라의 간장에 대해서 張(1)이 휘발성 유기산을 분석 보고하였고 김 등(2)이 휘발성 성분을 basic, neutral, phenolic 및 acidic fraction으로 분별하여 약 150여종의 휘발성 성분을 동정 보고하였으며 일본의 간장에 대해서는 1887년 田原의 보고(3)로부터 근년에 이르기까지 많은 연구가 이루어져서 약 300여종의 각종 향기성분들이 분리 동정되고 있다(4-8). 이들 간장의 향기성분은 사용된 원료대두에서 유래되는 성분, 메주의 곰팡이

및 세균, 발효 숙성 중의 호염성 젖산균 및 내삼투압성 효모 등 각종 미생물의 대사에 의해서 생성되는 성분 및 이에 따르는 비효소적 화학반응에 의해서 생성되는 성분 등 복합적인 작용에 의해서 생성되기 때문에 다양한 향기성분의 생성 메커니즘을 소상히 밝히는 것은 어려운 일이다. 이와같은 복잡한 요인을 제거하고 각 미생물에 의한 생성 메커니즘을 밝히기 위하여 합성배지를 이용하는 방법이 시도되고 있다(9).

간장의 향기성분 생성에 있어서 가장 중요한 역할을 하는 미생물은 발효 숙성에 관여하는 내삼투압성 효모이며 대표적인 효모는 우리나라 재래식 간장이나 일본식 간장에서 일반적으로 분리되는 *Zygosaccharomyces rouxii*이다(10, 11). 또 일본된장의 경우에 있어서도 특유의 향기를 생성하는 효모는 *Z. rouxii*로 보고되고 있다(12, 13). *Z. rouxii*는 다량의 에탄올, 글리세린 이외에도 각종 알콜류와 페놀류를 비롯하여 수많은 향기성분을 생성하며 간장의 향미를 형성하는

Key words: *Zygosaccharomyces rouxii*, volatile organic acids, soy sauce

*Corresponding author

데 중요한 역할을 하고 있으나(14-16) 우리나라 간장의 향기성분 생성과 효모를 비롯한 미생물과의 관계에 대한 연구는 찾아 볼 수 없으며, 특히 각 가정에서 담고 있는 재래식 간장의 담금시의 식염농도는 일정치 않으나 식염농도의 차이가 간장의 향미에 어떠한 영향을 미치게 되는지 전혀 검토된 바 없다.

본 연구에 있어서는 우리나라의 재래식 간장에서 분리한 *Z. rouxii* 균주를 합성배지에 배양하는 방법으로 식염농도를 달리하였을 때의 배양 중의 총산, 휘발성 유기산 및 알코올의 생성과 각 휘발성 유기산의 생성비에 미치는 영향을 비교, 검토하였기에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

사용균주

본 연구실에서 재래식 간장으로부터 분리한 *Zygosaccharomyces rouxii* So-3101(17)과 생표식품공업주식회사 연구실로부터 분양받은 *Z. rouxii* S-1001의 두 균주를 사용하였다.

배지 및 배양방법

간장 효모의 휘발성 유기산의 생성능을 알아보기 위하여 시험 효모균주를 간장배지(glucose 50 g, yeast extract 5 g, beef extract 5 g, KH_2PO_4 5 g, soy sauce 400 ml, NaCl 50 g, agar 20 g, 증류수 600 ml, pH 4.5)에서 전배양하고 원심분리에 의하여 생리식염수로 세척한 균체현탁액을 식염농도를 달리한 Table 1의 시험배지에 10^5 cell/ml가 되도록 접종하여 30°C에서 16일간 정치배양하였다.

시험배지의 조성은 石原 등(9)의 것에 준하였다. 탄소원으로 glucose를 사용하였고 질소원으로는 대두의 아미노산 조성(18)에 준한 18종의 아미노산을 첨가하였으며 식염농도는 12.5%, 18.0%, 22.0% 및 28.5%가 되도록 각 농도별 배지를 조제하였다. 살균 중에 있어서의 amino-carbonyl 반응을 방지하기 위하여 glucose와 glucose를 제외한 성분을 각각 120°C에서 10분간 살균하고 접종 전에 혼합하여 사용하였다.

균체량, pH 및 배양액 성분의 측정

배양액 중의 균체량은 시료배양액을 spectrophotometer(Shimadzu corp. UV 120-02)로 660 nm에서 측정한 흡광도로 나타내었다.

pH는 pH meter를 사용하여 측정하였고 총산은 시료용액을 원심분리하여 얻은 상층액을 0.1 N

Table 1. Composition of synthetic medium for the production of volatile organic acid by *Z. rouxii*

Glucose	20.0 g
Amino acid as N ^a	0.4 g
KH_2PO_4	2.0 g
$\text{CaCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.1 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5 g
$\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10.0 mg
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10.0 mg
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10.0 mg
Thiamine HCl	0.4 mg
Riboflavin	0.2 mg
Pyridoxine HCl	0.4 mg
Nicotinamide	0.4 mg
Ca-pantothenate	0.4 mg
p-Aminobenzoic acid	0.2 mg
Inositol	2.0 mg
Biotin	0.002 mg
NaCl ^b	125, 180, 220, 285 g
Distilled water	1,000 ml
pH	4.5

^aThe mixture of 18 amino acids was prepared based on the amino acid composition of soybean: isoleucine, 188.7 mg%; leucine, 321.4 mg%; lysine, 254.4 mg%; methionine, 54.6 mg%; cystine, 52.7 mg%; tyrosine, 107.3 mg%; phenylalanine, 221.9 mg%; threonine, 160.8 mg%; tryptophan, 49.4 mg%; valine, 189.3 mg%; arginine, 278.5 mg%; histidine, 109.3 mg%; alanine, 181.5 mg%; aspartic acid, 473.7 mg%; glutamic acid, 771.0 mg%; glycine, 168.5 mg%; proline, 216.0 mg% and serine, 201.0 mg%.

^bThe media with the different salt concentrations were prepared.

NaOH로 적정하여 succinic acid(mg%)로 나타내었으며 휘발성 유기산은 수증기 증류법으로 얻은 증류액을 0.1 N NaOH로 적정하여 acetic acid(mg%)로 나타내었다(19).

Glucose는 시료배양액을 원심분리하여 얻은 상층액을 사용하여 Somogyi변법(20)으로 정량하였다.

생성된 알코올은 산화법(21)으로 정량하였다. 즉 시료용액 10 ml에 탄산칼슘 1 g과 증류수 100 ml를 넣고 수증기 증류하여 100 ml의 증류액을 얻고 이 중 10 ml를 취하여 0.2 N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 용액 10 ml와 진한 염산 10 ml를 섞어서 1시간 방치하여 반응시킨 후 증류수 100 ml와 8% KI용액 6.5 ml를 섞고 0.1 N sodium thiosulfate 용액으로 적정하여 알코올의 양(mg%)을 산출하였다.

휘발성 유기산의 분석

휘발성 유기산의 분석은 横塚 등(22)의 방법에 준하였다. 시료액에 NaCl 1g과 methyl acetate 2ml를 넣어 10분간 진탕한 후 원심분리하여 얻은 methyl acetate 추출액을 gas chromatography(GC)로 분석하였다. GC는 flame ionization detector가 부착된 gas chromatograph(Varian, 500)에 Supelcowax 10 capillary column을 장치하여 주입구와 검출기의 온도는 각각 240°C와 280°C로 하고 컬럼의 온도는 50°C로부터 8°C/min의 속도로 200°C까지 승온시켰으며 운반기체인 질소의 유속은 30 ml/min로 하였다. Chromatogram의 각 봉우리는 그 머무는 시간을 표준유기산의 것과 비교하여 동정하였고 각 봉우리의 면적으로부터 그 유기산의 함량(mg%)을 산출하였다.

결과 및 고찰

배양 중의 경시적변화

Z. rouxii So-3101 균주 및 S-1001 균주를 식염농도를 달리한 배지에서 배양하였을 때 배양 중의 균체량, glucose, pH, 알콜, 총산 및 휘발성 유기산의 경시적인 변화는 Fig. 1~4와 같으며 16일 배양 후의 총산 및 휘발성 유기산의 생성량과 총산에 대한 휘발성 유기산의 비는 Table 2와 같다.

생육은 12.5%의 낮은 식염농도에서 가장 빠르며 18.0~22.0%의 농도에서 억제되고 28.5%에서는 크게 억제되어 완만한 생육을 나타내었다. So-3101 균주는 S-1001 균주에 비하여 22.5% 이하의 낮은 식염농도에 있어서 그 생육이 빠르고 28.5%의 높은 농도에서는 큰 차이를 볼 수 없었다. 내삼투압성 효모로 알려져 있는 *Z. rouxii*의 생육에 대해서 영양을 미치게 되는 식염농도의 정도는 이 등(23, 24)의 간장 덧에서 분리한 *Z. rouxii* 균주에 의한 결과나 佐々木 등(25)의 일본 간장 덧에서 분리한 *Z. rouxii*의 80 균주에 의한 결과와도 유사하였다.

배양 중 두 균주 모두 생육에 비례한 glucose의 소비, pH의 저하 및 총산의 증가를 나타내었다. Glucose는 식염농도가 22.0% 이하의 경우에 있어서는 16일간의 배양으로 두 균주 모두 98% 이상이 이용되었으나 생육이 크게 억제되는 28.5%에 있어서 So-3101 균주와 S-1001 균주는 각각 71.5% 및 78.2%의 낮은 이용율을 나타내었다.

pH는 식염농도가 낮을 수록 급격히 저하되었다. 12.5%와 18.0% 염농도에서 배양 6일째에, 22.0%의 염농도에서는 8일째에 각각 pH 4.0 이하로 저하되고 이후 완만히 저하하는 경향을 보였으며 28.5%의 염농도에서는 배양 16일째에 이르러 pH 4.0 이하로 저

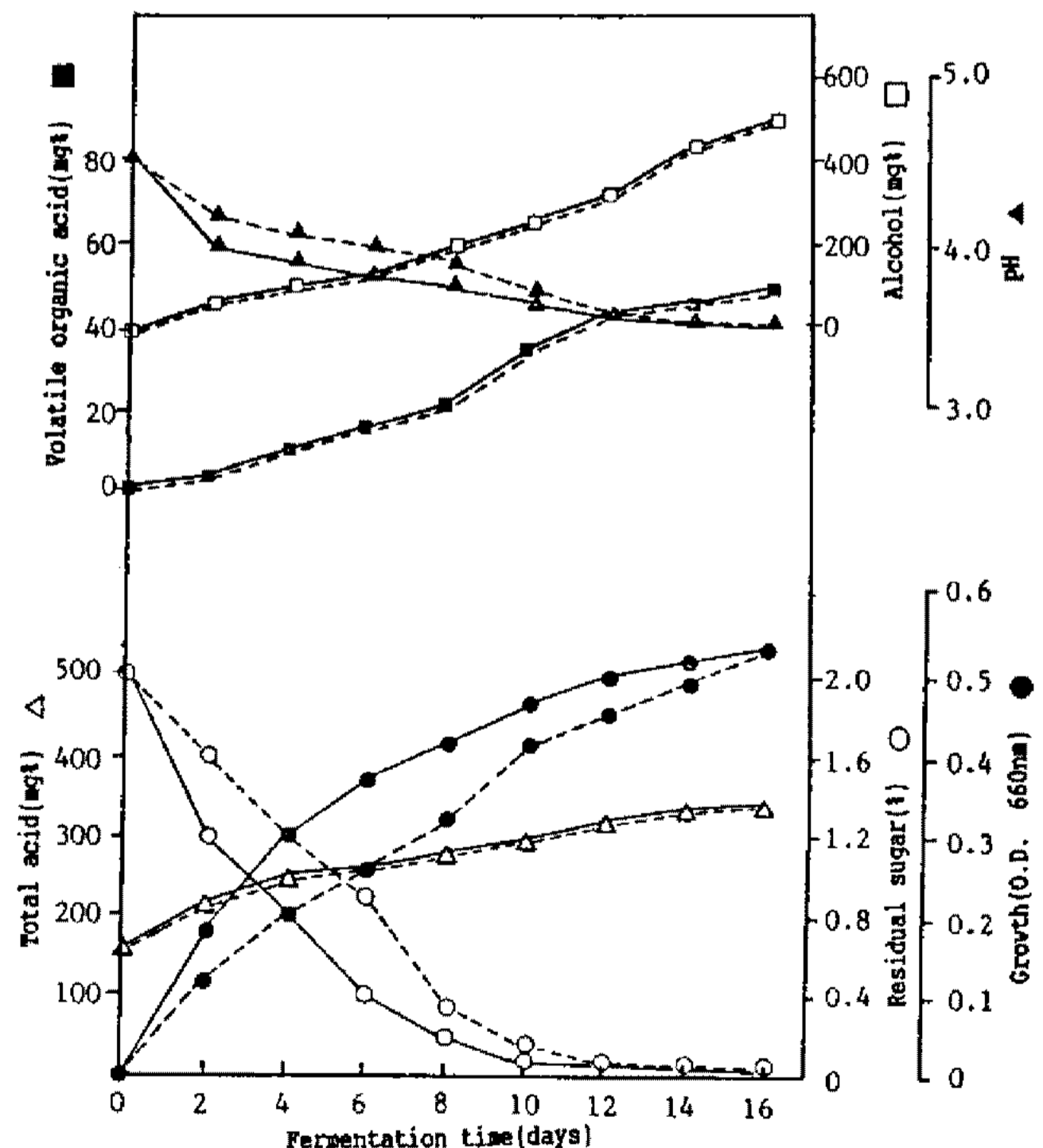
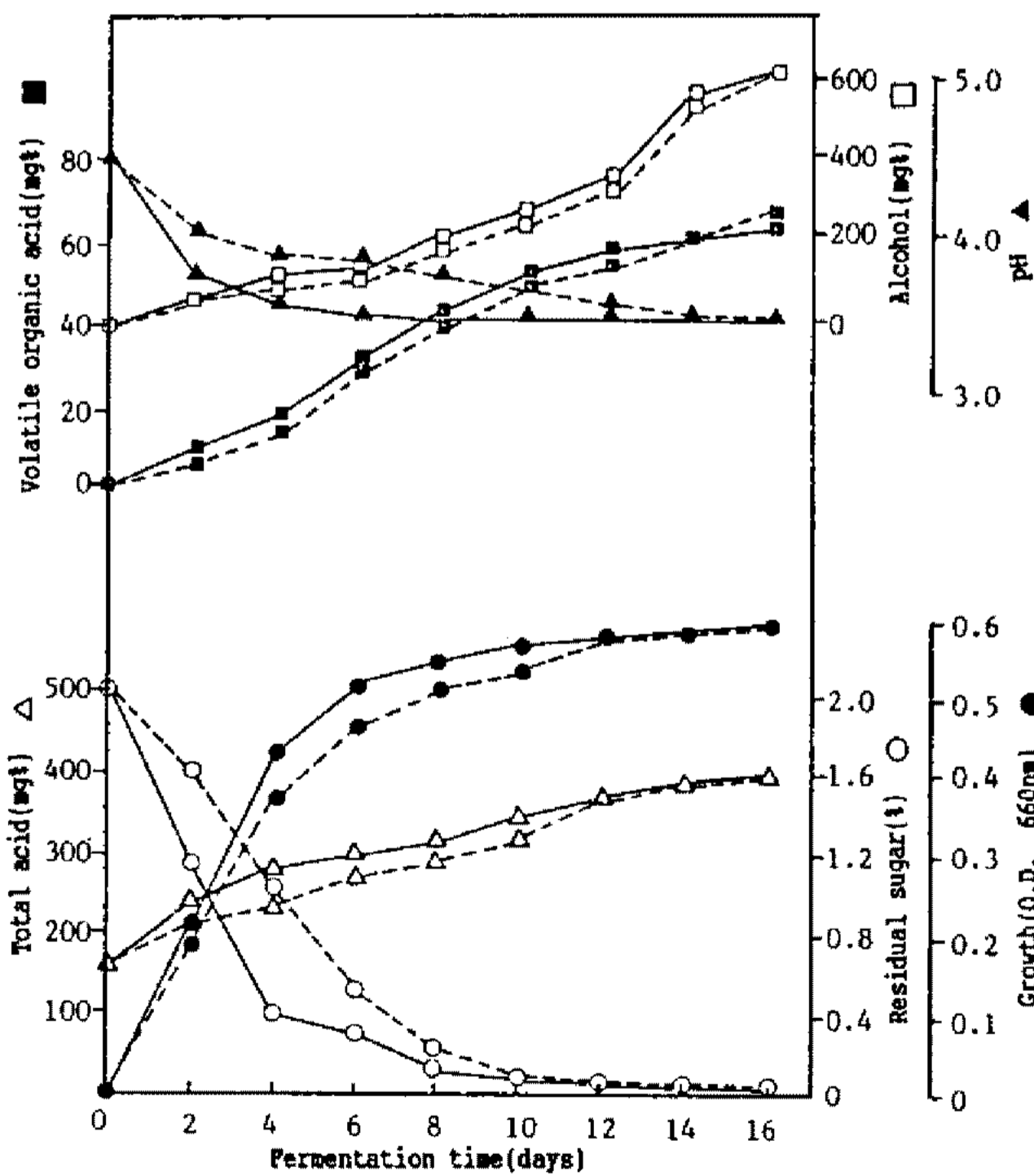


Fig. 1. Changes of the production of total acid, volatile organic acid and alcohol by *Zygosaccharomyces rouxii* So-3101 (—) and S-1001 (---) during the fermentation at the concentration of 12.5% NaCl.

Fig. 2. Changes of the production of total acid, volatile organic acid and alcohol by *Zygosaccharomyces rouxii* So-3101 (—) and S-1001 (---) during the fermentation at the concentration of 18% NaCl.

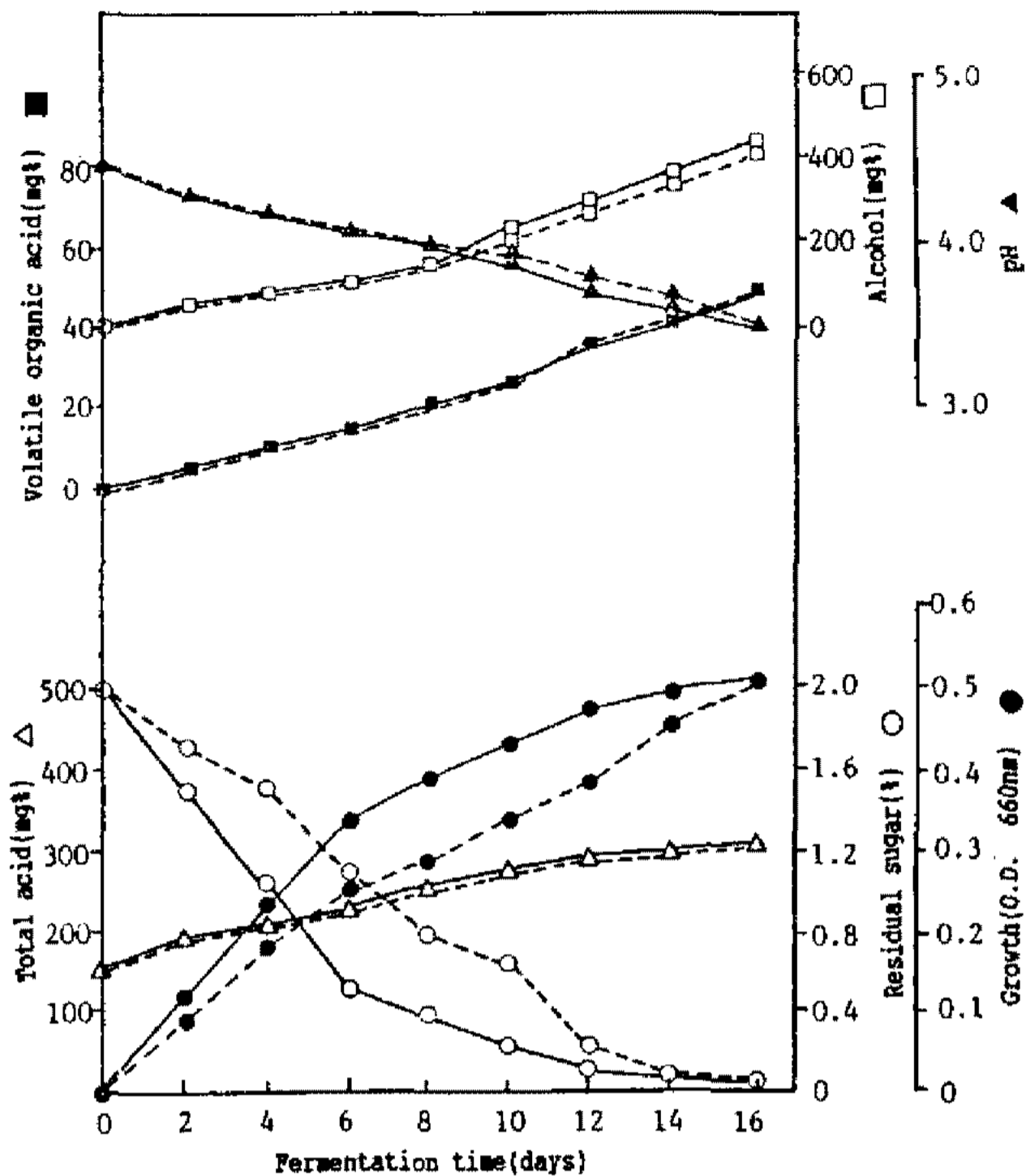


Fig. 3. Changes of the production of total acid, volatile organic acid and alcohol by *Zygosaccharomyces rouxii* So-3101 (—) and S-1001 (---) during the fermentation at the concentration of 22% NaCl.

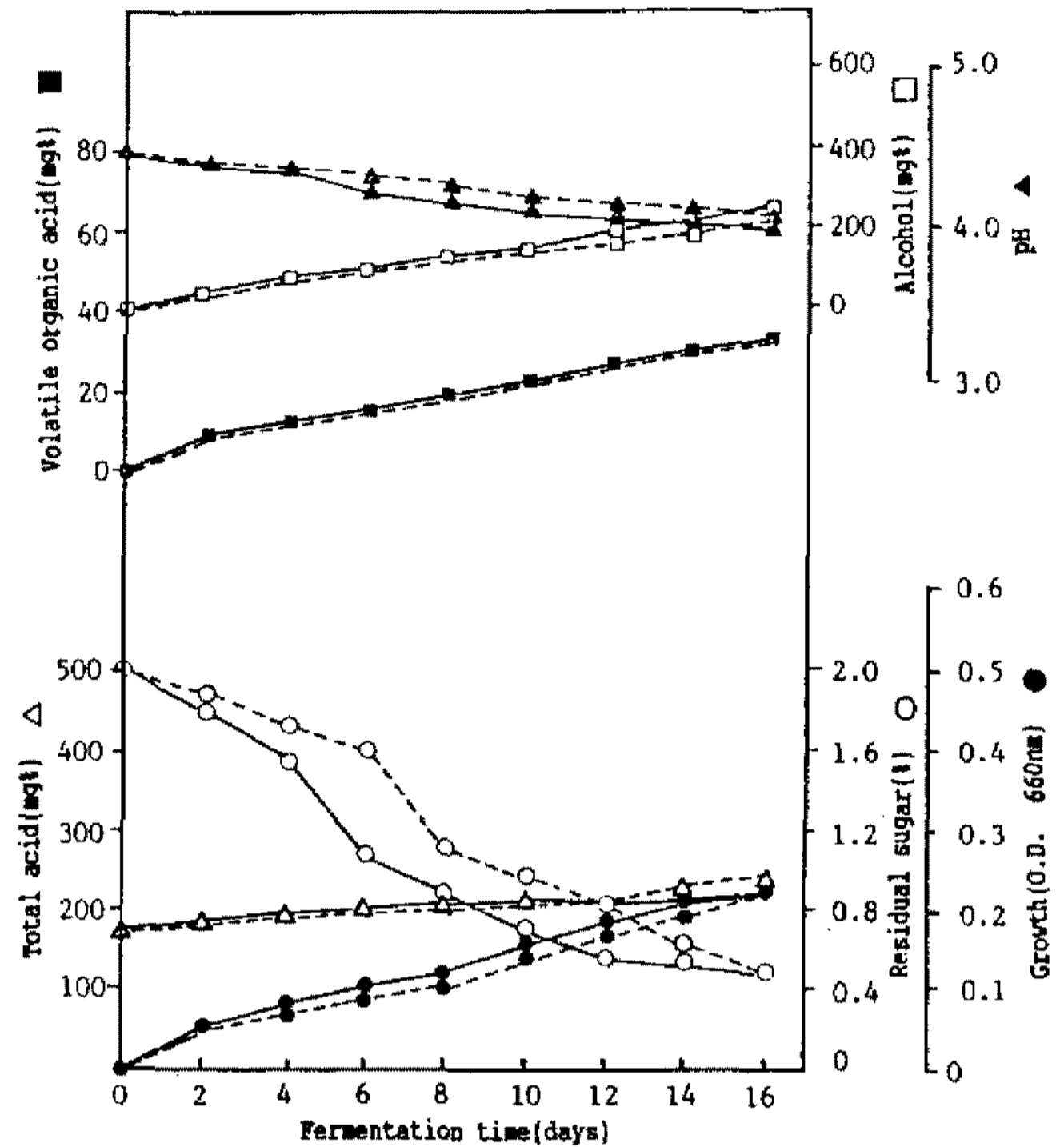


Fig. 4. Changes of the production of total acid, volatile organic acid and alcohol by *Zygosaccharomyces rouxii* So-3101 (—) and S-1001 (---) during the fermentation at the concentration of 28.5% NaCl.

Table 2. Effect of salt concentrations on the production of acid by *Z. rouxii* So-3101 and S-1001^a

	<i>Z. rouxii</i> So-3101				<i>Z. rouxii</i> S-1001			
	Per cent of NaCl (w/v)							
	12.5	18.0	22.0	28.5	12.5	18.0	22.0	28.5
Total acid ^b (mg%)	392.2	329.5	307.2	224.3	393.0	327.8	304.0	233.8
Volatile organic acid ^c (mg%)	60.4	50.1	47.6	30.5	62.1	49.5	48.0	30.4
Volatile organic acid/total acid (%)	15.4	15.2	15.5	13.6	15.8	15.1	15.8	13.0

^aIncubated for 16 days. ^{b,c}The values are expressed as succinic and acetic acids, respectively.

하되었다. 총산은 배양의 경과에 따라 점차로 증가하나 pH의 발효초기의 급속한 변화와는 달리 완만한 증가를 보였고 식염농도가 높아질수록 생성량은 저하되었으며 두 균주의 총산의 생성량에는 큰 차이를 볼 수 없었다.

휘발성 유기산의 생성량은 식염농도가 높아질수록 감소되었고 So-3101 및 S-1001 두 균주의 휘발성 유기산의 생성량은 거의 같았다. 16일 배양 후의 총산에 대한 휘발성 유기산의 생성비는 22.0% 이하의 식염농도에서는 식염농도의 차이에 따른 영향을 거의 볼 수 없으나 생육이 크게 억제되는 식염농도인 28.5%에서는 감소되었다.

알콜의 생성량은 발효의 경과에 따라 균체량의 증

가가 크게 둔화되는 시기부터 크게 증가하게 되고 식염농도가 높아질수록 생성량은 감소되었으며 높은 식염농도에서의 생성량은 So-3101 균주보다 S-1001 균주가 많은 경향이였다. So-3101 및 S-1001의 두 균주의 16일 배양 후에 있어서의 알콜 생성량은 12.5%에서의 생성량에 비하여 18.0%의 농도에서 약 20% 이상, 28.5%의 농도에서 약 60% 이상 각각 감소되었으나 28.5%에서의 생성량은 약 200 mg%로 높은 식염농도에 있어서도 비교적 많은 알콜 생성량을 나타내었다. 이것은 이 등(24)이 간장 덧에서 분리한 *Z. rouxii* T₉ 균주가 26%의 식염농도에서도 알콜의 생성을 볼 수 있었다는 결과와도 같은 경향이였다.

Table 3. Effect of salt concentrations on the production of volatile organic acids by *Z. rouxii* So-3101 and S-1001^a

	<i>Z. rouxii</i> So-3101				<i>Z. rouxii</i> S-1001			
	% of NaCl (w/v)							
	12.5	18.0	22.0	28.5	12.5	18.0	22.0	28.5
Acetic acid	39.9 ^b (68.2) ^c	37.2(76.5)	36.7(79.5)	26.0(87.8)	34.7(57.6)	34.6(72.0)	34.1(73.2)	23.9(81.2)
Propionic acid	3.6(6.1)	1.4(2.8)	1.4(3.0)	0.6(2.0)	3.2(5.4)	1.9(4.0)	1.1(2.4)	0.9(3.0)
Isobutyric acid	3.7(6.3)	0.9(1.8)	1.1(2.4)	0.5(1.6)	3.2(5.3)	1.3(2.7)	1.5(3.2)	0.9(3.1)
n-Butyric acid	0.7(1.2)	1.0(2.0)	N.D ^d	N.D	1.0(1.6)	1.1(2.3)	0.9(1.8)	N.D
Isovaleric acid	2.9(4.9)	2.0(4.2)	1.5(3.2)	0.6(1.9)	4.9(8.1)	2.2(4.7)	2.1(4.5)	1.2(4.0)
Isocaproic acid	6.2(10.5)	4.5(9.3)	5.5(12.0)	2.0(6.7)	11.0(18.2)	5.7(11.8)	5.2(11.1)	2.3(7.9)
n-Caproic acid	0.7(1.2)	N.D	N.D	N.D	1.1(1.7)	N.D	N.D	N.D
Heptanoic acid	1.0(1.6)	1.8(3.6)	N.D	N.D	1.3(2.1)	1.2(2.5)	1.2(2.6)	N.D

^aIncubated for 16 days. ^bThe values are expressed as mg of the volatile organic acid per 100 mL. ^cThe values in parenthesis indicate the percent of a volatile organic acid to the total volatile organic acids. ^dNot detected.

휘발성 유기산 생성에 미치는 식염농도의 영향

두 균주의 배양액으로부터 생성된 휘발성 유기산을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

이들 균주에 의해 생성된 휘발성 유기산으로서 acetic acid, propionic acid, isobutyric acid, n-butyric acid, isovaleric acid, isocaproic acid, n-caproic acid 및 heptanoic acid의 8종의 유기산이 검출되었으며 이중 acetic acid가 총 휘발성 유기산의 57.6~87.8%를 차지하였고 다음으로 isocaproic acid가 식염농도에 따라 차이는 있으나 6.7~18.2%를 차지하였다. 그외 휘발성 유기산의 생성량은 propionic acid, isobutyric acid 및 isovaleric acid의 순이었으며 n-butyric acid, isocaproic acid 및 n-caproic acid는 식염농도가 낮은 경우에 미량 검출되었으나 고농도에서는 검출되지 않았다. 石原 등(9)은 합성배지를 이용한 *Z. rouxii*의 배양액으로부터 acetic acid, propionic acid, isobutyric acid, n-butyric acid 및 2-methylbutanoic acid의 6종의 휘발성 유기산을 검출 보고하고 있으나 본 연구에서는 이들이 보고한 휘발성 유기산 이외에 isovaleric acid, isocaproic acid 및 n-caproic acid를 검출 하였으며 이들이 보고한 2-methylbutanoic acid는 검출되지 않았다.

휘발성 유기산 중 각 산이 차지하는 비는 식염농도에 따라 뚜렷한 차이를 나타내었고 두 균주 모두 식염농도의 증가에 따라 acetic acid는 크게 증가하는데 대해서 그 외의 모든 산은 감소하는 경향이였다.

이상의 결과로부터 *Z. rouxii*는 간장의 발효 숙성 과정에서 acetic acid 등을 주로 한 휘발성 유기산을 생성하여 간장의 향미에 관여하게 되고 또 간장 담

금시의 식염농도에 따라 총산, 휘발성 유기산 및 알코올의 생성량이 달라질 뿐 아니라 acetic acid와 그 외의 휘발성 유기산과의 생성비도 달라지는 결과 간장의 일부 향미에 대해서도 영향을 미치게 될 것으로 생각된다.

요 약

재래식 간장에서 분리한 *Z. rouxii* So-3101과 분양 균주인 *Z. rouxii* S-1001를 식염농도를 12.5%, 18.0%, 22.0% 및 28.5%로 달리한 합성배지에서 각각 배양하여 휘발성 유기산의 생성에 미치는 식염농도의 영향을 비교, 검토하였다. 생육, glucose의 소비, 총산, 휘발성 유기산 및 알코올의 생성은 12.5%의 식염농도에서 가장 높은 값을 나타내며 식염농도가 높아질수록 억제되어 이들 값은 28.5%에서 크게 저하되었다. 총산에 대한 휘발성 유기산의 비는 22.0% 이하의 식염농도에서는 거의 같으나 28.5%의 높은 식염농도에서 감소되었다. 16일간의 배양액으로부터 acetic acid, propionic acid, isobutyric acid, n-butyric acid, isovaleric acid, isocaproic acid, n-caproic acid 및 heptanoic acid의 8종의 휘발성 유기산이 검출되었고 이들 휘발성 유기산 중 주된 산은 acetic acid이며 acetic acid가 차지하는 비는 식염농도의 증가에 따라 크게 증가하였다. Isocaproic acid, propionic acid, isobutyric acid 및 isovaleric acid는 소량 생성되었고 n-caproic acid, n-butyric acid 및 heptanoic acid는 낮은 식염농도에서 미량 검출되었으나 높은 농도에서는 검출되지 않았다.

참고문헌

1. 張智鉉. 1967. 韓國 간장中の 有機酸에 對하여. 農化學會誌 8: 1-9.
2. 김종규, 정승용, 김성영, 정영건, 지원대. 1988. 한국 재래식간장의 휘발성분. 한국식품과학회 제41차 학술발표회 발표논문초록. 식품과학과 산업 21: 87.
3. 田原良純. 1887. 醬油分析說. 日本藥學雜誌 61: 80-89.
4. 黒野勘六, 深井冬史. 1928. 醬油の香氣成分に關する研究. 日本農藝化學會誌 4: 361-383.
5. 山田正一. 1928. 釀造物中に於けるaldehyde類の成因に就いて(第5報). 日本農藝化學會誌 5: 223-234.
6. Nomomura, N., M. Sasaki, A. Asao, and T. Yokotsuka. 1976. Identification of volatile components in Shoyu by gas chromatography-mass spectrophotometry. *Agri. Biol. Chem.* 40: 485-490.
7. Nomomura, N., M. Sasaki, A. Asao, and T. Yokotsuka. 1978. Shoyu volatile flavor components: basic fraction. *Agri. Biol. Chem.* 42: 2123-2128.
8. Nomomura, N., M. Sasaki, A. Asao, and T. Yokotsuka. 1980. Shoyu flavor components: acidic fractions and the characteristic flavor component. *Agri. Biol. Chem.* 44: 339-351.
9. 石原和夫, 本間伸夫, 小笠原長宏. 1985. 味噌酵母の生成する揮發性有機酸. 醱酵工學會誌 63: 279-287.
10. 이택수, 이석건, 신보규. 1970. 간장발효에 관여하는 효모에 관한 연구(제2보). 간장 덧 증에 생육하는 효모에 대하여. 한국농화학회지 13: 171-180.
11. 佐々木西二, 吉田忠. 1966. 北海道内醬油諸味酵母に關する研究(第1報). 酵母の分類および分布. 醱酵工學雜誌 44: 60-71.
12. 望月 務. 1962. 味噌の熟成に關する研究(第2報). 味噌中に於ける酵母の役割について. 醱酵工學雜誌 40: 21-26.
13. 本間伸夫, 今井誠一. 1965. 大豆醱酵食品の微生物に關する研究(第3報). 無菌味噌に添加された*Bacillus*, *Micrococcus*, *Pediococcus* 屬細菌群および耐鹽性酵母群の消長および作用. 醱酵工學雜誌 43: 102-109.
14. 이택수, 이석건, 주영하, 신보규. 1971. 간장발효에 관여하는 효모에 관한 연구(제7보). *Saccharomyces rouxii* T₉을 이용한 간장의 발효시험. 한국농화학회지 14: 121-129.
15. Yokotsuka, T. 1960. Aroma and flavor of Japanese soy sauce. *Adv. In Food Res.* 10: 114-115.
16. 佐々木正興, 森 修三. 1991. 醬油の香り. 日本釀造協會 86: 913-922.
17. 權東鎮. 1988. 재래식, 간장의 내염성효모에 의한 휘발성 유기산의 생성. Pp. 15-22. 東國大學校 1987 學年度 碩士學位 請求論文.
18. 농촌영양개선연구원. 1981. 식품분석표 p. 90. 제2개정판, 수원.
19. 日本醬油研究所. 1985. しょうゆ 試験法, Pp. 20-21. 三雄舎印刷, 東京.
20. Somogyi, M. 1965. Note on sugar determination. *J. Biol. Chem.* 195: 19-23.
21. 日本醬油研究所. 1985. しょうゆ 試験法, Pp. 9-12. 三雄舎印刷, 東京.
22. 横塚保, 佐々木正興, 布村伸武, 淺尾保夫. 1980. 醬油の香り(2). 日本釀造協會誌 75: 717-728.
23. 이택수, 이석건. 1970. 간장발효에 관여하는 효모에 관한 연구(제1보). 제국중에 생육하는 효모에 대하여. 한국농화학회지 13: 97-103.
24. 이택수, 이석건. 1970. 간장 발효에 관여하는 효모에 관한 연구(제3보). 고농도 식염내성 효모의 분리 동정. 한국농화학회지 13: 187-194.
25. 佐々木西二, 吉田忠. 1966. 北海道内醬油諸味酵母に關する研究(第2報). 食鹽濃度と酵母の生育および醱酵との關係. 醱酵工學雜誌 44: 158-165.

(Received February 14, 1994)