

ヤーコンビネガーの開発*

本堂正明・宇野豊子・奥村幸広・山木 携

Development of Yacon Vinegar
(Studies on the Development of Sweetener Sources for Seasonings, Part V)

Masaaki HONDO, Toyoko UNO, Yukihiro OKUMURA and Tazusa YAMAKI

To develop vinegar from yacon juices containing fructooligosaccharides, the effect of the following factors on acetic acid fermentation was evaluated: initial pH, initial ethanol concentration, starter volume, type of yacon juice, and culture method. When the surface culture method was used with *A. pasteurianus* IFO14814, acetic acid fermentation was generally favorable when the initial pH, initial ethanol concentration and starter volume were 5.0, 5.5% and 10%, respectively. Under such conditions, the desired acetic acid content was produced after 20 days of cultivation in the OC-2(10ds)YJ sample and after 32 days in the OC-2(1d)YJ sample. However, acetic acid production was small in the YJ and OC-2(Glu•2ds)YJ samples, and no acetic acid was produced in the OC-2(Glu•1d)YJ sample. Using the shaking culture method, desired acetic acid content was produced after five days in almost all cases. In addition to reducing the cultivation period and facilitating consistent fermentation, the shaking method resulted in only a slight decrease in fructooligosaccharide content. Sensory tests of the yacon vinegar produced by normal acetic acid fermentation found a reduced odor level and relatively good product quality.

YJ: Yacon juice; OC-2(1d)YJ: Juice after one day of ethanol fermentation by OC-2; OC-2(Glu•1d)YJ: Juice after one day of ethanol fermentation by OC-2 following the addition of glucose (70g to 1l of juice); OC-2(Glu•2ds)YJ: Juice after two days of ethanol fermentation by OC-2 following the addition of glucose; OC-2(10ds)YJ: Juice after 10 days of ethanol fermentation by OC-2

根菜ヤーコンには、整腸作用を有するフラクトオリゴ糖¹⁾が多量に含まれているため、新規の健康野菜として注目されている。しかしながら、根菜は、貯蔵中に、萎縮、腐敗あるいは変色するため、生食用としての利用には限界がある。また、フラクトオリゴ糖は貯蔵中に徐々に分解されて減少する²⁾。そのため、塊根の利用を図るためには、収穫後、できるだけ早い時期に加工処理される必要がある。しかしながら、塊根を搾汁して利用する場合、破碎時に、酸化酵素が作用して、汁液が褐変する。これを抑えるには、剥皮処理前に塊根をそのまま、ある

いは汁液を無酸素下で調製しながら、加熱処理することなどが考えられるが、装置や処理量の問題などで現実的ではない。また破碎時にビタミンCなどの酸化防止剤を添加する方法もあるが、完全にはおさえられない。いずれも、過度な加熱が行われたり、汁液pHの低下などで、フラクトオリゴ糖が加水分解され、含量が減少する可能性も考えられる。そこで、汁液の着色は避けられないが、破碎搾汁後に加熱処理を行い、酵素失活させるのが、処理が容易で実際的な方法と考えられた。しかしながら、得られた汁液は着色に加えて濁りや青臭みなどがあるた

* 甘味調味食品素材の開発に関する試験研究 (第5報)

めに、直接食品に利用するのは難しく、これまで、粉末活性炭処理法³⁴⁾を取り上げ、汁液の脱色、清澄化及び脱臭を検討してきた。一方、酵母、紅麹菌や乳酸菌などの微生物処理法⁵⁾により、不快臭除去、酸味付与あるいは香味醸成などを試みた。その結果、これらの各処理汁液が各種食品素材として十分利用できることを報告してきた。そこで、本報では、後者の方法の一環として、酢酸菌⁶⁾を利用した青臭みの低減化と同時に、酢酸の機能性や保存性及びフラクトオリゴ糖の機能性などが期待できるフラクトオリゴ糖含有ヤーコンビネガーの開発を目的に試験を行った。これまで、大豆オリゴ糖酢調製の報告⁷⁾がみられ、また、イソマルトオリゴ糖酢などが商品化されているが、フラクトオリゴ糖含有ヤーコンビネガーの開発は行われていないため、得られた知見を報告する。

実験方法

1. 材料及び汁液の調製

1992(平成4年)11月収穫の置戸町産ヤーコン塊根を供試材料に用いた。洗浄、水切り後、凍結保存し、これを解凍して使用した。汁液の調製法は前報³⁾に準じて行った。

2. 供試微生物、供試培地及び培地の加熱殺菌

汁液のアルコール発酵には、ワイン酵母の協会酵母1号(OC-2)を用いた。酢酸発酵には、*Acetobacter pasteurianus* IFO 14814(以下、*A. pasteurianus* IFO 14814と略記)を使用した。OC-2の菌体増殖用には、MY培地(グルコース1%、ペプトン0.5%、酵母エキス0.3%、麦芽エキス0.3%)を、酢酸菌の培養には、ポリペプトン:0.5%、酵母エキス:0.5%、グルコース:0.5%、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$:0.1%の組成の培地を用いた。培地の殺菌は、オートクレーブを用い、121°C、15分の条件で行った。

3. 未補糖及び補糖汁液の加熱殺菌

3L容ステンレス製キッチンポットに未補糖汁液1L(補糖汁液の場合は、汁液1Lに対して70gの無水グルコースを添加)を入れ、熱水中で、80°C、15分加熱殺菌した。これを水道水で急冷後、アルコール発酵試験用汁液とした。

4. アルコール発酵試験

(1) OC-2菌体懸濁溶液の調製

殺菌された1L容バツフル付三角フラスコ中のMY培地200mlに、一白金耳のOC-2を接種後、30°C、150rpmの回転数で、2日間、振とう培養した。次に、冷却遠心分離機を用いて、培養液を遠心分離(5,000rpm、20分)し、上澄液を除去後、得られた菌体沈殿物を滅菌水

で洗浄した。これを遠心分離(3,000rpm、10分)し、上澄液を除去後、もう一度滅菌水で洗浄し、得られた菌体沈殿物の容量1に対して、40%グリセリン溶液1容を添加した。OC-2菌体懸濁20%グリセリン溶液として、-80°Cに凍結保存後、解凍して使用した。菌体懸濁溶液1mlあたりの生菌数は、 4×10^9 個であった。

(2) OC-2添加と培養条件

殺菌済み目盛り付遠心チューブに解凍後、OC-2懸濁溶液2.5mlを入れ、遠心分離(3,000rpm、10分)し、上澄液除去後、菌体を2倍量の滅菌水を加えて洗浄した。これを再度、遠心分離(同上)し、上澄液を除去後、滅菌水を加えて、容量を5mlに調整した。これを全量、加熱殺菌した未補糖汁液(1L)及び補糖汁液(70g+1L)に添加した。汁液1mlあたり、 1×10^7 個の菌数添加として、前者を用いたアルコール発酵試験では、1日間と10日間に培養日数を設定した。一方、後者を用いたアルコール発酵試験の場合には、1日間と2日間に培養日数を設定した。以上の培養日数で、25°C、静置培養した。培養終了後、冷却遠心分離(5,000rpm、20分)し、酵母菌体を除去し、得られた上澄液を、次の酢酸発酵試験用汁液とした。

5. 酢酸発酵試験

(1) *A. pasteurianus* IFO 14814を用いた前培養液(種菌)の調製

A. pasteurianus IFO 14814菌体懸濁20%グリセリン溶液(OC-2菌体懸濁溶液の調製法と同様の手順で調製)の凍結保存液を適量解凍後、200 μ lを殺菌された1L容バツフル付三角フラスコ中の酢酸菌増殖用培地200mlに接種し、30°C、200rpmの回転数で、2日間振とう培養した。得られた*A. pasteurianus* IFO 14814培養液を種菌として使用した。

(2) 各種供試汁液

補糖もアルコール発酵処理もしない未処理のヤーコン汁液(以後、YJと略記)と前述のアルコール発酵処理したヤーコン汁液、すなわち、未補糖で1日間、補糖して1日間、補糖して2日間、未補糖で10日間、それぞれ培養したヤーコン汁液を用いた。(以後、OC-2(1d)YJ、OC-2(Glu \cdot 1d)YJ、OC-2(Glu \cdot 2ds)YJ、及びOC-2(10ds)YJと略記)

(3) 供試汁液のエタノール濃度調整、pH調整及び加熱殺菌

静置培養法では、400ml、振とう培養法では160mlの供試汁液を用いた。最終的な酢酸発酵時の培養液量を、前者で500ml、後者で200mlに設定した。培養液の初発

エタノール濃度 (w/v) が、5.5%または10%になるように、各種供試汁液の生成エタノール量に応じて、エタノール溶液 (99.5%) を添加した。ただし、初発エタノール濃度が3.4%の試料と、OC-2(10 ds)YJ を用いた試料は、エタノール溶液無添加である。生成エタノール量のみから得られる値を初発エタノール濃度とした。次に、1 N-HCl 又は 1 N-NaOH 溶液で、初発 pH を 3.0、5.0 または 7.5 に調整後、所定の容量に調整するため、蒸留水を添加した。これを、1 L 容バツフル付三角フラスコに入れ、70°Cの湯浴中、還流冷却下で、65°C、15 分加熱殺菌した。速やかに、水道水で急冷後、以後の試験に供した。

(4) 種菌添加と培養条件

静置培養法では、酢酸発酵時の培養液量 500 ml に対して *A. pasteurianus* IFO 14814 の前培養液を 5、10 または 15% 添加し、30°C、32 日間培養した。振とう培養法では、培養液量 200 ml、初発 pH 5.0、初発エタノール濃度 5.5% (エタノール無添加試料の OC-2(10 ds)YJ では 4.8%)、種菌添加量 10%、30°C、200 rpm で、7 日間培養した。

6. 分析方法

(1) OC-2 生菌数の測定

OC-2 懸濁溶液中の生菌数を常法により測定した。すなわち、試料希釈液を市販の生菌数測定用標準寒天培地に接種し、37°C、2 日間培養後、生じたコロニーを数え、生菌数とした。

(2) 培養液から試料液のサンプリングと前処理

静置及び振とう培養した各培養液より、約 8 ml の試料液を経時的にサンプリングした。サンプリング液を直接用いて、pH と brix をそれぞれ測定した。測定後、遠心分離 (3,000 rpm、10 分) し、上澄液を得、これを 0.45 μ m のメンブランフィルターで精密ろ過し、得られたろ過液をエタノール、酢酸、その他の有機酸及び各糖質成分測定に供した。

(3) pH、brix 及び重量減少率

pH は pH メータを使用し、サンプリング液をスターラで攪拌しながら測定した。brix はデジタル糖度計を使用し、室温で測定した。重量減少率 (%) は、試料液サンプリング後の培養液の重量と次のサンプリング直前の培養液の重量を測定し、その間の重量減少量を差し引いて求め、最初のサンプリング後の重量を基準にして算出した。

(4) エタノール、各有機酸及び各糖質含量

エタノールは前報⁵⁾に従い、ゲルろ過分離モード用の TSKgel G-Oligo-PW カラムを用いた HPLC 法で測定

した。酢酸及びその他の有機酸 (クエン酸、リンゴ酸、コハク酸及び乳酸) は前報⁵⁾に準じ、有機酸分析用カラムを用いた BTB 法による反応型 HPLC 法で測定した。フラクトース、グルコース、シュクロース及びフラクトオリゴ糖、すなわち、3 糖の 1-kestose、4 糖の nystose、5 糖、6 糖、7 糖、8 糖、9 糖及び 10 糖を、前報⁵⁾に準じて、順相分配分離モード用の TSKgel Amide-80 カラムを用いた HPLC 法で測定した。5 糖以上のフラクトオリゴ糖の定量には、ニストース (4 糖) を標準物質に用いた。5~10 糖含量とは、それぞれのフラクトオリゴ糖含量値を足した値である。

7. 官能審査

静置培養法では、培養 32 日後の汁液を、振とう培養法では、培養 7 日後の汁液を用いた。それぞれ冷却遠心分離 (5,000 rpm、20 分) した上澄液を供試した。酢酸発酵汁液の味と香りを、青臭み除去の程度、異味不快臭発生の有無などを基準に、良好 (青臭みがない、異味不快臭がない)、普通 (異味不快臭の発生はないが、多少、青臭みが残っている)、悪い (青臭みがほとんど残存している、または異味不快臭が生じている) で評価した。

実験結果と考察

1. アルコール発酵

図 1 に未補糖汁液を用いた培養液の重量減少率、培養液 pH、brix 及びエタノール生成量の経時変化を示した。9 日間の培養で、主に発酵、呼吸や蒸散作用などによると考えられるが、6.3% 重量が減少した。アルコール発酵によりエタノールが 5.4% 生成され、pH が 6.2 から 4.8 に低下した。brix は、15.4 から 5.1 に低下した。

図 2 に各糖質含量の経時変化を相対含量 % で示した。1 日間の培養で、ほぼ、フラクトース、グルコース及び

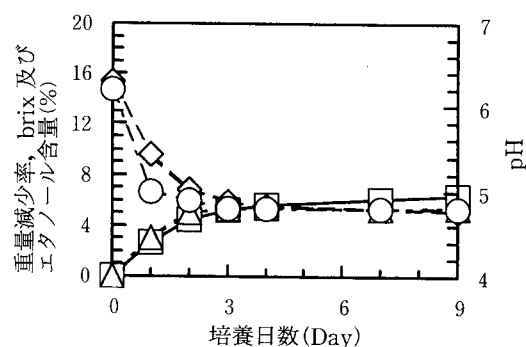


図 1 OC-2 静置培養と重量減少率、培養液 pH、brix 及びエタノール生成量の経時変化
—□—; 重量減少率, —◇—; brix,
---△---; エタノール, —○—; pH

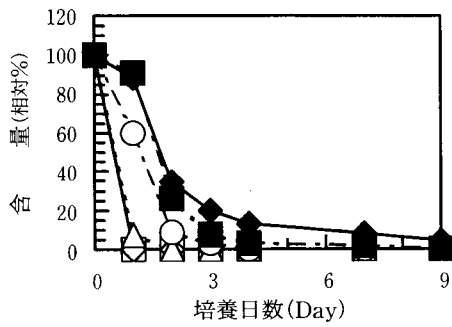


図2 OC-2 静置培養と各糖質含量の経時変化
 □: Fru, ◇: Glu,
 △: Suc, ○: 3糖 (1-Kes),
 ■: 4糖 (Nys), ◆: 5糖~10糖

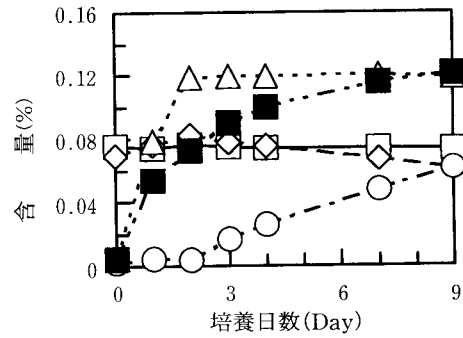


図3 OC-2 静置培養と有機酸含量の経時変化
 □: クエン酸, ◇: リンゴ酸,
 △: 乳酸, ○: 酢酸,
 ■: コハク酸

シュクロースは資化されてほとんどなくなった。フラクトオリゴ糖も順次資化され、4日目以降では、1-ケストースとニストースも、ほぼなくなった。若干、5~10糖が残存するが、絶対量は9日目では、0.2%であった。

図3に各有機酸含量の経時変化を示した。クエン酸とリンゴ酸含量は顕著な変化ではなかった。乳酸、コハク酸及び酢酸が若干量生成された。

以上の結果(図1~図3)から、未補糖汁液を用いたアルコール発酵試験では、できるだけフラクトオリゴ糖を残存させ、エタノールの生成量を増やすためには、培養日数は1日間が適切であると考えられた。一方、フラ

クトオリゴ糖が消費されてほとんどなくなるが、生成エタノールのみで酢酸発酵を行わせ、かつコハク酸などの有機酸生成量を増やすためには、培養日数が長いほどよかったが、以後の未補糖汁液を用いたアルコール発酵試験では、培養日数を10日間とした。

表1に、酢酸発酵試験で用いた供試汁液のpH、エタノール含量及び各糖質含量を示した。OC-2(1d)YJでは全フラクトオリゴ糖含量が約半分ほど残存している。一方、OC-2(10ds)YJでは、重合度の高いフラクトオリゴ糖が若干であるが残存するのみである。フラクトオリゴ糖の消費を抑えるために、炭素源としてグルコースを補

表1 各種供試汁液のpH、エタノール及び各糖質含量

供試汁液	YJ	(Glu)YJ	OC-2(1d)YJ	OC-2(Glu・1d)YJ	OC-2(Glu・2ds)YJ	OC-2(10ds)YJ
pH	6.1	6.0	4.9	4.7	4.6	4.8
エタノール	0.0	0.0	3.92	3.71	6.32	6.12
Fru	3.2	3.2	0.4	2.0	0.1	0.0
Glu	1.9	8.1	0.2	1.5	0.0	0.0
Suc	0.8	1.0	0.0	0.3	0.1	0.0
3糖 (1-Kes)	1.8	1.8	0.3	1.7	0.8	0.0
4糖 (Nys)	2.4	2.2	1.5	2.4	2.0	0.0
5糖	1.5	1.4	0.8	1.5	1.2	0.0
6糖	0.7	0.8	0.5	0.8	0.7	0.0
7糖	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.1
8糖	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
9糖	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
10糖	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
全FOS含量	7.2	7.0	3.9	7.2	5.5	0.4
TS (全糖) 含量	13.1	19.3	4.5	11.0	5.7	0.4
TS消費量	0	0	8.6	8.3	13.6	12.7
TS(g)/1%EtOH			2.2	2.2	2.2	2.1

YJ; 未補糖でアルコール発酵処理をしていない未処理のヤーコン汁液
 (Glu)YJ; 無水グルコース 70g + 未処理ヤーコン汁液 1L, OC-2; ワイン酵母 (協会酵母 1号)
 1d; 1日間培養, 2ds; 2日間培養, 10ds; 10日間培養
 Fru; フラクトース, Glu; グルコース, Suc; シュクロース, FOS; フラクトオリゴ糖

糖したものは、OC-2(Glu・1 d)YJ では、フラクトースとグルコースが十分資化されず残存している。また全フラクトオリゴ糖含量もあまり減少していない。一方、OC-2(Glu・2 ds)YJ では、フラクトース、グルコース及びシュクロースがほとんど資化されてなくなっているが、まだ全フラクトオリゴ糖含量は8割近く残存している。

2. 酢酸発酵

(1) 静置培養

1) 初発 pH, 初発エタノール濃度及び種菌添加量の影響

酢酸発酵に及ぼす初発 pH, 初発エタノール濃度及び種菌添加量の影響を重量減少率, brix, 培養液 pH, エタノール含量及び酢酸含量の経時変化から検討した。図には示していないが、重量減少率は、初発 pH, 初発エタノール濃度及び種菌添加量などで、顕著な差がなく、培養 32 日後では、約 5~8%であった。酢酸発酵の程度や有無にかかわらず、静置培養法では、この程度の重量の減少があるものと考えられた。

図 4-(1)に初発 pH, 初発エタノール濃度及び種菌添加量と brix の経時変化の関係を示した。brix の経時変化では、初発 pH 3.0 の場合、brix が急激に低下した。恐らく、初発 pH が低いために、フラクトオリゴ糖が分解され、生じたフラクトースが消費されて、brix が低下したものと考えられる。酢酸発酵することなく、酢酸菌の増殖、呼吸もしくは他の代謝に使われて減少したものと考えられた。

図 4-(2)の培養液 pH の経時変化では、初発 pH 7.5 の試料では、培養中、ほとんど pH は低下しなかった。初発 pH 3.0 の試料では、若干 pH が上昇した。初発エタノール濃度 10%の試料では、pH の変化は小さかった。初発 pH が 5.0 の試料では、pH が低下した。その中で、初発エタノール濃度が 5.5%の試料より、初発エタノール濃度が 3.4%の試料の方が、早く pH が低下した。一方、種菌添加量が 10%と 15%の試料では、pH の低下には、ほとんど差がなかった。種菌添加量が 5%の試料では、pH の低下が遅かった。これまでの pH 変化の結果より、恐らく、初発 pH 3.0 と 7.5, 初発エタノール濃度が 10%の試

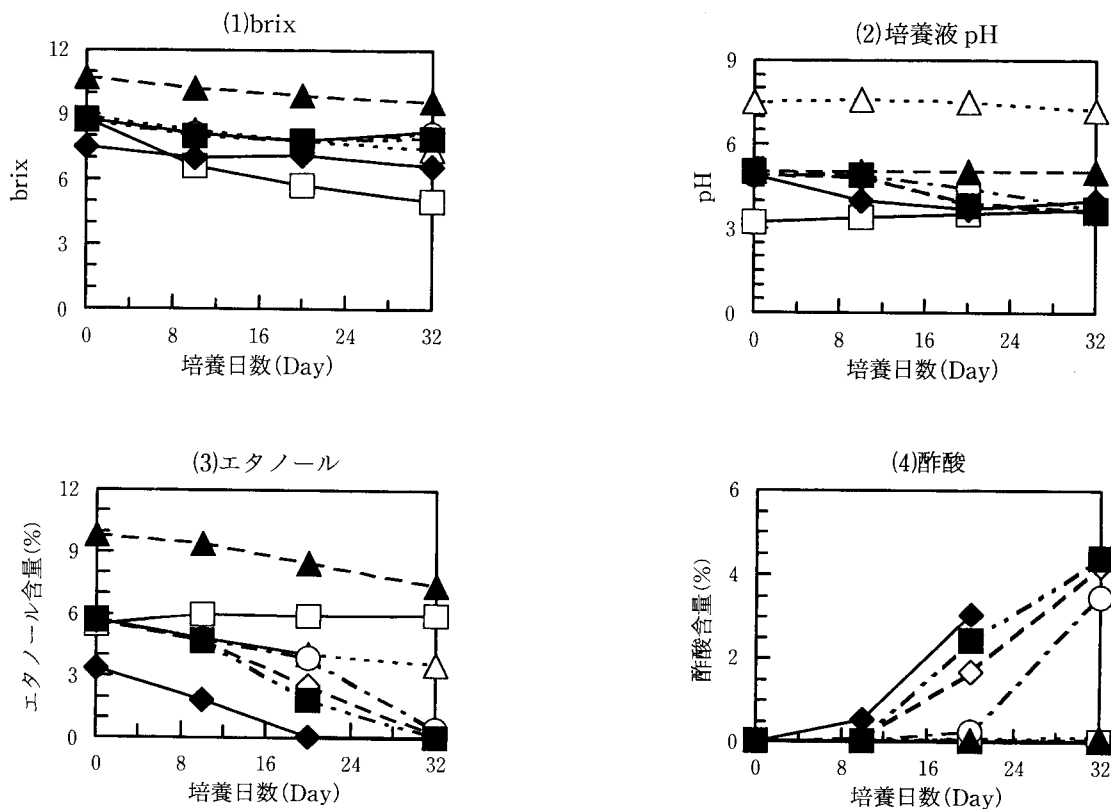


図 4 OC-2(1d)YJ を用いた *A. pasteurianus* IFO 14814 静置培養と brix, 培養液 pH, エタノール含量及び酢酸含量に及ぼす初発 pH, 初発エタノール濃度及び種菌添加量の影響

□: pH 3.0・5.5%・10%, ◇: pH 5.0・5.5%・10%, △: pH 7.5・5.5%・10%,
○: pH 5.0・5.5%・5%, ■: pH 5.0・5.5%・15%, ◆: pH 5.0・3.4%・10%,
▲: pH 5.0・10%・10%

料では、酢酸発酵されていないものと考えられた。

図4-(3)のエタノール含量の経時変化より、初発 pH が 5.0 で、初発エタノール濃度が 3.4% の試料では、20 日間でエタノールがなくなった。一方、初発エタノールが 5.5% の試料では、エタノールは 32 日間で消費されてなくなった。初発エタノールが 5.5% の試料の中では、20 日目のエタノール含量の比較から、種菌添加量が 5% の試料より種菌添加量が 10% 及び 15% の試料の方がエタノール含量が早く低下した。初発 pH が 7.5 及び初発エタノール濃度が 10% の試料では、エタノールの低下が認められるが、酢酸発酵によって、酢酸に変換されたためではなく、蒸散によるものと考えられた。初発 pH が 3.0 では、エタノール含量の変化はあまりなかった。

図4-(4)の酢酸含量の経時変化から、初発 pH が 5.0 の試料の場合には、酢酸が生成されたが、3.0 と 7.5 の試料では生成されなかった。また、初発エタノール濃度が 10% の試料の場合にも、生成されなかった。一方、初発エタノール濃度が 3.4% と 5.5% の試料では酢酸が生成され、5.5% より 3.4% の方が、酢酸が早く生成された。初発エタノール濃度を低下させれば、酢酸発酵が早まることから、今後は複数回に分けて、エタノール濃度を調整することも検討する必要があると考えられた。種菌添加量の比較では、添加量の多い方が、酢酸生成量が多かったが、図4-(3)のエタノール含量の結果と同様、10% と 15% の試料では顕著な差ではなかった。

以上の結果(図4-(1)~図4-(4))から、初発 pH と種菌添加量をそれぞれ 5.0 と 10% に設定した。初発エタノール濃度については、初発エタノール濃度が 3.4% では、醸造酢として求められる 4~5% の酢酸量が得られないので、5.5% を選択して、以後の酢酸発酵試験を行った。

2) 各種供試汁液の影響

酢酸発酵に及ぼす各種供試汁液の影響を重量減少率、brix、培養液 pH、エタノール含量及び酢酸含量の経時変化から検討した。図には示していないが、重量減少率は、32 日後には、約 5~8% を示した。1) の結果と同様、供試汁液による差は小さかった。

図5-(1)に、供試汁液と brix の経時変化の関係を示した。各供試汁液ともに、培養中の brix の変化は小さかった。brix からは酢酸発酵の有無や程度の差は明確ではなかった。

図5-(2)の培養液 pH の経時変化から、OC-2(10 ds) YJ では、培養 22 日後に、pH が 3.6 に低下した。一方、32 日後に、OC-2(1 d) YJ では pH が 3.6 に、YJ では 3.7

に、OC-2(Glu・2 ds) YJ では 4.1 に、OC-2(Glu・1 d) YJ では 4.6 に低下した。pH 低下から、簡単に酢酸発酵が行われているとは言えないが、ヤーコンの場合には、少なくとも、pH が 3.6 前後を示す供試汁液は酢酸発酵が正常に行われていると考えられた。

図5-(3)のエタノール含量の経時変化より、OC-2(10 ds) YJ では、22 日後にエタノール含量が 0.1% に低下した。一方、培養 32 日後に、OC-2(1 d) YJ ではエタノール含量が 0.2% に、YJ では 1.1% に、OC-2(Glu・2 ds) YJ では 1.6% に、OC-2(Glu・1 d) YJ では 3.3% に低下した。順調に酢酸発酵が進めば、大部分のエタノールが酢酸に変換され、エタノールがほぼなくなるため、OC-2(10 ds) YJ と OC-2(1 d) YJ では、酢酸発酵が正常に行われたものと考えられる。

図5-(4)の酢酸含量の経時変化より、OC-2(10 ds) YJ では、20 日後に、4.2%、OC-2(1 d) YJ では 32 日後に、4.2% の酢酸が生成された。後者よりも前者では発酵が早かったが、この理由としては、酢酸発酵を阻害したり、遅延させる炭素源や窒素源など何らかの汁液中の成分が、1 日間の OC-2 による培養より 10 日間の培養で減少したためと考えられる。一方、32 日後においても、YJ 及び OC-2(Glu・2 ds) YJ では、酢酸生成量は十分ではなく、酢酸発酵が遅れていると考えられた。OC-2(Glu・1 d) YJ ではほとんど、酢酸が生成されず、酢酸発酵が行われなかったと考えられる。

(2) 振とう培養と各種供試汁液の影響

各供試汁液の酢酸発酵に及ぼす振とう培養法の影響を重量減少率、brix、培養液 pH、エタノール含量及び酢酸含量の経時変化から検討した。

図6-(1)に重量減少率を示した。各供試汁液による差はほとんどなく、10%~16% であった。振とうにより蒸散も多くなるため、静置培養法と比べると、重量減少率は大きかった。

図6-(2)の brix の経時変化では、OC-2(1 d) YJ、OC-2(Glu・1 d) YJ、YJ 及び OC-2(10 ds) YJ の試料では、対照試料と比べて、培養中、若干 brix が増加した。これは酢酸発酵が行われていることと関係があるものと考えられた。

図6-(3)に各供試汁液の培養液 pH の経時変化を示した。培養 5 日目で、各供試汁液ともに、pH がほぼ一定になった。pH は、YJ では 3.3 に、OC-2(1 d) YJ で 3.5 に、OC-2(Glu・1 d) YJ で 3.4 に、及び OC-2(10 ds) YJ で 3.5 に低下した。静置培養法と比べると振とう培養法の方が、いずれの試料も pH が低かった。

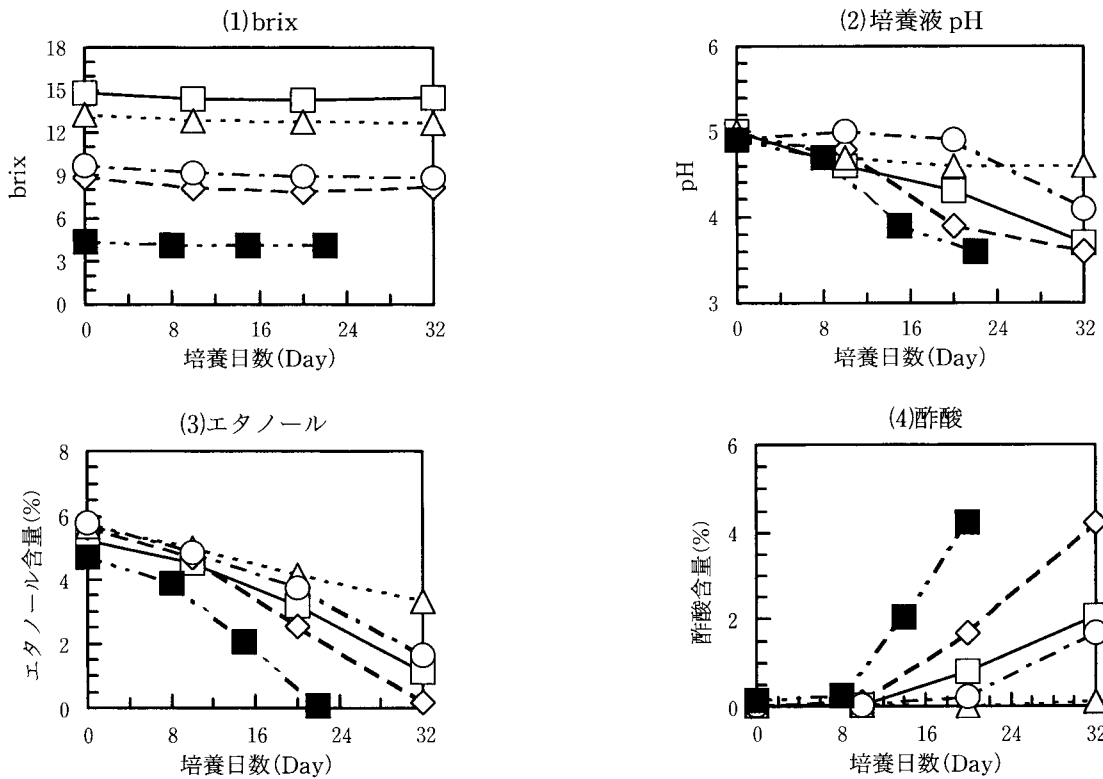


図5 *A. pasteurianus* IFO 14814 静置培養と各供試汁液中の brix, 培養液 pH, エタノール含量及び酢酸含量の経時変化
 —□—; YJ・(AE), —◇—; OC-2(1 d)YJ・(PE+AE), ---△---; OC-2(Glu・1 d)YJ・(PE+AE),
 —○---; OC-2(Glu・2 ds)YJ・(PE+AE), —■---; OC-2(10 ds)YJ・(PE),
 PE; アルコール発酵生成エタノール, AE; 添加エタノール

図6-(4)にエタノール含量の経時変化を示した。OC-2(1 d)YJ, OC-2(Glu・1 d)YJ, YJ 及び OC-2(10 ds)YJ の試料では、培養5日目で、エタノールがほぼなくなった。

図6-(5)に酢酸含量の経時変化を示した。培養2日目で、OC-2(10 ds)YJ の酢酸生成量が多く、静置培養と同様の結果となり、発酵性が良い試料と考えられた。一方、OC-2(1 d)YJ, YJ 及び OC-2(Glu・1 d)YJ のいずれの試料も、培養5日目に、酢酸が同量程度生成され、正常に酢酸発酵が終了したものと考えられた。OC-2(Glu・1 d)YJ の試料は、静置培養法では、全く酢酸発酵できなかった試料であるが、振とう培養法では、空気が十分供給された結果、正常な酢酸発酵が進められたと考えられる。

3. 各糖質含量

(1) 静置培養

1) 初発 pH, 初発エタノール濃度及び種菌添加量の影響

酢酸発酵中の各糖質成分、とりわけ、フラクトオリゴ糖含量の消長を把握することは、フラクトオリゴ糖含有ヤーコンビネガの開発上、極めて重要であるので、各

培養条件と各糖質含量の経時変化の関係を検討した。

図7-(1)に、初発 pH, 初発エタノール濃度及び種菌添加量と1-ケストース含量の経時変化の関係を示した。初発 pH が 3.0 と 7.5, 初発エタノール濃度が 10% の試料では、いずれも酢酸発酵が行われなかった試料である。培養中、初発 pH 3.0 では、1-ケストース含量が減少した。初発 pH 7.5 では、1-ケストース含量は若干増加した。初発エタノール濃度 10% では、1-ケストース含量にあまり変化がなかった。初発 pH 5.0・初発エタノール濃度 5.5%・種菌添加量 10% の試料は、培養 32 日後には、1-ケストース含量は若干増加した。種菌添加量が 5% と 15%, 初発エタノール濃度が 3.4% のいずれの試料も、培養中、1-ケストース含量の変化は小さかった。

図7-(2)にニストース含量、及び図7-(3)に5~10糖含量の経時変化との関係を示した。初発 pH が 3.0 では、両者の含量ともに、著しく減少した。初発エタノール濃度が 10% の試料では、ニストース及び5~10糖含量は、ほぼ一定で、変化が小さかった。一方、初発 pH 5.0・初発エタノール濃度 5.5%・種菌添加量 10% の試料、初発 pH 7.5, 種菌添加量が 5% と 15%, 初発エタノール濃度

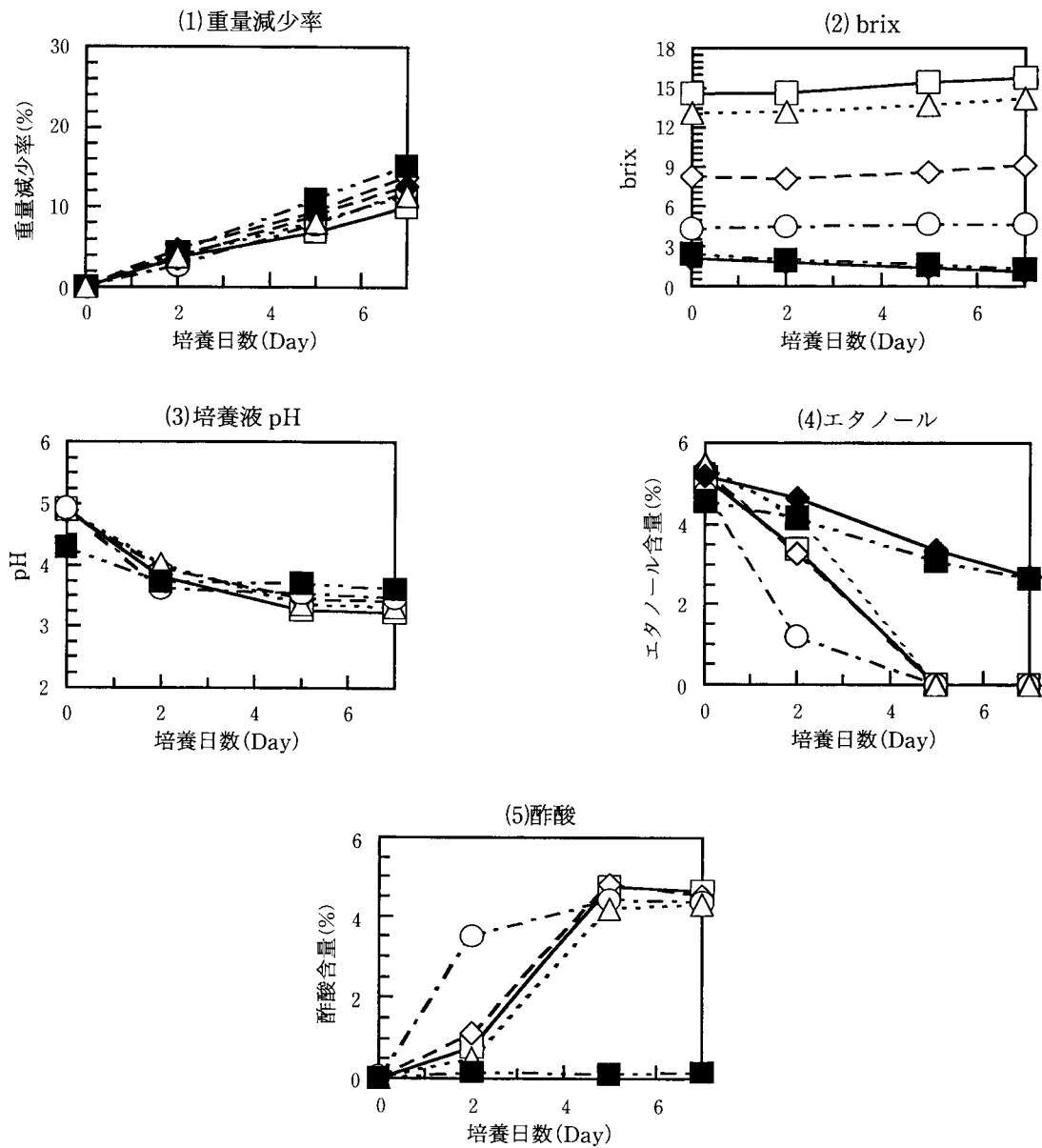


図6 *A. pasteurianus* IFO 14814 振とう培養と各供試汁液中の重量減少率, brix, 培養液 pH, エタノール含量及び酢酸含量の経時変化

—□— ; YJ・Pas・(AE),
 —○— ; OC-2(10 ds) YJ・Pas・(PE),
 —■— ; DW・Pas・(AE),
 YJ ; ヤーコン汁液,
 Pas ; *A. pasteurianus* IFO 14814
 AE ; 添加エタノール
 —◇— ; OC-2(1 d) YJ・Pas・(PE+AE),
 —△— ; OC-2(Glu・1 d) YJ・Pas・(PE+AE),
 —◆— ; DW・(AE),
 DW ; 蒸留水,
 PE ; アルコール発酵生成エタノール,

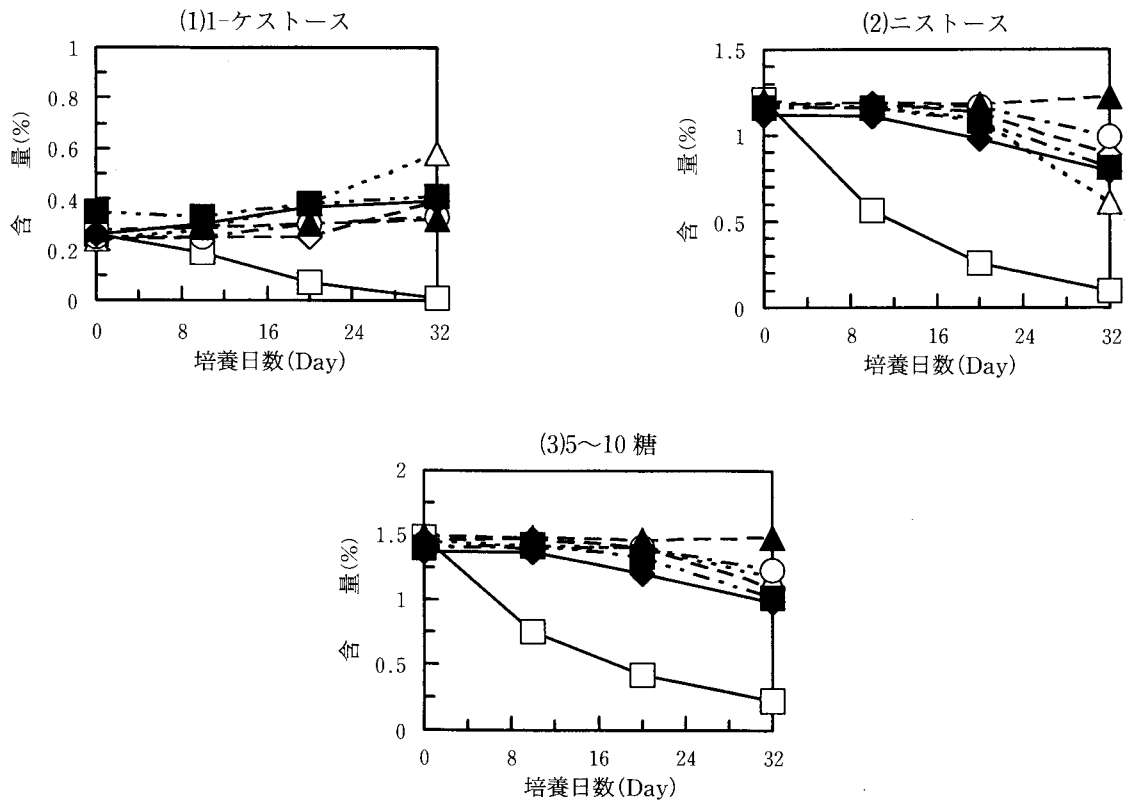


図7 OC-2(1d)YJを用いた *A. pasteurianus* IFO 14814 静置培養と1-ケストース、ニストース及び5~10糖含量に及ぼす初発pH、初発エタノール濃度及び種菌添加量の影響

—□—; pH 3.0・5.5%・10%, —◇—; pH 5.0・5.5%・10%, ---△---; pH 7.5・5.5%・10%,
 —○---; pH 5.0・5.5%・5%, —■---; pH 5.0・5.5%・15%, —◆—; pH 5.0・3.4%・10%,
 —▲—; pH 5.0・10%・10%

が3.4%の試料では、培養32日後には、ニストース及び5~10糖含量ともに若干減少した。初発pH 7.5の場合、酢酸発酵していないので、生成酢酸によるpH低下がないが、長期間の培養で、培養液のpHが中性付近でも、若干フラクトオリゴ糖の分解は進行するものと考えられた。

2) 各種供試汁液の影響

図8-(1)にYJを用いた各糖質含量の経時変化を示した。酢酸発酵は不十分であったが、培養32日後に、汁液pHが3.7に低下した試料である。培養32日後には、1-ケストース、ニストース及び5~10糖含量が減少し、一方でフラクトースとシュークロース含量が増加した。しかしグルコース含量の変化は少なかった。

図8-(2)にOC-2(1d)YJを用いた各糖質含量の経時変化を示した。培養32日後には、4.2%の酢酸が生成され、汁液pHが3.6に低下したが、全フラクトオリゴ糖含量の減少はわずかに2.9%から2.4%にとどまった試料である。培養32日後には、ニストース及び5~10糖含量は減少した。一方で、フラクトース、シュークロース及

び1-ケストース含量が増加した。これらは、前者の4糖以上のフラクトオリゴ糖が分解された結果生じ、資化されずに蓄積されたものと考えられる。しかし、培養中、グルコースは生成されなかった。

図8-(3)にOC-2(Glu・1d)YJの試料を用いた各糖質含量の経時変化を示した。酢酸発酵が全く行われず、培養32日後、汁液pHが4.6を示した試料である。培養中、各糖質含量の変化は小さかった。

図には示していないが、酢酸発酵が不十分であったOC-2(Glu・2ds)YJは、培養32日後、汁液pHが4.1を示した試料であるが、同様に1-ケストース、ニストース及び5~10糖含量ともに、顕著な変化がなかった。また、最も酢酸発酵が盛んであったOC-2(10ds)YJは、汁液pHが3.6を示した試料であるが、5~10糖含量の絶対量が小さいために、培養中の変化は小さく、ほぼ0.2%であった。

以上の結果(図8-(1)~図8-(3))より、静置培養法では、OC-2(1d)YJの試料が、4.2%の酢酸を含み、また2.4%のフラクトオリゴ糖を含有することから、フラクト

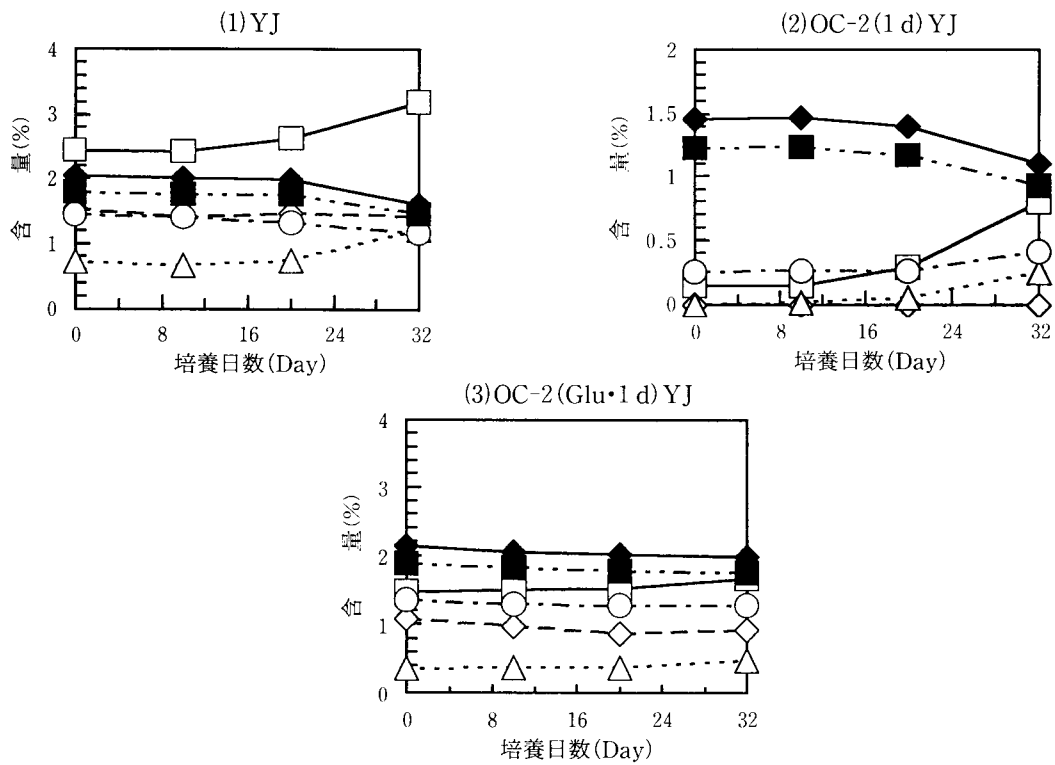


図8 *A. pasteurianus* IFO 14814 静置培養と各供試汁液中の各糖質含量の経時変化
 —□—: Fru, —◇—: Glu, - -△- -: Suc, —○- -: 3糖 (1-Kes),
 —■- -: 4糖 (Nys), —◆—: 5糖~10糖

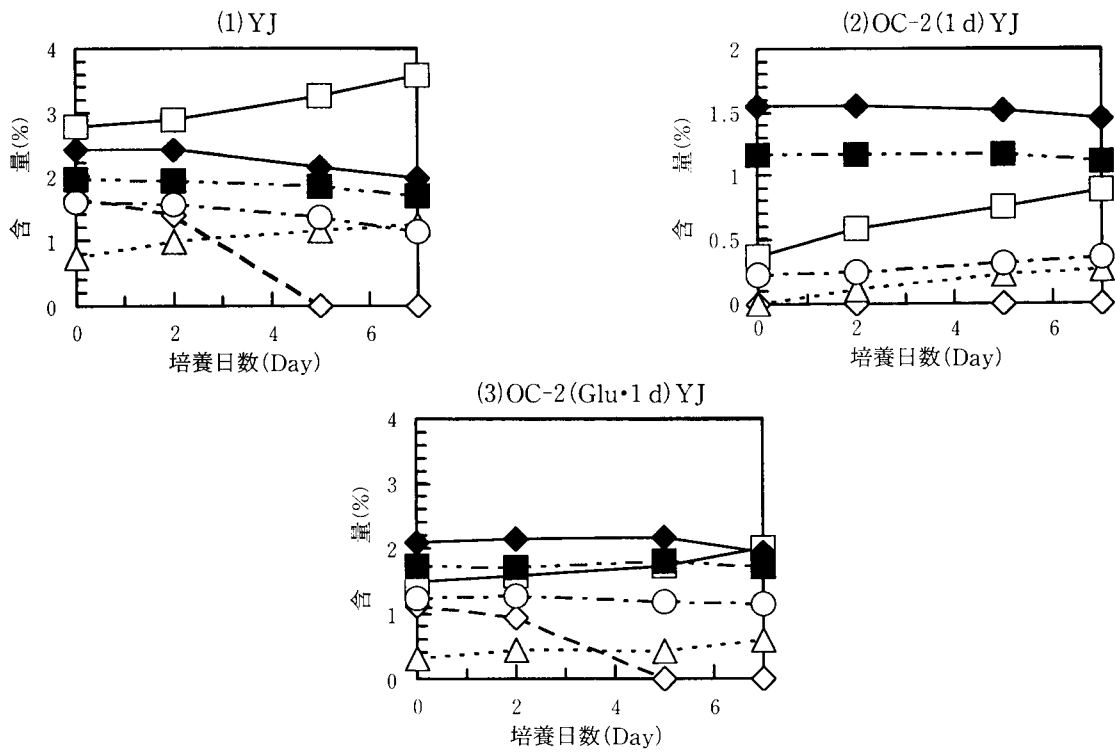


図9 *A. pasteurianus* IFO 14814 振とう培養と各供試汁液中の各糖質含量の経時変化
 —□—: Fru, —◇—: Glu, - -△- -: Suc, —○- -: 3糖 (1-Kes),
 —■- -: 4糖 (Nys), —◆—: 5糖~10糖

表2 市販食酢とヤーコンビネガーの主要成分比較

(g/100ml)

市販食酢&ヤーコンビネガー	pH	brix	全窒素	酢酸	エタノール	Fru	Glu	Suc	全FOS
A社・米酢	2.7	10.7	0.0	4.3	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0
B社・リンゴ酢	2.8	5.6	0.0	4.7	0.1	2.0	1.1	0.0	0.0
B社・ワインビネガー	2.8	4.4	0.0	4.8	0.2	0.8	0.7	0.0	0.0
C社・玄米酢	3.3	4.9	0.1	4.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0
YJ/(AE)/振とう/5ds	3.3	15.4	NT	4.8	0.0	3.3	0.0	1.2	5.3
OC-2(Glu・1d)YJ/(PE+AE)/振とう/5ds	3.4	13.7	NT	4.2	0.0	1.7	0.0	0.4	5.1
OC-2(1d)YJ/(PE+AE)/静置/32ds	3.6	8.2	0.0	4.2	0.1	0.8	0.0	0.2	2.4
OC-2(1d)YJ/(PE+AE)/振とう/5ds	3.5	8.6	NT	4.8	0.0	0.8	0.0	0.2	3.0

NT: not tested

オリゴ糖含有ヤーコンビネガーの試作に最も適した試料と考えられた。

(2) 振とう培養と各種供試汁液の影響

図9-(1)に YJ を用いた各糖質含量の経時変化を示した。培養中、1-kestose、nistose 及び 5~10 糖含量が若干減少した。一方、フラクトースとシュークロース含量は増加した。グルコースが培養5日目になくなった。

図9-(2)に OC-2(1d)YJ を用いた各糖質含量の経時変化を示した。1-kestose 含量は顕著な変化がなかった。nistose 及び 5~10 糖含量は培養中、若干減少傾向を示した。一方で、フラクトース及びシュークロース含量が増加した。

図9-(3)に OC-2(Glu・1d)YJ を用いた各糖質含量の経時変化を示した。5~10 糖含量は、培養5日後に若干減少した。1-kestose と nistose 含量とシュークロース含量は顕著な変化はなかった。一方、フラクトース含量は若干増加したが、グルコース含量が減少して、5日目でなくなった。

図には示していないが、OC-2(10ds)YJ を用いた試料は、5~10 糖含量の変化は小さく、ほぼ一定で、0.2%であった。

以上の結果(図9-(1)~図9-(3))より、振とう培養法では、培養5日後、汁液 pH が 3.3~3.5 に低下するが、培養日数が短いためか、比較的フラクトオリゴ糖は加水分解を受けず、減少しなかった。全フラクトオリゴ糖含量は、YJ では、5.3%、OC-2(1d)YJ では、2.9%、OC-2(Glu・1d)YJ では、5.1%であった。従って、振とう培養法では、いずれの試料からでもフラクトオリゴ糖含有ヤーコンビネガー開発の可能性が強く示唆された。

4. 市販食酢とヤーコンビネガーの成分比較及び試作品の官能審査結果

表2に市販食酢とヤーコンビネガーの主要成分比較を

示した。ヤーコンビネガーの pH は参考品の市販食酢の pH と比べると、いずれも若干高かった。ヤーコンビネガー中の酢酸含量は、酢酸発酵が正常に行われていることから、市販食酢と同程度含まれた。一方、ヤーコンビネガーでは、グルコースは資化されてなくなった。市販食酢には、シュークロースは含まれなかったが、ヤーコンビネガーでは、フラクトオリゴ糖の分解によって、シュークロースが生成されるため、シュークロースが含まれた。市販食酢には機能性オリゴ糖のフラクトオリゴ糖は含まれないが、ヤーコンビネガーでは、フラクトオリゴ糖が 2.4%~5.3%含まれた。

表2に示されたフラクトオリゴ糖含有ヤーコンビネガーを用いて、官能審査を行った。味と香りを評価したが、いずれの試料ともに、異味異臭は感じられなかった。またヤーコン特有の青臭みも消失した。品質的に良好な食酢が得られ、食酢としてヤーコン汁液を利用できる可能性が示唆された。

要 約

- (1) フラクトオリゴ糖を含有するヤーコン塊根汁液より、ヤーコンビネガーを開発するために、酢酸発酵に及ぼす初発 pH、初発エタノール濃度、*A. pasteurianus* IFO 14814 の前培養液(種菌)添加量、各種供試汁液及び培養方法の影響を検討した。静置培養法で初発 pH、初発エタノール濃度と種菌添加量を検討した結果、それぞれ、5.0、5.5%と10%の培養条件で、概ね酢酸発酵が良好であったので、以下この条件で各種供試汁液の影響を検討した。
- (2) その結果、OC-2(10ds)YJ では、20日間、OC-2(1d)YJ では、32日間で、それぞれ4%以上の酢酸が生成された。一方、YJ と OC-2(Glu・2ds)YJ では、酢酸生成量が少なかった。OC-2(Glu・1d)YJ では、酢酸は生成されなかった。フラクトオリゴ糖含有ヤーコンビネ

ガーの開発を考えれば、静置培養法では、フラクトオリゴ糖が分解されて若干減少するが、2.4%含まれるOC-2(1 d) YJ が最も適した試料であった。一方、振とう培養法では、培養5日後には、全試料で4%以上の酢酸が生成され、また全フラクトオリゴ糖含量の低下も小さく、YJでは、5.3%、OC-2(1 d) YJでは、2.9%、OC-2(Glu・1 d) YJでは、5.1%含まれた。いずれの試料からでもフラクトオリゴ糖含有ヤーコンビネガー開発の可能性が強く示唆された。

- (3) 酢酸発酵が良好であった供試汁液を用い、官能審査した結果、いずれも、ヤーコン臭などの不快臭がほとんど消え、比較的、品質良好なヤーコンビネガー得られたと考えられた。

文 献

- 1) 日高秀昌・栄田利章・足立堯・斉藤安弘：日農化誌，**61**，915 (1987)
- 2) 本堂正明・宇野豊子・奥村幸広：北海道食加研報告，**1**，9 (1994)
- 3) 本堂正明・佐藤英夫・宇野豊子・奥村幸広：北海道食加研報告，**1**，15 (1994)
- 4) 本堂正明・中野敦博・宇野豊子・奥村幸広・山木携：北海道食加研報告，**2**，27 (1996)
- 5) 本堂正明・宇野豊子・奥村幸広・山木携：北海道食加研報告，**2**，35 (1996)
- 6) 野村幸弘・杉澤公・足立収生・飴山実：日農化誌，**61**，1079 (1987)
- 7) 沖裕治・橋本香・松本貴至・久保田昭正・江本三男・小橋恭一：日農化誌，**66**，727 (1992)