はちみつを補足したイチゴ酢の製造について

加藤 熙・鬼頭幸男・村井恭子[※]

果実の発酵食品への利用については、非常に多くの研究が行われている。イチゴワインの製造については、加藤ら^{1)・2)}、上木ら³⁾が、*Saccharomyces cerevisiae* OC-2による低温発酵について報告し、湯田ら⁴⁾は、イチゴワイン用酵母の選択、岡本ら^{5)・6)}は、バイオリアクターによるイチゴワインの製造法について詳細な研究報告を行っている。また、斎藤ら⁷⁾はメロンワイン、平ら⁸⁾は柑橘ワイン、野田ら⁹⁾は、カキ、ナシ、スモモ、キウイ、リンゴの果実酒の製造法について報告している。

果実酢の製造についても数多くの報告がされている。古田ら¹⁰⁾、山崎ら¹¹⁾は柿、佐伯ら¹²⁾、末永ら¹³⁾、山下¹⁴⁾は、柿のほか、キウイフルーツの酵素処理とバイオリアクターによる食酢製造について報告している。また、島本ら¹⁵⁾は、ゆず酢、平岡ら¹⁶⁾はリンゴ、トマト、斎藤¹⁷⁾はイチゴ、桑の実、文旦の食酢製造について報告し、小泉ら¹⁸⁾はヘルスピネガーとしての黒酢の成分分析をおこなっている。

これらの研究は、糖質源としてグルコースを利用したものであり、本報のように、はちみつを利用した例はみられなかった。ヘルスピネガーの素材として、イチゴ、はちみつからワイン、ピネガーの発酵法を検討し、バイオリアクターの応用法を検討したのでそれらの結果について報告する。

実験方法

1. 試料

はちみつは中国産アカンヤはちみつを精製したもの(日新蜂蜜株式会社)で、直接還元糖75%、灰分0.2%、H.M.F. 3 mg/100 g、でん粉デキストリン陰性である。冷凍加糖イチゴは、米国産トーテム種に1/4量の砂糖を加えて凍結したもので鮮明な赤紫色を呈し、糖度 $28 \pm 3\%$ 、酸度(クエン酸として) $0.17 \pm 0.13\%$ 、pH 3.5 ± 0.5 であった。

2. 試料の調製及び発酵条件

2.1 はちみつのアルコール発酵

予備試験では、はちみつを3.75倍から10倍に水で希釈し、酵母エキスを0.1%から0.5%添加したものを培地とした。*Saccharomyces cerevisiae* OC-2, *Saccharomyces cerevisiae* IAM-4043, Montraset Yamanashi, *Saccharomyces cerevisiae* 協会9号, *Saccharomyces cerevisiae* 6-4-Cの5菌株を、PYG培地(グルコース40 g, ポリペプトン10 g, 酵母エキス5 g, KH_2PO_4 5 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 2 g, 水1 l)で前培養、 10^5 /mlのレベルになるよう各培地に接種して、30℃ 2~14日間培養を行った。

本試験では、はちみつを5倍に希釈し、酵母エキス0.25%添加したものを培地とした。酵母は官能試験の結果から6-4-Cを選択、予備試験と同じく前培養した菌を接種し、30℃ 2日間培養を行った。

2.2 はちみつの酢酸発酵

アルコール発酵の本試験で調製したアルコール発酵液に氷酢酸を1%添加したものを基本培地とし、それに各種の天然栄養源(はちみつ0.5%, 1%, グリセリン0.1%, 0.2%, 乳酸0.025%, 0.05%, 酵母エキス0.5%, 1%)を添加し、培地を調製した。酢酸菌はアルコール資化性及び酸生成が良好である微工研2号菌を、前培養培地(グルコース2.5 g, ポリペプトン2.5 g, 酵母エキス2.5 g, エチルアルコール5 ml, 氷酢酸2.5 g, 水1 l)で培養した後、各培地に接種、30℃ 14日間培養を行った。バイオリアクターによる発酵試験では、アルコール発酵液2.5 lにはちみつ1%を添加したものを培地とした。

2.3 イチゴのアルコール発酵

解凍したイチゴをキッチンソーサーで破碎し、0.5%クエン酸水溶液で希釈液を調製した。イチゴの希釈率を2倍、4倍とし、酵母エキスは無添加と0.25%添加とした。なお、アルコール発酵に必要な糖量を補足するため、はちみつを2倍希釈液に10%、4倍希釈液に20%添加した。これらに5菌株の酵母を接種し、30℃ 5日間培養を行った。

※ 愛教大

2.4 イチゴの酢酸発酵

2倍に希釈したイチゴに、はちみつを10%添加した培地に、6-4-Cを接種し、30℃5日間培養を行ったアルコール発酵液に酢酸を1%添加して基本培地とし、天然栄養源として、酵母エキスとはちみつを添加した。これに微工研2号菌を接種して、30℃14日間培養を行った。バイオリアクターには、アルコール発酵液に栄養源として酵母エキス0.5%を添加して培地とした。

2.5 バイオリアクター

東京理科製の内容積300mlの円筒形リアクターに、直径42mm、長さ140mmのハニカム状セラミックモノリスを内筒に接するように充填し、下方より発酵原液と、直径25mm、厚さ2mmのセラミック分散板を通した空気を供給した¹⁹⁾。発酵原液供給速度は30ml/h、通気量は600ml/minとした。内筒と外筒との間に温水を循環することにより、34℃に保温した。

セラミックモノリスは、日本ガイシ製、Al₂O₃、SiO₂、MgOを材質とし、平均孔径24mm、空隙率51%であった。微工研2号菌を120rpmで30℃7日間培養後の培養液100mlをリアクターに注入し、通気量300ml/min、34℃1日培養した後、培地を30~40ml/hで2~3日間供給してセラミックモノリスへの菌体の吸着固定化を行った。

3. 分析方法並びに測定方法

3.1 一般成分・エチルアルコール

pHはガラス電極式pH計HM-5A型(東亜電波工業製)で、直糖はベルトラン法により定量した。酸度はN/10NaOH水溶液でpH8.3まで滴定して酢酸に換算した。エチルアルコールは、酸化法、ならびに、島津ゲルSCR-101N充填カラムを用いて高速液体クロマトグラフにより測定した。

3.2 糖・有機酸

糖組成は島津製作所製LC-3A型高速液体クロマトグラフ装置を用いて測定した。カラムはLCカラムPNH₂-10/S2504と島津ゲルSCR-101Nカラムを使用した。1.0%フラクトース及びグルコース水溶液を標準溶液とし、培養液の5、10倍希釈液の各ピークの積分値から濃度を算出した。

有機酸組成は東京理化学工業製S-700型カルボン酸分析計を用いて分析した。

3.3 色調

イチゴは解凍し、キッチンソーサーで果肉を細かく破砕したのち、エチルアルコール、50%エチルアル

コール、1%クエン酸水溶液、水を抽出溶媒として、2倍から8倍に希釈し、島津製作所製MPS-50L型自記分光光度計を用いて可視部吸収スペクトルを測定した。

実験結果及び考察

1. はちみつのアルコール発酵

市販はちみつの直接還元糖は文献値が74.60%であり²⁰⁾、供試はちみつが74.99%であった。糖濃度はアルコール発酵酵母の生育に大きな影響を及ぼし、高濃度の場合には、発酵が十分に進行せず糖が残存する²¹⁾。そこで、はちみつを3.75、5、10倍に水で希釈した培地で、各酵母を30℃14日間培養した後の残存糖量を測定した。第1表のように、5菌株間に多少の差は認められるが、グルコース資化性、フラクトース資化性が最もよいのは、10倍希釈液(糖濃度6.02%)、次いで5倍希釈液(糖濃度13.23%)で、3.75倍希釈液(糖濃度17.65%)は、ほとんど糖の資化が見られなかった。酵母の生育が最もよいのは、はちみつ10倍希釈液であるが、食酢製造のため約5%のエチルアルコールを得るには5倍希釈液(糖濃度10%から12%)を用いる必要がある。5倍希釈液単独では、30℃14日間培養しても、グルコース資化性は50%前後、フラクトース資化性も20%前後であり、エチルアルコール生成量も約2.5%であった。はちみつの組成は、窒素、ビタミン類が少なく、アミノ酸もプロリンに偏っている²²⁾ので、酵母の増殖を促進する物質の補足のため、酵母エキス添加の効果を検討した。はちみつ5倍希釈液に酵母エキスを0.1%、0.25%、0.5%の3段階濃度で添加し、5菌株を接種、30℃2日間培養した。

第2表に示すように、グルコース資化性は、酵母エキス無添加区では50%前後であったのに対し、0.1%添加区では70から80%まで資化性が上昇し、0.25%添加区ではグルコース資化性が96.8%、フラクトース資化性が79.4%となり、0.5%添加区ではいずれもほぼ100%となった。

エチルアルコール生成量も、酵母エキス無添加区では2.5%前後であったのに対し、0.1%添加区では5%となり、0.25%添加で5.38%、0.5%添加区では約6%となり、酵母エキスの補足効果は0.1%以上で顕著であった。アルコール発酵本試験結果では、グルコース資化性96.8%、フラクトース資化性79.4%、エチルアルコール生成量5.38%となった。

第1表 はちみつ希釈液と培養後の組成 (%)

希釈	菌 株 名	フラクトース	グルコース	アルコール
3.75 倍	始発時	9.38	8.27	—
	<i>S. cerevisiae</i> OC-2	8.62	5.28	1.43
	<i>S. cerevisiae</i> IAM-4043	8.94	6.17	1.25
	Montrashet Yamanashi	8.13	5.14	1.94
	<i>S. cerevisiae</i> Kyokai-9	8.32	4.44	2.50
	<i>S. cerevisiae</i> 6-4-C	9.04	5.36	1.47
5倍	始発時	7.03	6.20	—
	<i>S. cerevisiae</i> OC-2	5.80	3.90	2.43
	<i>S. cerevisiae</i> IAM-4043	5.79	3.60	1.65
	Montrashet Yamanashi	5.60	3.81	2.94
	<i>S. cerevisiae</i> Kyokai-9	5.80	3.00	3.50
	<i>S. cerevisiae</i> 6-4-C	6.30	3.70	2.47
10倍	始発時	3.52	3.10	—
	<i>S. cerevisiae</i> OC-2	2.75	1.55	1.23
	<i>S. cerevisiae</i> IAM-4043	2.20	1.25	0.82
	Montrashet Yamanashi	2.05	1.15	1.61
	<i>S. cerevisiae</i> Kyokai-9	2.60	1.24	1.72
	<i>S. cerevisiae</i> 6-4-C	2.70	1.56	1.18

30℃ 14日間培養後

第2表 はちみつへの酵母エキスの補足効果 (培養液%)

酵 母 エキス 添加量	菌 株 名	フラクトース	グルコース	アルコール
	始 発 時	7.03	6.20	—
0.1 %	<i>S. cerevisiae</i> OC-2	4.35	1.71	3.96
	<i>S. cerevisiae</i> IAM-4043	5.33	2.64	3.46
	Montrashet Yamanashi	4.14	1.75	4.97
	<i>S. cerevisiae</i> Kyokai-9	4.68	1.12	4.77
	<i>S. cerevisiae</i> 6-4-C	5.48	1.91	4.57
	0.25%	<i>S. cerevisiae</i> OC-2	1.54	0.26
<i>S. cerevisiae</i> IAM-4043		3.52	1.28	4.02
Montrashet Yamanashi		1.62	0.35	5.42
<i>S. cerevisiae</i> Kyokai-9		0.80	0.09	5.96
<i>S. cerevisiae</i> 6-4-C		2.71	0.09	5.60
0.5 %		<i>S. cerevisiae</i> OC-2	—	—
	<i>S. cerevisiae</i> IAM-4043	1.77	0.40	4.87
	Montrashet Yamanashi	0.91	0.15	6.02
	<i>S. cerevisiae</i> Kyokai-9	—	—	6.57
	<i>S. cerevisiae</i> 6-4-C	—	1.56	6.39

30℃ 2日間培養後

2. はちみつの酢酸発酵

古くから食酢醸造では、酢酸菌の栄養源として、酒粕などが使用されており、酢酸菌に対して、酵母エキス1%以上の添加、グリセリン0.01%の添加、グルコース及びフラクトース0.2%の添加、乳酸50mg%の

添加が有効²³⁾であることも知られている。

第3表は、各培地での生酸度を示す。ただし、アルコール発酵液の酸度0.15%と添加した米酢酸1%も含まれているので、酢酸発酵で生じた酸度は、各測定値から1.15%を減じた値となる。基本培地での生酸度

第3表 はちみつ発酵液からの酢酸発酵

No	培地	生酸度(%)
	はちみつ発酵液	0.15
1	合成培地	5.10
2	基本培地	4.31
3	基本培地+はちみつ 0.5%	5.51
4	基本培地+はちみつ 1%	6.17
5	基本培地+グリセリン 0.1%	6.13
6	基本培地+グリセリン 0.2%	4.12
7	基本培地+乳酸 0.025%	5.95
8	基本培地+乳酸 0.05%	4.37
9	基本培地+酵母エキス 0.5%	5.60
10	基本培地+酵母エキス 1%	6.14

アルコール発酵液：はちみつ 5倍希釈液
 酵母 *S. cerevisiae* OC-2 アルコール 5.38%
 合成培地：グルコース 0.4g リン酸 0.4g 酵母エキス 0.4g
 エタノール 10ml 氷酢酸 2g
 基本培地：アルコール発酵液 200ml 氷酢酸 2g

は、4.31%であり、天然栄養源の中で最も補足効果が顕著であったのは、はちみつと酵母エキスでいずれも0.5%添加区では合成培地の生酸度5.10%を越え、1%添加区では6.14%となった。一方、グリセリン、乳酸でもそれぞれ0.1%添加区、0.025%添加区で補足効果が顕著であった。しかし、両者とも添加濃度が大きくなると、生酸度は逆に低下し、酢酸菌の生育が阻害された。

官能試験の結果では、天然栄養源として、はちみつを添加したものが、はちみつの香りが残っており、マイルドでさっぱりした味であった。生酸度の大であった酵母エキス添加区は、酵母エキスの匂いが残り、色調も他に比べてかなり茶褐色で食酢として好ましいものではなかった。天然栄養源として、はちみつを0.5%以上添加したものが生酸度、味、香りによいと考えられた。

3. イチゴの色調の調整

イチゴの色調を食酢に生かすため、抽出溶剤の検討を行った。1%クエン酸水溶液、及び発酵液に生成するエチルアルコールの影響を見るため、95%及び50%エチルアルコール水溶液を抽出溶媒とし、対照区は水を用いた。

イチゴを2, 4, 8倍に希釈し、400~800nmの可視部分光スペクトルを測定した。いずれの溶剤においても約510nmで極大吸収が認められた^{24), 25)}。第4表に示すように、1%クエン酸水溶液を用いたものが最も吸光度が大きく、色も鮮やかであった。対照区である水抽出液は、色は薄いオレンジ色でくすみがあり、かなり濁っているため吸光度が大となった。エチルアルコール抽出液は良好な色調を呈し、2倍希釈は鮮やかで濃厚な色調となり、4倍希釈が落ちついた色調で食用に適している。8倍では薄くてイチゴの色が生かされない。

第4表 イチゴ抽出液の吸光度(510nm)

	2倍	4倍	8倍
95%エチルアルコール	1.491	0.609	0.243
50%エチルアルコール	0.395	0.832	0.372
1%クエン酸水溶液	2.272	1.434	0.712
水	2.413	0.980	0.434

以上の結果から、抽出溶媒にはクエン酸水溶液が最もよく、1%以下の濃度で十分であると考えられた。イチゴの希釈率は2~4倍が適当と考えられた。

4. イチゴのアルコール発酵

色調の調整の結果から、抽出溶剤として、0.5%クエン酸水溶液を用い、イチゴを2倍と4倍に希釈した。イチゴの直糖量は14.8%で、希釈によって糖濃度が低くなるため、グルコース濃度が10%程度になるように、2倍希釈液には10%、4倍希釈液には20%のはちみつを添加した。酵母エキスは0.25%添加区と無添加区とし、5菌株の酵母を接種して30℃5日間培養した。第5表にエチルアルコール生成量を示す。酵母エキスの添加の有無にかかわらず、糖の資化率は100%と考えられ、エチルアルコール生成量も酵母エキス0.25%添加区の方がややよいようであるが、無添加区と大きな差異はえられなかった。

アルコール発酵液の色調は、第6表のように、2倍希釈液の方が、4倍希釈液よりも吸光度が高く、色素の抽出量が大であるが、クエン酸水溶液による抽出液ほど濃厚ではなく、アルコール発酵において色素の抽出が阻害されていると考えられた。また、酵母エキス添加区は、無添加に比べ、褐色がかかったオレンジ色に近く、濁りもあり、色素の抽出がよくないことがわ

第5表 イチゴ培地におけるアルコール生成量 (%)

酵母エキス	菌株名	イチゴの希釈率	
	始発時	2倍	4倍
無添加	<i>S. cerevisiae</i> OC-2	4.65	3.65
	<i>S. cerevisiae</i> IAM-4043	4.85	3.10
	Montrashet Yamanashi	4.45	3.10
	<i>S. cerevisiae</i> Kyokai-9	4.85	3.25
	<i>S. cerevisiae</i> 6-4-C	1.75	3.10
0.25% 添加	<i>S. cerevisiae</i> OC-2	4.70	3.75
	<i>S. cerevisiae</i> IAM-4043	4.95	3.85
	Montrashet Yamanashi	5.30	3.70
	<i>S. cerevisiae</i> Kyokai-9	5.40	3.55
	<i>S. cerevisiae</i> 6-4-C	6.00	3.60

始発時濃度 (%) グルコース フラクトース
 2倍希釈 7.7 7.60
 4倍希釈 7.76 7.60

第6表 イチゴ培地アルコール発酵液の吸光度(510nm)

菌株名	酵母エキス無添加		0.25%添加	
	2倍	4倍	2倍	4倍
<i>S. cerevisiae</i> OC-2	1.574	1.400	1.260	0.739
<i>S. cerevisiae</i> IAM-4043	1.405	1.310	0.783	0.532
Montrashet Yamanashi	1.547	1.348	1.038	0.838
<i>S. cerevisiae</i> Kyokai-9	0.885	0.883	0.652	0.498
<i>S. cerevisiae</i> 6-4-C	1.039	0.907	0.730	0.599

かった。酵母はOC-2とMontrashet Yamanashiがよかった。官能試験の結果では、くせがなく、ソフトで、イチゴの甘さの残っているOC-2が最もよかった。酵母エキス添加区は、いずれも苦みがあり、後味がよくなかった。

以上の結果から、イチゴの希釈率は2倍とし、酵母エキス無添加で十分なエチルアルコール生成量が得られ、色・味も良好であった。そこで、0.5%クエン酸水溶液により、イチゴを2倍に希釈し、はちみつを10%添加してOC-2を接種、30℃、5日間培養を行った。グルコース、フラクトースは100%資化され、エチルアルコール生成量は4.68%で、酢酸発酵に適した濃度となった。

5. イチゴの酢酸発酵

はちみつの酢酸発酵の実験結果から、基本培地として、はちみつ0.5%以上を添加したものと、色の点で多少問題はあがるが、酵母エキスを0.5%以上添加した

ものが、天然栄養源として酢酸菌の生育に有効であることがわかった。そこで、イチゴの培地においても天然栄養源として、はちみつと酵母エキスを選択してその補足効果を検討した。

ハニカム状セラミックモノリスを充填したバイオリクターで、発酵原液供給速度は30ml/h、通気量は600ml/minとし、34℃に温度調節して運転した場合、発酵液の酢酸濃度は、静置発酵とほぼ同じ値となった。第7表に、はちみつ及び酵母エキスの濃度を変えた培地での微工研2号菌の生酸度を示す。ただし、表示した生酸度には、アルコール発酵液の酸度0.8%と添加した氷酢酸1%の酸度も含まれるため、実際に酢酸発酵で生じた酸度は各値から1.80%を減じたものである。

基本培地では1.91%と酸生成がほとんど見られないのに対し、はちみつ、酵母エキスを基本培地に添加することにより、いずれも5%前後の生酸度が得られる

第7表 イチゴ発酵液での酢酸発酵(生酸度)

No.	培地	生酸度%
	イチゴ発酵液	0.80
1.	基本培地	1.91
2.	酵母エキス 0.1%添加	4.55
3.	酵母エキス0.25%添加	4.47
4.	酵母エキス 0.5%添加	4.23
5.	はちみつ 0.1%添加	5.38
6.	はちみつ0.25%添加	5.64
7.	はちみつ 0.5%添加	3.81

基本培地 アルコール発酵液 全量で100ml
水酢酸 1g

ことがわかった。また、その添加量も0.1%添加区で顕著な補足効果が得られ、0.5%添加区になると逆に生酸度が低下した。

色調は、酵母エキスを添加しても、はちみつ添加区とほとんど変わらなかった。官能試験結果では、生酸度の低かった基本培地による食酢は、原料イチゴの香が強かったが、それ以外の食酢は、エステル臭が強くなり、イチゴの香がわずかに残っている。また、酵母エキスを添加しても、味香りに影響はなかった。イチゴの酢酸発酵液では、天然栄養源として、はちみつ及び酵母エキス0.1%の添加が顕著な効果を示すことを確認した。

要 約

はちみつ及び冷凍イチゴを用いてアルコール発酵液の調製条件を検討し、さらにそれぞれのアルコール発酵液を用いて、静置培養による酢酸発酵条件と、固定化酢酸菌バイオリアクターによる酢酸発酵とを検討した結果、

- 1) はちみつのアルコール発酵において、はちみつの糖度が13.23%になるよう5倍希釈し、これに酵母エキスを0.25%添加したものが、酵母の生育及び酢酸発酵に適していることがわかった。酵母は*Saccharomyces cerevisiae* OC-2が、官能試験で最もよいとされた。
- 2) はちみつの酢酸発酵の天然栄養源として、はちみつ0.5%以上を基本培地(アルコール発酵液+酢酸1%)に添加したものが、生酸度の点からも味香りの点からもよいとされた。
- 3) 0.5%クエン酸水溶液を用いイチゴを2倍に希釈した培地が色調もよくアルコール発酵に適して

いた。酵母は、*Saccharomyces cerevisiae* OC-2が官能試験結果でよいとされた。

- 4) イチゴの酢酸発酵の天然栄養源として、はちみつ及び酵母エキス0.1%の添加で、補足効果が顕著であった。

文 献

- 1) 加藤正美・鈴木信隆・一条和子：宮城県農業センター研究報告，53，39—51（1986）
- 2) 加藤正美・鈴木信隆・近藤恵子：東北農学研究，39，293—294（1986）
- 3) 上木勝司・塩沢昌代・横山啓子：山形大学紀要，農学，10，（3），563—568（1988）
- 4) 湯田定利・岡本竹己・田代道夫・山上龍雄：栃木県食品工業指導所研究報告，1，1—6，7—10（1987），2，53—55（1988）
- 5) 岡本竹己・田代道夫：栃木県食品工業指導所研究報告，3，1—4，5—8，52—54（1989）
- 6) 岡本竹己・湯田定利・田代道夫：栃木県工業試験研究機関研究集録，1988，178—181，182—186（1990）
- 7) 斎藤宗久・松瀬 昇：長野県工業試験場研究報告，1987，127—131（1987）
- 8) 平 三武・荻谷幹治・高田満郎・大野仁志・横田忠夫：岐阜県工業技術センター研究報告，20，26—31（1988）
- 9) 野田啓良・中道謹一・多田正敏：香川県農業試報告，42，27—32（1991）
- 10) 古田道夫・浅野 聡・松本伊佐尾・今井誠一：新潟県食品研究所研究報告，22，1—5（1987），24，15—18（1989）
- 11) 山崎幸一・杉中克昭・土佐典昭・堀江修一：島根県工業技術センター研究報告，25，1—7（1988），26，5—8（1989）
- 12) 佐伯明比古・佐伯和正：山口県商工技術センター研究報告，2，62—64（1990）
- 13) 末永 光・大田修明・山口 剛：福岡県工業試験場研究報告，1987，116—122（1988）
- 14) 山下純隆：九州農業の新技术，4，220—224（1991）
- 15) 島本富明・大村芳正・佐々木哲也・宇山裕子・中川信子：徳島県食品加工試験場研究報告，30，34—39（1983）

- 16) 平岡芳信・奥島貞安：愛媛県工業技術センター業務年報，1986，87-90 (1987)
- 17) 斎藤一雄：高知県工業試験場報告，18，18-23 (1987)
- 18) 小泉幸道・上原康浩・柳田藤治：日本食品工業学会誌，34，(9)，592-597 (1987)
- 19) 近藤正夫・鈴木康之・加藤 熙：醸工，66，393-399 (1988)
- 20) 長谷 幸・鈴木修武・大立真理子・三浦あや子・鈴木繁男：食品総合研究所研究報告，28，72-77 (1973)
- 21) 河野友美：改訂お酢の百科，第1版 (真珠書院) (1968)
- 22) 青柳茂雄・筆谷紘一・竹島征二：玉川大学農学部研究報告，1968，181-187 (1968)
- 23) 南場 毅・竹内徳男：食品工誌，24，576-579 (1978)
- 24) 染野亮子・風間泰恵・岡崎幸子：実践女子大学家政学部紀要，20，17-22 (1983)
- 25) 松尾美貴子：実践女子大学家政学部紀要，21，45-49 (1984)