

醴仕込みによるライトタイプ清酒の製造

松田章* 松田喜洋* 道嶋俊英* 佐無田隆**

清酒の消費量向上を目的に、濃厚な米糖化物(醴^{れい})を用い、糖化後発酵法による低アルコール濃度(ライトタイプ)清酒の製造方法を検討した。その結果、(1)清酒製造場でも採用可能な醴の製造方法を開発した。(2)ライトタイプ清酒では味のバランス上酸味が重要と考えられるので、清酒の酸度に影響を及ぼす要因について検討した。発酵温度が高い場合、もろみの酸度は高くなったが、発酵期間が短く、ピルビン酸濃度は高い値を示した。一方、もろみのアミノ酸度の減少量と酸度の増加量との間に高い相関関係があり、酸度の増加量は温度が高いほど大きいことが認められた。糖分の濃度及びアミノ酸度を高くするため、醴を用いてもろみの濃厚仕込みを行い、高温で発酵させたところ、酸度は高くなったが酢酸濃度が高くなった。

キーワード：醴，ライトタイプ清酒，濃厚な米糖化物，低アルコール

Development of Light Sake using Saccharified Rice (*Rei*)

Akira MATSUDA, Yoshihiro MATSUDA, Toshihide MICHIHATA and Takashi SAMUTA

Making methods of sake with a low alcohol content (light sake) by using concentrated and sweet saccharified rice (*Rei*) were investigated. Results obtained are; 1) Producing methods of *Rei* applicable in sake breweries were developed. 2) Influences of fermenting conditions on acidity in sake-mash (*moromi*) were investigated, because sour taste is important for light sake. When the fermentation temperature of *moromi* was 15°C, acidity was higher than at the lower temperature (7, 10°C), but the concentration of pyruvic acid at 15°C was very high, when the fermentation period was very short. On the other hand, high correlations were observed between the decreases of amino acidity per day and the increases of acidity per day in *moromi*. When fermentation was done at higher temperature (18°C) with the use of high concentration of *Rei*, acidity and the concentration of acetic acid in obtained sake were high.

Keywords : *Rei*, light sake, concentrated and sweet saccharified rice, low alcohol

1. 緒言

近年、清酒の消費数量は減少傾向にある。そこで、品揃えを広げ、購買者の増加を図るためには、女性や若者向けのアルコール濃度の低い清酒(以後ライトタイプ清酒)など、新しい製品の開発が業界の急務となっている。しかし、製成した原酒を単に加水してアルコール分を低くしただけでは味のバランスがくずれてしまうため、アルコール分と酸味、甘味(エキス分)等との関係の重要性が指摘されている¹⁾。ライトタイプ清酒の製造法については、これまでに種々の方法が開発され報告されている。発酵ガスのみを封じ込めた本格発泡清酒²⁾、もろみ最盛期に多量の追水と麴添

加を行った後、さらに発酵を続けて味のバランスを図ったソフトタイプ清酒の醸造法の開発³⁾及び改良⁴⁾(昭和54年7月に「純米やわくち」として商品化)、高酒母歩合によるソフト清酒の製造⁵⁾、トランスグルコシダーゼを利用したもの⁶⁾、貴醸酒をベースにしたもの⁷⁾、逆浸透法を利用して製成酒からアルコールを除去したもの⁸⁾などがある。一方、ライトタイプ清酒に適した酵母を開発して利用した例では、発酵能の弱いハプロイド酵母⁹⁾、温度感受性酵母¹⁰⁾、細胞融合酵母^{11,12)}、高香気生産性酵母¹³⁾、桃色にごり酒¹⁴⁾、また、麴菌の利用では、高酸味濁り酒¹⁵⁾、紅麴菌のアルコール発酵による低アルコール清酒の開発例¹⁶⁾などがある。

*食品加工技術研究室 **石川県酒造組合連合会

通常の清酒製造法は、米粒の溶解とアルコール発酵とが同時に進行する並行複発酵であり、清酒の一般成分値(アルコール分、日本酒度、酸度、アミノ酸度)を個別に制御することは困難である。そこで本研究では、米粒の溶解と発酵を別個に制御できる糖化後発酵法に着目し、濃厚な米糖化物(以下醴^{れい}という)の製造方法の開発と、醴を用いるライトタイプ清酒製造法の開発について検討を行った。醴についてはこれまでに、実験室レベルでの製造法について報告¹⁷⁾してきたが、今回は、汲水に清酒を使用せず、清酒製造場でも応用可能な醴の製造方法の開発を目的とした。さらに、アルコール濃度の低い清酒において、味のバランス上酸味が重要なため、もろみの酸度に影響を及ぼす要因についても検討を行った。

2. 実験方法

2.1 濃厚な米糖化物を用いる清酒の製造方法

濃厚な米糖化物を用いるライトタイプ清酒の製造方法を図1に示す。第1工程は麴に少量の水を加えて55~60℃で糖化した後、蒸米を加えてさらに糖化を行う醴の製造工程であり、第2工程は、醴を水で希釈し、酵母を添加して発酵させ、もろみを製造する工程である。

第1工程において、少量の水を用いて濃厚な米糖化物を製造する方法として、蒸米を臼と杵で餅状にする伝統的な方法やロールミルを用いる方法¹⁷⁾があるが、本研究では、汲水に清酒を使用せず、清酒製造場でも実施可能な方法を検討した。標準的な醴の仕込配合として麴歩合30%、汲水歩合50%を設定した。

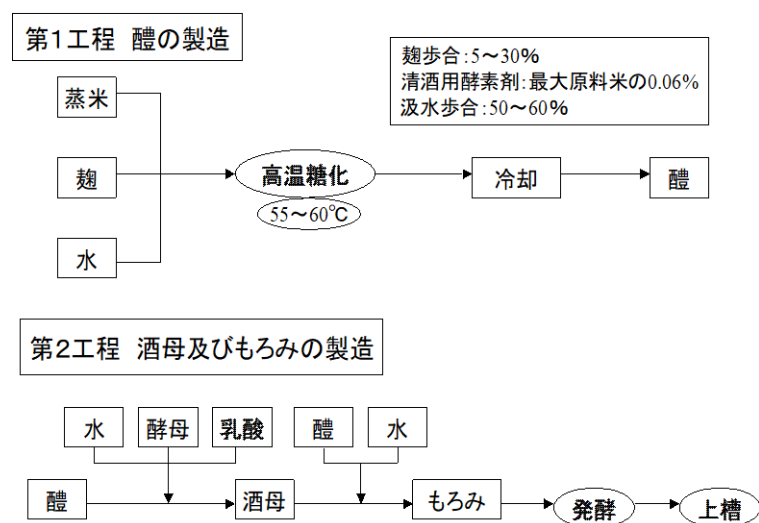


図1 濃厚な米糖化物(醴)を用いるライトタイプ清酒の製造法

この仕込配合で醴を製造する場合、まず、麴と水の全量を用いて麴の糖化液を製造し、次に、麴の酵素類が溶出した麴糖化液に蒸米を混和して蒸米の糖化を図る2段階高温糖化法が有効と考えられた。この高温糖化法について、最適な糖化温度、糖化時間及び糖化方法について検討した。

第2工程において、醴を水で希釈して発酵させ、もろみの酸度に影響する要因について検討した。もろみの総米は200~800g、酵母は協会7号を用いた。

2.2 濃厚な米糖化物(醴)の製造方法

醴の仕込配合の一例を表1に示す。掛け米は、精米歩合70%の五百万石、麴は乾燥麴(徳島精工製、ニシホマレ、精米歩合60%)、清酒用酵素剤はグルク100(天野製薬(株)製)を使用し、麴歩合は30%とした。汲水歩合は50%で、麴に汲水全量を加え、55~60℃で糖化後、蒸米を加えて糖化を行った。

2.3 もろみの希薄仕込み及び濃厚仕込み方法

もろみの希薄仕込みは麴歩合30%、汲水歩合320%、発酵温度7、10及び15℃で行った。酒母は高温糖化酒母に準じた。仕込配合を表2に示す。

もろみの濃厚仕込みは初添、仲添、留添の3段仕込みで、各仕込み直後のボーメが15.0となるように計算量の醴と水を加え、発酵温度を前半15~18℃、後半

表1 醴酒の仕込配合

乾燥麴仕込み(g)		通常の麴仕込み(g)	
総米	100	総米	100
蒸米	70	蒸米	70
乾燥麴 ¹⁾	25.8	麴米	30
汲水 ²⁾	55.2	汲水	50

注 1) 30×0.86 [乾燥麴(水分8%以下)は白米(水分13.5%)重量の86%が製品となる。]

注 2) 50+25.8×0.2 [乾燥麴使用時には乾燥麴重量の20-25%の水を補填する(乾燥麴御使用の手引き、徳島精工(株)。ここでは水の補給は乾燥麴の20%とする。]

麴歩合: 30%、汲水歩合: 50%

乾燥麴: 徳島精工製、ニシホマレ(精米歩合60%)

表2 希薄3段仕込みの仕込み配合

	酒母	初添	仲添	留添	計
総米(g)	30	30	60	120	240
掛米(g)	21	21	42	84	168
麴米(g)	9	9	18	36	72
汲水(ml)	96	96	192	384	768

表3 濃厚3段仕込みの仕込み配合

	酒母	初添	仲添	留添	追水	計
総米 (g)	58	148	273	521		1000
掛米 (g)	41	104	191	364		700
麴米 (g)	17	44	82	157		300
汲水 (ml)	90	141	311	681	1563	2786

10～5℃で行い、10℃において水を加えた。仕込配合を表3に示す。

2. 4 分析

麴中の α -アミラーゼ及びグルコアミラーゼ活性の測定は、それぞれ α -アミラーゼ測定キット、糖化力分別定量キット(いずれもキッコーマン(株)製)、グルコースはグルコースBテストワコー(和光純薬工業(株)製)、醴の円盤侵入応力測定はレオメーターNRM-2002J(不動工業(株)製)、アルコール分は簡易アルコール分析器AL-2(理研計器(株)製)、日本酒度は密度比重計DA500(京都電子工業(株)製)、有機酸は有機酸分析計ShodexOA(昭和電工(株)製)、ピルビン酸はデタミナーPA(協和メデック(株)製)、その他の項目は国税庁所定分析法¹⁸⁾によった。

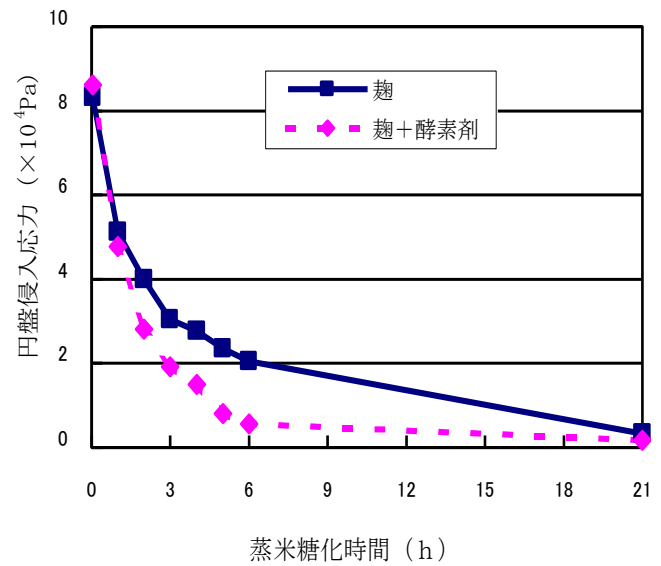
3. 結果および考察

3. 1 醴の製造における麴の糖化

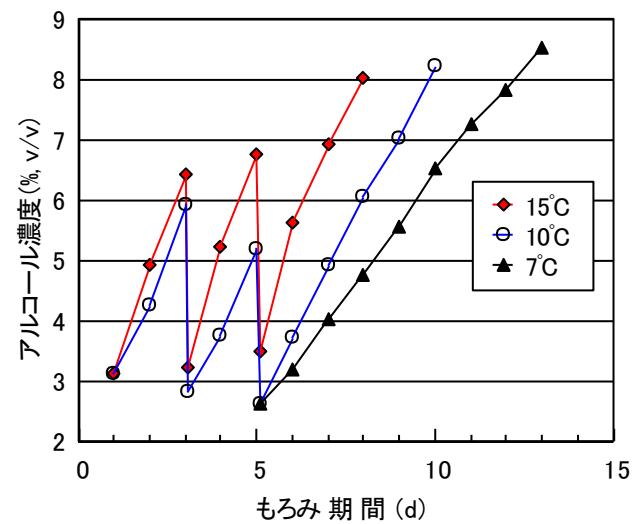
麴と水を混和した直後は、55～60℃間で温度が高いほど麴の糖化及び液化は進行した。しかし、 α -アミラーゼ及びグルコアミラーゼ活性は、温度が高いほどいずれも大きく低下したため、55℃が適当と考えられた。また、麴の糖化時間は長い方が糖化及び液化は進むが、酵素活性の低下を考慮し1時間とした。

3. 2 醴の製造における蒸米の糖化

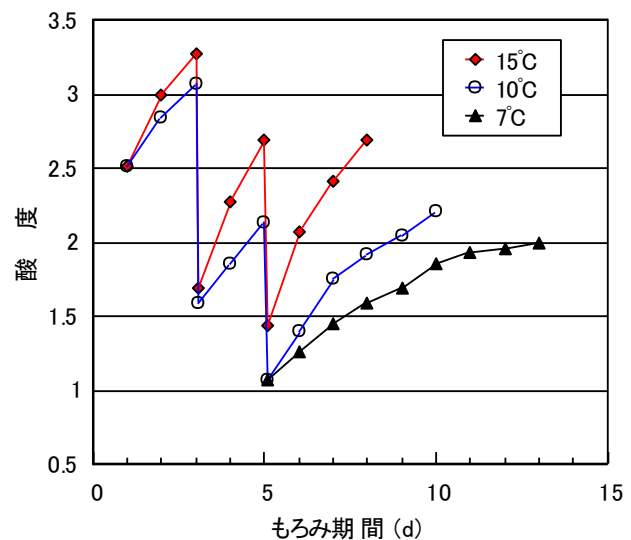
麴糖化液に蒸米を混合した場合の蒸米の軟化を測定するため、麴・蒸米混合物へのレオメーターによる円盤侵入応力を測定した。その結果を図2に示す。麴糖化液に蒸米を混合して数分経つと液体は蒸米に吸収され、攪入れは困難と考えられるような硬い塊となった。しかし、時間の経過に従い蒸米は徐々に軟化し、3時間経過後には攪入れが可能と考えられる程度にまで軟化した。この時点での混合物への円盤侵入応力は、図2に示すように、 $3.04 \times 10^4 \text{Pa}$ で、蒸米



糖化温度：55℃，円盤侵入応力（深さ0～25mm）
清酒用酵素剤：天野製薬(株)製ゲルク100（白米の0.03%添加）
図2 麴・蒸米混合物の円盤侵入応力の経時変化



仕込み方法
15℃区分：初添より上槽まで15℃，初添及び仲添後，甾1日
10℃区分：初添より上槽まで10℃，初添及び仲添後，甾1日
7℃区分：初添より留添直前まで10℃区分と同一経過，留添以後7℃
図3 希薄仕込みもろみにおける生成アルコール濃度



仕込み方法は、図3に同じ
図4 希薄仕込みもろみにおけるもろみ温度が酸度に及ぼす影響

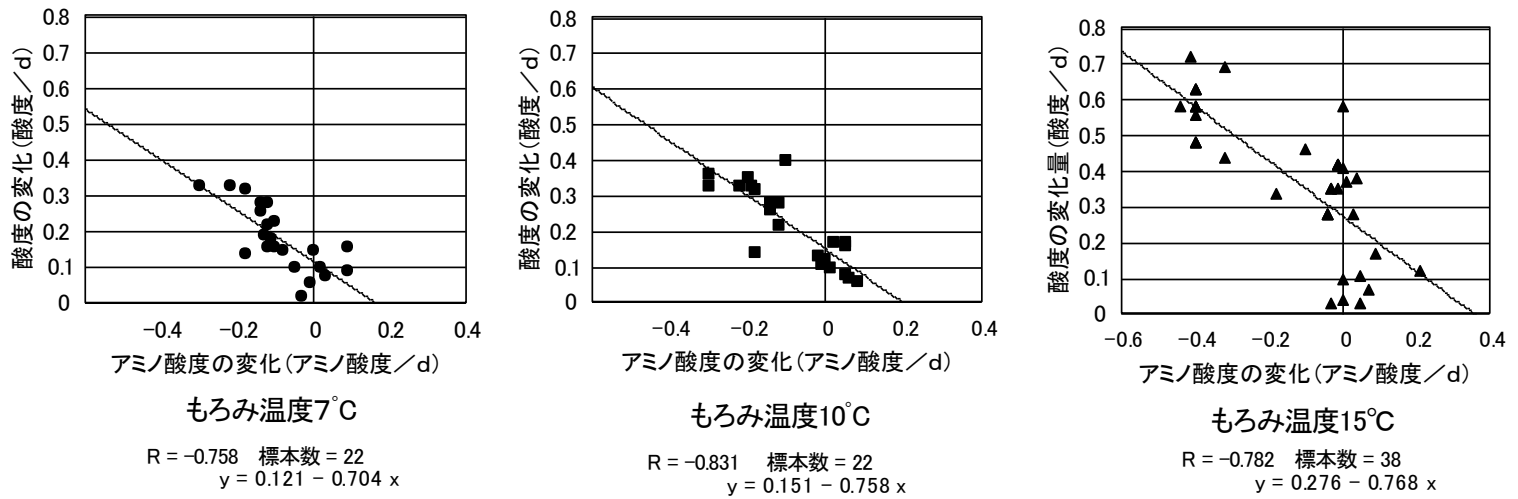


図5 1日当たりのアミノ酸度の変化量と酸度の変化量との関係

混合直後の $8.33 \times 10^4 \text{Pa}$ の約37%にまで低下していた。その後30分毎に糶入れしつつ、さらに3時間、 55°C に保つと混合物は粥状になった。蒸米の軟化は糶入れによって、さらに酵素剤の併用によって促進された。したがって、 55°C で1時間麴を糖化した後蒸米を混合し、3時間経過してから糶入れを行いながら、さらに3時間糖化を行うことにより、醴は清酒製造場で特殊な装置を使用しなくとも製造可能と推察された。

3. 3 もろみの希薄仕込みについて

希薄仕込みもろみの経過を図3及び図4に示す。アルコール濃度8% (v/v)程度を目標として、もろみ温度 7°C 、 10°C 及び 15°C で発酵させた結果、温度の高い方が早く目標アルコール濃度に到達し、温度が高いほど発酵期間は短くなった。また、温度の高い方が酸度は高めに推移した。

最終的に得られた製成酒の一般成分値を表4に示す。清酒の酸度はもろみ温度 7°C の場合は約2.0であるのに対し、もろみ温度 15°C では約2.7となり、酸度は温度の高い方が高くなった。しかし、 15°C の場合、ピルビン酸の濃度が 376mg/l となり、 7°C 及び 10°C の場合よりはるかに高くなった。これは 15°C の場合、発酵は3日間で終了し、発酵期間が短いためと考えられた。

秋田ら¹⁹⁾は糖化後発酵において、もろみ初期にアミノ酸度が減少し、酸度が急激に増加したと報告している。希薄仕込みにおいて、1日当たりのアミノ酸度の変化量と酸度の変化量との関係並びに両者の関係に及ぼす温度の影響について検討した。解析の対象としたもろみは 7°C 2本、 10°C 2本、 15°C 4本であった。その結果を図5に示す。 7°C 、 10°C 及び 15°C のいずれの温度においても、1日当たりのアミノ酸度の変化量と酸度の変化量(増加量)との間には非常に高い負の相関関係(危険率1%)が認められた。また、温度が高い方が回帰直線の傾き(絶対値)は大きくなった。これは、温度の高い方が一定のアミノ酸度の減少量に対する酸度の増加量は大きいことを示している。以上のことより、もろみの酸度を高めるためには、アミノ酸濃度を高くして、しかも発酵温度も高くした方が良いと推察された。

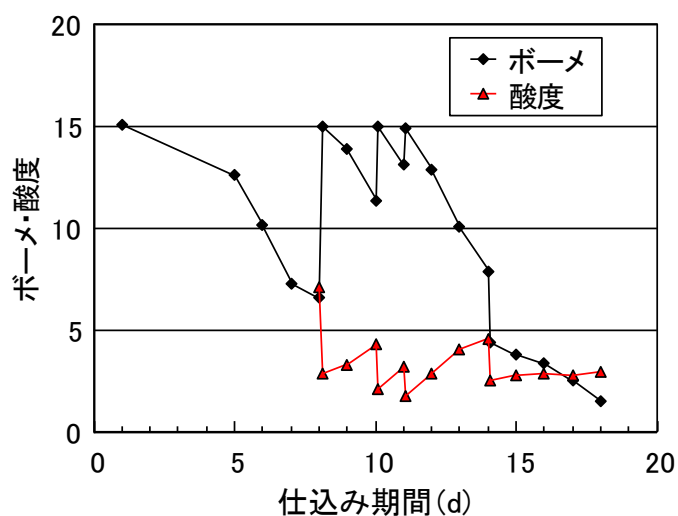
3. 4 もろみの濃厚仕込みについて

速醸酒母においては、もろみより多くの酸が生産されることから、酒母を参考としたもろみの仕込みを行った。図6に示すように、初添、仲添及び留添直後において、酒母仕込みと同様にボーメ15となるように仕込んだ。温度も酒母と同様に 18°C とした。

もろみ経過は図6及び図7に示した。留仕込み後4日

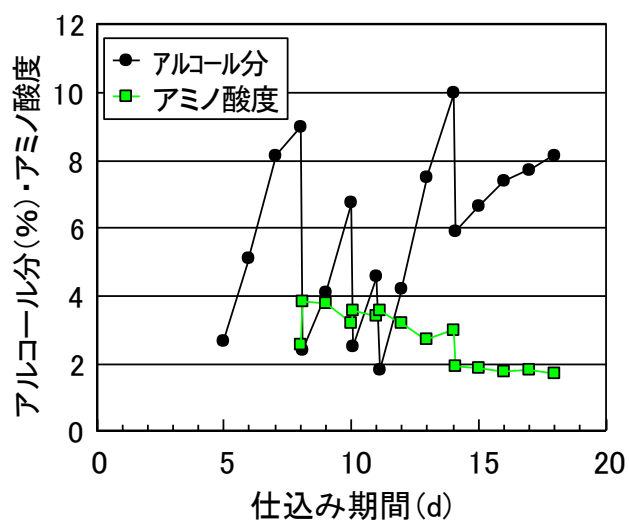
表4 製成酒の分析値及びもろみ日数

もろみ温度($^\circ\text{C}$)	アルコール分(% (v/v))	酸度	日本酒度	アミノ酸度	ピルビン酸(mg/l)	もろみ日数
15	8.50	2.73	-9.0	0.90	376	3
10	8.25	2.21	-14.1	1.07	23	5
7	8.55	2.00	-12.2	1.15	14	8



仕込区分:1日目~8日目:酒母, 8日目:初添, 10日目:仲添, 11日目:留添

図6 濃厚仕込みにおけるボーメと酸度の変化



仕込区分は、図6に同じ

図7 濃厚仕込みにおけるアルコール分とアミノ酸度の変化

表5 濃厚仕込み製成酒の分析値

仕込み方法	アルコール分 (% , v/v)	酸 度	日本酒度	アミノ酸度	酢酸 (mg/l)
希薄3段仕込み	8.25	2.21	-14.1	1.07	371
濃厚3段仕込み	8.15	3.00	-19.5	1.72	554

目には、酸度4.6となり、酒母と同程度の酸が生産されたと推察された。しかし、アルコール分が10%(v/v)程度に達し、このまま発酵を進めるとアルコール濃度が高くなりすぎることが予想されたので、希薄仕込みのアルコール分と同程度となるまで水を加えた。最終的に得られた濃厚3段仕込み清酒の一般成分及び酢酸についての分析値を希薄3段仕込みと合わせて表5に示す。濃厚3段仕込み清酒の酸度は希薄仕込みの場合に比べて高くなったが、酢酸の濃度が非常に高い値を示した。豊沢ら²⁰⁾は、速醸酒母の酢酸含量は557mg/1000gと報告しているが、今回の濃厚仕込みでは、速醸酒母と同程度の酢酸含量になったものと推察された。

清酒もろみにおいて温度が高い場合や糖濃度が高い場合に酸度が高くなることが知られているが、酢酸はグルコース濃度が高い場合²¹⁾、酸素濃度が高い場合²²⁾に高くなったと報告されている。酢酸濃度が高い場合には、官能的に酸臭として感じられるため、酸度を高くする方法としては、酢酸の増加しないような方法を検討することが必要である。

4. 結 言

(1)清酒製造場でも実施可能な濃厚な米糖化物(醴)の製造方法として、高温糖化法による製造方法を検討した。その結果、先に麴のみを少量の水で糖化し、次に蒸米を加えて両者の混合物の糖化を行う二段階糖化

法が有効と考えられた。麴の糖化条件は、酵素の失活を考慮し、糖化温度55℃、1時間が適当であった。また、引き続き55℃で麴の糖化物に蒸米を混和して3時間静置し、その後30分に1度程度攪拌しながら3時間糖化を行うことにより醴を製造した。この方法は、清酒製造場でも採用可能であると考えられた。

(2)ライトタイプ清酒では、味のバランス上酸度が重要と考えられる。醴を用いて希薄仕込みと濃厚仕込みにより、もろみの酸度に及ぼす要因について検討した。希薄仕込みにおいては、温度が高い方が酸度は高くなった。しかし、温度が高い場合はもろみ期間が短くなり、ピルビン酸濃度が高くなった。希薄仕込みもろみにおいて、アミノ酸度の減少量と酸度の増加量との間には非常に高い相関関係が認められ、酸度の増加は温度が高いほど大きかった。糖及びアミノ酸濃度を高くするため、醴を用いて濃厚な仕込みを行い、15~18℃と高い温度で発酵させたところ、酸度は高くなったが、酢酸濃度が非常に高くなった。

謝 辞

本研究の一部は平成10,11年度科学技術振興事業団のRSP事業の一環として実施されたものです。

参考文献

- 1) 小幡孝之, 佐無田隆, 津川光昭, 安部康久, 梅原康夫, 大村良輔, 岡本英輔, 貝沼禎介, 清水正, 余田耕一:

- 醸協, Vol.78, p.721-722 (1983)
- 2) 大塚謙一:醸協, Vol.71,600-602(1976)
- 3) 日本酒造組合中央会東京支部銘酒研究委員会:
醸協, Vol.74, p.61-63(1979)
- 4) 岩野君夫, 佐藤俊一, 水野昭博, 高原康生, 木崎康造,
佐野英二, 辻邦司, 梅田紀彦, 戸塚昭, 川島宏:醸協,
Vol.76, p.768-772(1981)
- 5) 高橋康次郎, 白石常夫, 国分伸二, 泉健, 里見弘司,
石川雄章, 佐川浩昭, 田丸二三人, 秋本雄一:醸協,
Vol.76, p.549-552 (1981)
- 6) 布川弥太郎, 椎木敏, 斎藤和夫, 矢野善嗣:醸協,
Vol.77, p.53-56 (1982)
- 7) 大場俊輝, 中村欽一, 佐藤信:醸協, Vol.79, p.879-
881 (1984).
- 8) 佐藤信, 中村欽一, 大場俊輝, 西野伊史:醸協,
Vol.78, p.641-646 (1983).
- 9) 原昌道, 嶋崎孝行, 北野一好, 飯村穰:醸協, Vol.78,
p.390-393 (1983).
- 10) 後藤邦康, 武藤彰宣, 坂本裕子:醸協, Vol.90, p.479-
484 (1995)
- 11) 河野勇人, 産本弘之, 富部忠篤, 姫野国夫:醸協,
Vol.87, p.745-750 (1992)
- 12) 榛葉芳夫, 蟻川幸彦, 伊藤輝雄, 米山正, 福沢幹雄,
佐藤篤, 馬場茂:長野県食品工業試験場研究報告,
No.18, p.7-19 (1990)
- 13) 小関敏彦, 森岡裕人, 飛塚幸喜, 須貝智, 小島弥之祐,
鈴木弥兵衛, 佐藤昭仁, 和田多聞, 布宮雅昭:醸協,
Vol.92, p.607-613 (1997)
- 14) 中野成美, 佐藤和幸, 千田茂, 脇田征也, 斎藤至正,
須田安彦, 長縄真琴, 大内弘造:醸協, Vol.79,
p.695-699 (1984)
- 15) 佐藤信, 大場俊輝, 吉田隆一:醸協, Vol.77, p.557-
561 (1982)
- 16) 桑原秀明, 馬場茂:醸協, Vol.90, p.82-86(1995)
- 17) 佐無田隆, 片桐康雄, 伊藤伸一, 荒巻功:醸協,
Vol.93, p.567-574 (1998)
- 18) 注解編集委員会編:第4回改正国税庁所定分析法
注解, (財)日本醸造協会, 東京 (1993)
- 19) 秋田修, 大場俊輝, 中村欽一:醸協, Vol.81, p.537-
543 (1986)
- 20) 豊沢誠, 米崎治男, 上田隆蔵, 林田正典:発酵工学,
Vol.38, p.342-350 (1960)
- 21) 後藤(山本)奈美, 劉宏芳, 石川雄章, 岡崎直人:
醸協, Vol.95, p.533-539(2000).
- 22) 永井英雄, 近藤恭一, 三島秀夫, 竹村成三:発酵工学,
Vol.70, p.361-369(1992)