

Production and Properties of Low-malt Beer Using Extremely Fine Potato Starch

(Received March 6, 2009; Accepted July 24, 2009)

Atsushi Tsukamoto,¹ Michihiro Fukushima,² Toshio Nagashima,³ Naoto Hashimoto,⁴
 Katsuichi Saito⁴ and Takahiro Noda^{1,*}

¹*Tokachi Beer Inc. (9-6, Minami, West-1-jo, Obihiro 080-0011, Japan)*

²*Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine (11, Nishi-2-sen, Inada-cho, Obihiro 080-8555, Japan)*

³*Department of Food Science and Technology, Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture (196, Yasaka, Abashiri 099-2493, Japan)*

⁴*Memuro Upland Farming Research Station, National Agricultural Research Center for Hokkaido Region (4, Minami-9-sen, Shinsei, Memuro-cho, Kasai 082-0081, Japan)*

Abstract: To manufacture low-malt beer using potato starch, we selected the potato starch suited for low-malt beer brewing from several potato starches. Moreover, the componential and functional characteristics of the low-malt beer obtained thus were evaluated. As extremely fine potato starch obtained by air-classification (median size 13.6 μm) had high phosphorus content but low peak viscosity of Rapid Visco Analyser (RVA), we regarded it as the most suitable material for low-malt beer brewing of the 10 potato starches examined. Phosphoryl-oligosaccharides, which are obtainable after digestion of a starch with phosphate, were obviously found (600 ppm) in low-malt beer using such potato starch. In contrast, no or very little phosphoryl-oligosaccharide was found in low-malt beers using corn or sweet potato starches. Thus, novel type functional low-malt beer would be manufactured by using extremely fine potato starch.

Key words: low-malt beer, extremely fine potato starch

極小粒子馬鈴薯澱粉を利用した発泡酒の製造と性質

塚本 篤¹, 福島道広², 永島俊夫³, 橋本直人⁴
 齋藤勝一⁴, 野田高弘^{1,*}

¹十勝ビール株式会社 (080-0011 帯広市西1条南9丁目6番)

²国立大学法人帯広畜産大学 (080-8555 帯広市稲田町西2線11番地)

³東京農業大学生産学部 (099-2493 網走市八坂196番地)

⁴独立行政法人農業食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター芽室研究拠点 (082-0081 北海道河西郡芽室町新生南9線4番地)

ビールは、麦芽、ホップ、水を発酵させたもの(100%麦芽ビール)、または、麦芽、ホップ、水に政令で定められた澱粉または澱粉質作物を副原料として加えて発酵させたものである。ただし、その原料中における副原料の重量が麦芽の重量の2分の1を超えないものに限られていて、超えるものは発泡酒として定義されている。副原料の種類の違いによりビールや発泡酒の成分や風味が変化するものと考えられるが、現状では、分離した澱粉ではコーンスターチが、澱粉質原料では、米、コーングリッツがおもに用いられ、他の副原料はほとんど用いられていない。一方、副原料に地域の農作物を用いることでビールや発泡酒の個性や付加価値を付与したり、地域の特徴を出すことができるようになるとともに、地域農業・食品工業の活性化につながる可能性がある。また、消費者の健康志向の高まり

を受けて、種々の機能性を付与したビールや発泡酒が開発されている。

馬鈴薯は澱粉含量が15–20%と高く、すでに従来から馬鈴薯澱粉を分離する方法が工業的に確立されている。北海道では道東地域を中心に澱粉原料用の馬鈴薯が作付けされ、年間約20万トンの馬鈴薯澱粉が生産されている。澱粉原料用の馬鈴薯品種の作付面積は、平成18年度においてはコナフブキが86.7%と断然高い割合を占め、次いで紅丸が5.7%を占めており、残りはアーリースターチ、アスタルテ、エニワ、サクラフブキとなっている。ここ数年は、馬鈴薯澱粉の価格が下落傾向にあるため、緊急な対策が求められている。ビール・発泡酒は主要加工食品の中で最も生産量が多く、平成19年で630万kLにも達している。ビール・発泡酒生産の副原料として、分離された澱粉ではコーンスターチ以外の澱粉はほとんど用いられていない。馬鈴薯澱粉は、大量入手が容易であり、コストも安い。そのため、ビールや発泡酒の有望な副原料の一つと考えられる。

*Corresponding author (Tel. +81-155-62-9278, Fax. +81-155-62-2926, E-mail: noda@affrc.go.jp).

馬鈴薯澱粉は、グルコース糖鎖中にエステル結合したリン酸基が、リン含量換算で500 ppm以上と、他の澱粉より明らかに多く存在する¹⁾。また、馬鈴薯澱粉の粒子径は2-100 μm と、他の澱粉の粒子径と比べて大きく幅が広いことが知られている。さらに、馬鈴薯澱粉は、他の澱粉と比べ粘度が高いことも知られている。馬鈴薯品種間で澱粉中のリン含量、粘度等の特性にかなりの差異があり、エニワやホッカイコガネが高リン・高粘度、紅丸や農林1号が低リン・低粘度であることが報告されている²⁾。また、リン酸基を多く含むものは粘度が高いということが外国産の馬鈴薯品種由来の澱粉を用いて証明されている³⁾。粒径で分画した粒子径の異なる馬鈴薯澱粉が一部の工場生産されているが、一般的な傾向として、粒子径が大きいほどリン含量が低く、粒子径が小さいほどリン含量が高いことが判明している⁴⁾。

ビールや発泡酒醸造の際には、副原料の澱粉は加熱処理を施された後、麦芽由来の澱粉分解酵素により糖化処理がなされる。馬鈴薯澱粉を糖化する際には、リン酸基の近傍には澱粉分解酵素が作用できず、リン酸基を有するオリゴ糖が副生成物として生じる⁵⁾。リン酸化オリゴ糖は、マルトトリオースからマルトテトラオースにリン酸基が1個の割合で結合した画分 (PO-1 画分) が主成分であるが⁶⁾、マイナー成分として、リン酸基が2個以上結合した画分 (PO-2 画分) も存在している⁶⁾。このようなリン酸化オリゴ糖のカルシウム塩には、脂質代謝改善効果⁷⁾、う蝕予防効果⁸⁾等の機能性があることがすでに報告されている。馬鈴薯澱粉をビールや発泡酒醸造の副原料として用いれば、麦芽中の澱粉分解酵素によっても切断されずに残ったリン酸化オリゴ糖は、ビール酵母によっても資化されないため、リン酸化オリゴ糖がビールや発泡酒内に残り、機能性成分に富んだ製品ができる可能性が大きい。副原料の馬鈴薯澱粉の比率を高くする、または高リン型の馬鈴薯澱粉を用いれば、さらにリン酸化オリゴ糖を多く含んだ製品ができると考えられる。一方、馬鈴薯澱粉糊は粘度が高い特性を有するが、糖化の際は糊化澱粉となるため、発泡酒醸造時に粘度による負荷がかかるといった難点もある。

そこで、本研究では、北海道で大量に生産されている馬鈴薯澱粉に着目し、澱粉工場製品の中で、特にリン含量が高く、粘度が比較的低い馬鈴薯澱粉を選定し、このような馬鈴薯澱粉を副原料とした新規の発泡酒の製造を試みた。なお、比較のために現在工業的に生産されているコーンスターチ、サツマイモ澱粉を副原料とした発泡酒も製造した。また、これらのようにして得られた製品の官能評価、成分評価も行った。

実験材料および方法

1. 馬鈴薯澱粉原料

馬鈴薯澱粉は、まず斜里町農協中斜里でん粉工場製の風力分級機を用いて製造された大粒子、小粒子、極小粒子の

澱粉を供試した。また、品種別では、神野でんぶん工場(株)において製造された紅丸、コナフブキ、エニワ、ホッカイコガネ、農林1号、ワセシロの澱粉を用いた。さらに、東部十勝農産加工農業組合連合会(東工連)の標準品を用いた。

2. 澱粉の特性評価

上記の澱粉についてメジアン径、リン含量、最高粘度を評価し、醸造用として最適な馬鈴薯澱粉を選定した。澱粉のメジアン径の測定法はNoda *et al.*¹⁰⁾の方法に準拠した。また、澱粉のリン含量はリン・バナド・モリブデン酸法¹²⁾で行った。ラビッドビスコアライザー (RVA) による澱粉粘度特性についてNoda *et al.*¹⁰⁾の方法に準拠して澱粉濃度4% (無水物換算) の条件で測定し、得られた粘度曲線から最高粘度を読み取った。

3. 醸造用澱粉

上記の試験で醸造用として最適と判断された馬鈴薯澱粉を用いた。また、サツマイモ澱粉 (JA 鹿児島もつき祇川澱粉工場製)、コーンスターチ (日本食品化工(株)製) を対照澱粉として用いた。

4. 醸造用他原料

発泡酒醸造の原料として、地醸造用麦芽 (ピルスナーモルト:カラメルモルト=20:1) (アサヒビールモルト(株)製) および酵母として培養酵母ピルスナー (ミュンヘン工科大、ヴァイエンシュテファン No. 34) (秋田今野商店(株)製)、さらにホップとしてテトナングとカスケード (アサヒ化学工業(株)製) を用いた。

5. 醸造試験

各種澱粉 70 kg、麦芽 105 kg、水 1.3 kL である発泡酒について Fig. 1 の要領で製造した。なお、ラガービールは各種澱粉 70 kg の代わりに麦芽を用いることで、麦芽 100% とした。

1) 糖 化

煮沸釜に用意した 50°C の温水 300 L に各種澱粉 70 kg と麦芽 20 kg を溶かした後に加熱し、70°C で 15 分保った

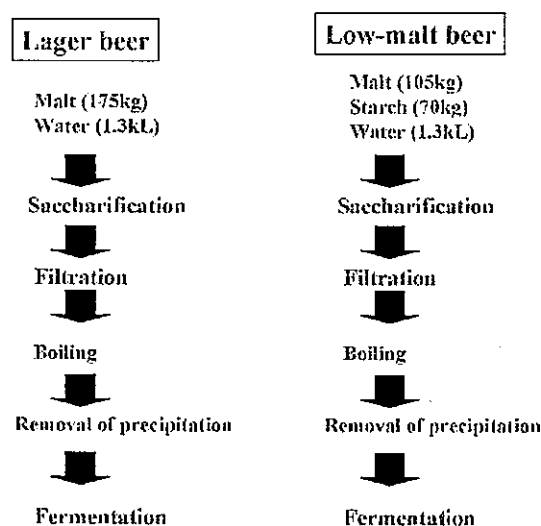


Fig. 1. Brewing process of lager beer and low-malt beer.

後、100°Cで10分間保持することにより生澱粉を糊化させた。そして、煮沸釜に水450 Lと麦芽85 kgを加えて52°Cで15分間、麦芽由来の酵素によるタンパク質分解を行った後、引き続き加熱して64°Cで40分糖化し、さらに加熱して72°Cで30分糖化を行うことにより、麦芽および各種澱粉に由来する糖質を含有する麦汁を得た。なお、ラガービールでは、最初の生澱粉を糊化させる工程を省略した。

2) 濾 過

1) で得られた麦汁を濾過槽に移し濾過することにより、1番麦汁を得た。また、この1番麦汁の残渣に温水(70-80°C)を散水して2番麦汁を得た。さらに、この2番麦汁の残渣に温水(70-80°C)を散水して3番麦汁を得た。1番麦汁、2番麦汁、3番麦汁を混合することにより、粗糖化液を得た。

3) 煮 沸

2) で得られた粗糖化液を煮沸釜で加熱し、90分間煮沸した。沸騰すると同時にビターホップとしてテトナング610 gを加え、アロマホップとして煮沸開始60分後にカスケード160 g、煮沸終了と同時にカスケード100 gを加え、煮沸を終了した。

4) 沈 殿 除 去

3) で得られた煮沸後の液をワールプールというタンクに移動させ、モルトジュース中の凝固タンパク質やホップのカスを高速回転させることによって取り除き、発酵用の糖化液を得た。

5) 発 酵

4) で得られた糖化液を発酵タンクに移し、培養酵母ピルスナーを加えて5-10°Cで2週間前後1次発酵を行った。このようにして得た発酵液を発酵タンクに移し、1°Cにて30日間2次発酵を行った。2次発酵終了後、瓶詰めを行い所定の発泡酒を得た。

6. ビール、発泡酒の官能試験・一般成分分析

試験醸造にて得られた発泡酒、ラガービールの試料について官能評価試験を実施した。官能評価項目は、アロマ(鼻で感じる香り)、外観、フレーバー(口の中で感じる香り)、ボディ(味わいの濃淡表現)、全体印象とした。官能評価は5名のパネラーにより、各項目(アロマ=10点満点、外観=6点満点、フレーバー=19点満点、ボディ=5点満点、全体印象=10点満点)について不適、不十分な点を減点して採点することで行った。また、BCOJビール分析法¹⁹⁾に従い、一般成分の分析を行った。

7. リン酸化オリゴ糖の調製

リン酸化オリゴ糖標準品は、ポスカム菌科用クリアドライ(江崎グリコ(株)製)より精製した。すなわち、粉碎したポスカム菌科用クリアドライ248 gに蒸留水300 mLを加え、加熱溶解した。この懸濁液を遠心操作(8000 rpm, 30分)で上層画分(上部にガムが浮遊)と下層画分(ゼラチンが主体)に分けた。上層画分中のガムを回収し、蒸留水200 mLを加えて再び加熱溶解し、遠心操作(8000 rpm,

30分)によりガムを除去した。二度の抽出で得られた上部の液層部を混合した後(約400 mL)、塩化ナトリウムを0.2 Mになるように加えた。次いで、2.5倍量のエタノールを加え、室温放置することで沈殿物を回収し、蒸留水(約100 mL)に再溶解した。この溶液にグルコアミラーゼ液1 mL(*Rhizopus* sp由来、東洋紡(株)製)(600 U/mL)、 α -アミラーゼ液1 mL(*Bacillus subtilis*由来、上田化学(株)製)(300 U/mL)、プルラーゼ液1 mL(*Aerobacter aerogenes*由来、(株)林原生物化学研究所製)(200 U/mL)を加えて、40°Cで6時間保持することで、ポスカムに添加されているデキストリンを分解した。反応終了後、3倍量のエタノールを加え、室温放置後、遠心操作(8000 rpm, 30分)により遊離グルコースなどの夾雑物の除去し沈殿物を回収した。沈殿物を蒸留水に再溶解した後、薄層クロマトグラフィー²⁰⁾により純度を確認し、夾雑物が完全に除去できるまでエタノール沈殿操作を繰り返した。最終的にリン酸化オリゴ糖に相当するスポットのみが確認できたものについて、室温乾燥することでリン酸化オリゴ糖の標準品を得た。

8. ビール、発泡酒のリン酸化オリゴ糖の分析

リン酸化オリゴ糖の分析は、Carbo Pac PA-100カラムを用いたDionex DX-300システムによるパルスドアンペロメトリー検出器(PAD)が装備されている高性能アニオン交換クロマトグラフィーを用い、Kamasaka *et al.*¹⁶⁾の方法に準拠して行った。サンプルについては、上記により調製されたリン酸化オリゴ糖の標準品を蒸留水に溶解したものの、前述の薄層クロマトグラフィーと同様の方法でビール、発泡酒原液をエタノール沈殿させ再溶解したものをを用いた。

実験結果および考察

1. 発泡酒醸造適性を有する馬鈴薯澱粉の選定

馬鈴薯澱粉の需要拡大を目的として、発泡酒醸造適性を有する馬鈴薯澱粉の選定を行った。Table 1に供試した馬鈴薯澱粉製品のリン含量、RVAによる最高粘度およびメジアン径の結果を示した。メジアン径は、風力分級機で得

Table 1. Characteristics of potato starches.

	Phosphorus content (ppm)	Peak viscosity (RVU)	Median size (μ m)
Large	756	299	42.3
Small	979	275	21.6
Extremely small	1125	221	13.6
Benimaru	652	259	46.6
Konafubuki	777	290	42.3
Eniwa	880	324	42.4
Hokkaikogane	874	312	41.6
Norin No. 1	654	230	36.4
Waseshiro	762	260	33.3
Standard	847	305	35.2

られた大粒子は 42.3 μm であったのに対し、小粒子、極小粒子で、それぞれ 21.6, 13.6 μm と明らかに小さかった。一方、品種別および標準品では 33.3–46.6 μm に分布した。リン含量は、小粒子、極小粒子は、それぞれ 979, 1125 ppm と高い値を示した。品種別では紅丸および農林 1 号がそれぞれ 652, 654 ppm と低く、エニワおよびホッカイコガネが 880, 874 ppm と高かった。RVA による最高粘度は、低リン型の紅丸および農林 1 号が低く、高リン型のエニワおよびホッカイコガネが高かった。品種別のリン含量、最高粘度の結果は、前報²⁾と同様の傾向がみられた。極小粒子は、高リン型であるにもかかわらず、最高粘度が低く、前報²⁾の結果と一致した。

発泡酒醸造適性を有する馬鈴薯澱粉の選定では、まず機能性成分として知られているリン酸化オリゴ糖を高含有する製品を開発することを視野に入れて、高リン型の馬鈴薯澱粉であることを重視した。一方、発泡酒醸造時の糖化の際は糊化澱粉を用いるため、粘度の低い澱粉は、澱粉糖化の際における粘度による負荷がかからないので利点がある。コーンスターチやサツマイモ澱粉とほぼ同程度の粒径である風力分級機で製造された極小粒子の馬鈴薯澱粉 (メジアン径 13.6 μm) は高リン型で低粘度であるため、発泡酒醸造に望ましいと判断し、以後の発泡酒の醸造試験に使用することにした。

2. ビール、発泡酒の醸造試験、成分特性

澱粉を副原料に用いた発泡酒の製造条件にしたがって、極小粒子の馬鈴薯澱粉、サツマイモ澱粉、コーンスターチを副原料に用いた発泡酒の醸造試験を行った。馬鈴薯澱粉は糊化工程中の粘度の上昇は、反応阻害が起こらないレベルにとどまり、糖化後の麦汁はヨウ素反応を示さなかった。仕込み終了時の麦汁に異味、異臭はなく、発酵も他の 3 種のビール・発泡酒とほぼ同等に進み、発酵期間は約 2 週間であった。ビール・発泡酒単体についての絶対評価を行う記述式の官能評価試験において、馬鈴薯澱粉で醸造した発泡酒は、Table 2 に示すように、サツマイモ澱粉およびコーンスターチで醸造した発泡酒と比べてアロマにおいてやや劣るものの、ボディにおいて高いスコアが得られた。また、馬鈴薯澱粉の発泡酒は、評価項目の合計値では、コーンスターチで醸造した発泡酒と同程度に高く、突出したオフフレーバーは認められず、発泡酒の原料として適していることが確認された。

Table 2. Sensory attributes of lager beer and low-malt beer.

	Aroma	External appearance	Flavor	Body	Whole impression	Total
Low-malt beer						
Potato starch	5	5	10	5	6	31
Sweet potato starch	6	5	9	3	4	27
Corn starch	7	3	13	3	6	32
Lager beer	4	6	6	5	4	25

Table 3. Componental characteristics of lager beer and low-malt beer.

	Low-malt beer			Lager beer
	Potato starch	Sweet potato starch	Corn starch	
Brix (%)	5.3	5.0	5.2	5.0
Specific gravity	1.010	1.007	1.008	1.000
pH	4.35	4.43	4.51	4.57
Acidity (mL/100 mL)	25.5	20.3	25.2	25.2
Total sugar (%)	3.0	1.6	1.3	1.6
Reducing sugar (%)	1.0	0.2	0.5	0.4
Total N (mg/100 mL)	47.9	39.0	47.4	77.7
Formol N (mg/100 mL)	11.0	13.1	13.9	34.0
Bitterness unit (BU)	12.4	18.9	18.6	15.8
Alcohol (%)	5.1	4.8	5.4	4.7
Real extract (%)	4.3	3.0	3.4	3.3
Fermented ability (%)	70.9	77.1	76.8	74.3

各試験ビール・発泡酒について成分分析試験を行い、その結果を Table 3 に示した。麦芽 100% のラガービールと比べて、馬鈴薯澱粉の発泡酒はホルモル態窒素含量が低かった。しかし、馬鈴薯澱粉の発泡酒の真性エキス、真性発酵度は、ラガーと比べて遜色なく、アルコール度数も安定しており酵母の生育に十分な条件であることが確認できた。馬鈴薯澱粉の発泡酒は、他の 3 種のビール・発泡酒と比べ、全糖量、還元糖量ともに明らかに高いという特徴があった。

PAD が装備されている高性能アニオン交換クロマトグラフィーにより、リン酸化澱粉が分解して生じる機能性物質であるリン酸化オリゴ糖の分析を行った。Fig. 2 にリン酸化オリゴ糖の標準品と各試験ビール・発泡酒の高性能アニオン交換クロマトチャートを示した。リン酸化オリゴ糖の標準品に含まれる PO-1 画分、PO-2 画分のピークの保持時間は、以前の報告⁶⁾とほぼ一致した。ビール、発泡酒原液には種々のオリゴ糖が多く含まれるため、大体において PO-1 画分のピークは他のオリゴ糖と重なったが、PO-2 画分のピークは重ならなかった。馬鈴薯澱粉の発泡酒には PO-2 画分に起因する小さなピーク (保持時間 46.75 分) が確認され、サツマイモ澱粉の発泡酒ではたぶん PO-2 画分に起因すると考えられるトレース程度のピーク (保持時間 45.76 分) がみられた。一方、コーンスターチで試作した発泡酒およびラガービールにおいては、このようなピークはみられず、リン酸化オリゴ糖がほとんど含まれていないことが示唆された。以上の高性能アニオン交換クロマト分析において、PO-1 画分、PO-2 画分のピーク出現には再現性があった。PO-1 画分、PO-2 画分の量比は、調製条件によらずほぼ一定であることが示されている⁶⁾。そこで、馬鈴薯澱粉およびサツマイモ澱粉の発泡酒、リン酸化オリゴ糖標準品の既知濃度の溶液において、PO-2 画分のピーク比率を計算することで、リン酸化オリゴ糖量 (PO-1 画分、PO-2 画分の総量) の大まかな測定を行った。その結果、

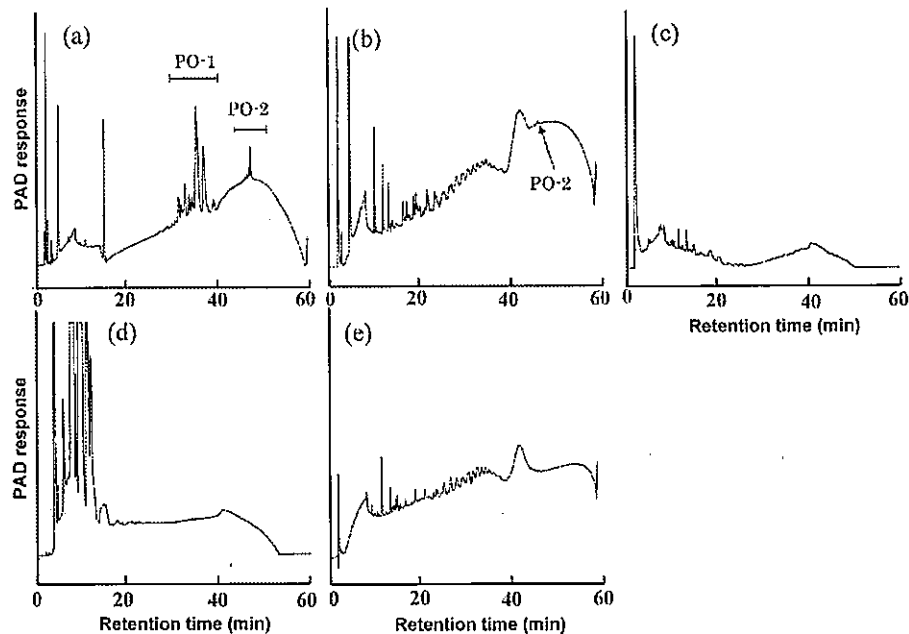


Fig. 2. Chromatograms of the phosphoryl-oligosaccharides of lager beer and low-malt beer.

(a) standard phosphoryl-oligosaccharides, (b) low-malt beer using potato starch, (c) low-malt beer using sweet potato starch, (d) low-malt beer using corn starch, (e) lager beer.

Table 4. Phosphoryl-oligosaccharides content of lager beer and low-malt beer.

	Starch phosphorus content (ppm)	Phosphoryl-oligosaccharides content (ppm)
Low-malt beer		
Potato starch	1125	600
Sweet potato starch	226	<150
Corn starch	140	0
Lager beer	—	0

馬鈴薯澱粉の発泡酒では、リン酸化オリゴ糖は600 ppm、サツマイモ澱粉で試作した発泡酒ではきわめて低い濃度(150 ppm以下)となった(Table 4)。

現在、粒子径ごとに分級された極小粒子の馬鈴薯澱粉は需要が少なく、販路の開拓が大きく求められている。本研究では、風力分級機で得られた極小粒子の馬鈴薯澱粉は発泡酒の副原料として適性があることを見出し、このような馬鈴薯澱粉で醸造した発泡酒は、他のビール・発泡酒と比べて、機能性成分であるリン酸化オリゴ糖を含んでいることを明らかにした。本研究結果は、このような安価な澱粉に高付加価値を付与する意味からも有用性がある。現在、発泡酒の副原料として使用されているコーンスターチのうち、ごく一部でも馬鈴薯澱粉に取り替わることができれば、澱粉原料用の馬鈴薯の減産に歯止めをかけることが可能となる。

本研究は生研センターの異分野融合研究「高度リン酸化澱粉及びビアントシアニンを含有する馬鈴薯を用いた機能性食品の開発」の一環として実施したものである。

文 献

- 1) S. Hizukuri, S. Tabata and Z. Nikuni: Studies on starch phosphate: Part 1. Estimation of glucose 6-phosphate residues in starch and the presence of tuber bound phosphate(s). *Starch/Stärke*, **22**, 338-343 (1970).
- 2) T. Noda, S. Tsuda, M. Mori, S. Takigawa, C. Matsuura-Endo, N. Hashimoto and H. Yamauchi: Properties of starches from several potato varieties grown in Hokkaido. *J. Appl. Glycosci.*, **51**, 241-246 (2004).
- 3) D.P. Wiesenborn, P.H. Orr, H. H. Casper and B.K. Tacke: Potato starch paste behavior as related to some physical/chemical properties. *J. Food Sci.*, **59**, 644-648 (1994).
- 4) 貝沼圭二, 山本和夫, 鈴木繁男, 高谷友久, 不破英次: 澱粉の構造と特性に関する研究(第4報) 分級馬鈴薯澱粉の構造および利用特性. *澱粉科学*, **25**, 3-11 (1978).
- 5) T. Noda, S. Takigawa, C.M.-Endo, S.-J. Kim, N. Hashimoto, H. Yamauchi, I. Hanashiro and Y. Takeda: Physicochemical properties and amylopectin structures of large, small and extremely small potato starch granules. *Carbohydr. Polym.*, **60**, 245-251 (2005).
- 6) H. Kamasaka, M. Uchida, K. Kusaka, K. Yoshikawa, K. Yamamoto, S. Okada and T. Ichikawa: Inhibitory effect of phosphorylated oligosaccharides prepared from potato starch on the formation of calcium phosphate. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **8**, 1412-1416 (1995).
- 7) H. Kamasaka, K. To-o, K. Kusaka, T. Kuriki, T. Kometani, H. Hayashi and S. Okada: The structures of phosphoryl oligosaccharides prepared from potato starch. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **61**, 238-244 (1997).
- 8) H. Kamasaka, K. To-o, K. Kusaka, T. Kuriki, T. Kometani and S. Okada: A way of enhancing the inhibitory effect of phosphoryl oligosaccharides on the formation of calcium phosphate precipitate by using the coupling reaction of cyclomaltodextrin glucanotransferase. *J. Appl. Glycosci.*, **44**, 285-293 (1997).
- 9) K. To-o, H. Kamasaka, T. Nishimura, T. Kuriki, S. Saeki and Y. Nakabou: Bioavailability of calcium-bound phosphoryl oligosaccharides in rats. *J. Appl. Glycosci.*, **49**, 159-165 (2002).
- 10) 釜阪 寛, 今井 奨, 西村隆久, 栗木 隆, 西沢俊樹: 馬鈴薯デンプン由来リン酸化オリゴ糖のミュータンズレンサ

- 球菌への影響. 口腔衛生会誌, 52, 66-71 (2002).
- 11) T. Noda, S. Tsuda, M. Mori, S. Takigawa, C. Matsuura-Endo, K. Saito, W.H.A. Mangalika, A. Hanaoka, Y. Suzuki and H. Yamauchi: The effect of harvest date on starch properties in various potato cultivars. *Food Chem.*, 86, 119-125 (2004).
- 12) 山本和夫: 「生化学実験法 19 澱粉・関連糖質実験法」, 中村道徳, 貝沼圭二編, 学会出版センター, 東京, pp. 32-33 (1986).
- 13) ビール酒造組合: 「BCOJ ビール分析法 第 91 巻」, 日本醸造協会, 東京, p. 241 (1996).
- 14) K. Saito, K. Kondo, I. Kojima, A. Yokota and F. Tomita: Purification and characterization of 2,6- β -D-fructan 6-levanbiohydrolase from *Streptomyces exfoliatus* F3-2. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66, 252-256 (2000).

極小粒子馬鈴薯澱粉を利用した発泡酒の製造と性質

塚本 篤¹, 福島道広², 永島俊夫³, 橋本直人⁴

齋藤勝一⁴, 野田高弘⁴

¹十勝ビール株式会社

(080-0011 帯広市西 1 条南 9 丁目 6 番)

²国立大学法人帯広畜産大学

(080-8555 帯広市稲田町西 2 線 11 番地)

³東京農業大学生物産業学部

(099-2493 網走市八坂 196 番地)

⁴独立行政法人農業食品産業技術総合研究機構

北海道農業研究センター芽室研究拠点

(082-0081 北海道河西郡芽室町新生南 9 線 4 番地)

馬鈴薯澱粉を副原料とした新規の発泡酒を製造するために, まず, 品種および粒径の異なる数種の馬鈴薯澱粉の中から発泡酒醸造適性を有するものを選定した. また, このようにして得られた発泡酒の成分特性を評価した. 馬鈴薯澱粉工場の 10 種類の製品について澱粉特性を検討した結果, 風力分級機によって得られた極小粒子澱粉 (メジアン径 13.6 μ m) は, リン含量が高いが, RVA による最高粘度は低いので, 発泡酒の副原料として最適であると判断した. リン酸化澱粉が分解して生じるリン酸化オリゴ糖の分析の結果, このような馬鈴薯澱粉で醸造した発泡酒に明らかにその存在が認められた (600 ppm). 一方, コーンスターチおよびサツマイモ澱粉で醸造した発泡酒では, リン酸化オリゴ糖はほとんど認められなかった.