

愛媛県産はだか麦を用いた麦芽製造方法に関する研究

酒井美希 渡部将也 宮岡俊輔 永田洋子 西村理子

Research on Malting Methods using Naked Barley produced in Ehime Prefecture
SAKAI Miki, WATANABE Masaya, MIYAOKA Shunsuke, NAGATA Yoko and NISHIMURA Satoko

愛媛県特産のはだか麦の酒造適性を評価するため、二条大麦麦芽との特性比較によるはだか麦麦芽の製造方法について検討した。はだか麦麦芽と二条大麦麦芽の酵素及び β グルカンの量を分析した結果、はだか麦麦芽の方が含有量が多く、浸漬日数、発芽日数を増やすと低下する傾向が見られた。二条大麦麦芽の方が β グルカナーゼの量が多く、ろ過前の麦汁の粘度がはだか麦麦芽より低いことから、はだか麦麦汁中の β グルカナーゼの量を増やしたところ、粘度が低下することが分かった。粘度は麦汁をろ過効率の低下を引き起こすことから、 β グルカナーゼの酵素量を増やすことにより、麦汁のろ過効率の向上が期待でき、新たな酒類開発へ利用できる可能性があることが分かった。

キーワード：はだか麦、麦芽、麦汁、 β グルカン、酵素、粘度

はじめに

愛媛県での生産量が多いはだか麦は、主に押麦や麦みそに加工して消費されてきた。愛媛県ではこれまで大野¹⁾や逢阪²⁾らにより、はだか麦を使った加工食品の研究は実施されてきた。一方で、用途が限定的であり、新たな加工食品への活用が望まれている。はだか麦は、外皮が取れやすいため、加工しやすいという利点がある一方で、「穀粒の構造」や「成分の違い」があるため、皮麦とは異なる性質を持っている。一般的に、ビールやウイスキーに使用される麦芽は、皮麦の二条大麦であるため、六条大麦であるはだか麦を使用した麦芽の製造方法についての知見がほとんどない。そこで、本研究では、はだか麦麦芽の製造に関する基盤技術を開発することを目的とし、はだか麦の発芽条件の検討及び、粘度や酵素活性の測定を行ったので報告する。

実験方法

1. 大麦の成分

愛媛県内で栽培された六条はだか麦品種「ハルヒメボン」と佐賀県産二条大麦品種「サチホゴールド」を試料として用いた。栄養成分分析は、日本食品標準成分表（八訂）の分析法³⁾に従って実施した。食物繊維はプロスキー法、 β グルカン含量はMegaZyme社製キットを用いた。

2. 発芽試験及び麦汁の特性評価

大麦 100g をザル付きバットに入れ水温 15°C に 1～4 日間浸漬後、水切りし、温度 15°C、湿度 90% 以上に調整した恒温恒湿機に入れ、2～8 日間静置した。乾燥しないよう一日に一度麦芽表面に水を噴霧し、混合した後均一化を図った。発芽終了後、45°C で 12 時間、60°C で 3 時間、90°C で 5 時間乾燥後、根を除いて麦芽とした。糖化方法は、BCOJ ビール分析法⁴⁾を参考に、粉碎した麦芽 55g と 46°C の純水 200ml をビーカーに入れ、ガラス棒で攪拌しながら、45°C で 30 分保持後 70°C まで 1°C/min で昇温させた後、100ml の純水を追加し、60 分保持後、氷水で室温まで冷却した。ろ過前の麦汁の粘度は、B 型粘度計（Brookfield 社製）を用い、60rpm の値を測定した。糖化前の麦芽の β グルカン含有量は MegaZyme 社製キットにより測定した。

3. 発芽温度別の麦芽の酵素量の把握

15°C、2 日間浸漬した大麦を温度 15°C または 28°C、湿度 90% 以上に調整した恒温恒湿機に入れ、4 日間静置した。乾燥しないよう一日に一度麦芽表面に水を噴霧し、混合した後均一化を図った。発芽終了後、45°C で 12 時間、60°C で 3 時間、90°C で 5 時間乾燥後、根を除いたものを試料として用いた。 β グルカン、 α アミラーゼ、 β アミラーゼ、 β グルカナーゼは、MegaZyme 社製キットにより測定した。

4. 浸漬日数と成分の検討

浸漬した大麦を温度 15°C、湿度 90% 以上に調整した恒温恒湿機に入れ、3 日間静置した。乾燥しないよう一日に一

この研究は、「起業化シーズ育成支援事業」の予算で実施した。

度麦芽表面に水を噴霧し、攪拌した。発芽終了後、45℃で12時間、60℃で3時間、90℃で5時間乾燥後、根を除いたものを試料として用いた。βグルカン、βアミラーゼ、βグルカナナーゼは、MegaZyme 社製キットにより測定した。浸麦度は、大麦 100g をザル付きバットに入れ水温 15℃に所定時間浸漬後、水切りした重量を測定し、浸麦度 (%) = (浸漬後の重量 - 原麦重量 + 原麦水分) ÷ 浸漬後の重量 × 100) により求めた。

5. 発芽日数と成分の検討

15℃、2日間浸漬した大麦を温度 15℃、湿度 90%以上に調整した恒温恒湿機に入れ、8日間静置した。乾燥しないよう一日に一度麦芽表面に水を噴霧し、攪拌した。発芽終了後、45℃で12時間、60℃で3時間、90℃で5時間乾燥後、根を除いたものを試料として用いた。βグルカン、βアミラーゼ、βグルカナナーゼは、MegaZyme 社製キットにより測定した。

6. βグルカナナーゼを添加した麦汁製造試験

浸漬日数2日、発芽日数6日で製造したはだか麦麦芽にβグルカナナーゼの添加量が250 Unit/kgになるようβグルカナナーゼ酵 (Sigma-Aldrich 社製) を13.75g 添加または、外国産麦芽を30g 添加し、合計重量が55gになるようにし、麦汁を製造した。糖化方法は、粉碎した麦芽55g と46℃の純水200ml をビーカーに入れ、ガラス棒で攪拌しながら、45℃で30分保持後70℃まで1℃/min で昇温させた後、100ml の純水を追加し、60分保持後、氷水で室温まで冷却した。ろ過前の麦汁の粘度は、B型粘度計 (Brookfield 社製) を用い、60rpm の値を測定した。

結果と考察

1. 大麦の成分

成分分析の結果を表1に示す。はだか麦は、二条大麦に比べて不溶性食物繊維が少なく、水溶性食物繊維が多いことが分かった。外皮の有無の違いが食物繊維の値に影響を与えたと考えられる。また、βグルカンは、はだか麦の方が二条大麦より多かった。

表1 大麦の成分

成分	はだか麦	二条大麦
水分 (g/100g)	11.1	11.2
タンパク質 (g/100g)	9.7	8.6
脂質 (g/100g)	3.3	3.0
灰分 (g/100g)	1.7	2.1
食物繊維 (不溶性) (g/100g)	10.7	12.4
食物繊維 (水溶性) (g/100g)	2.4	1.6
βグルカン(g/100g(dry))	4.8	3.4

2. 発芽試験及び麦汁の特性評価

発芽前後の大麦の様子を写真1に示す。発芽試験により、二条大麦同様にはだか麦も発芽することが分かった。麦芽の糖化試験を行ったところ、図1に示すように、ろ過前の麦汁の粘度に違いが見られた。βグルカンの分析を行ったところ、図2に示すように、はだか麦の方が二条大麦よりβグルカンを多く含んでいることが分かった。二条大麦のβグルカンは、原麦を麦芽にすると3.4 g/100g(dry)から0.5 g/100g(dry)に低下するのに対し、はだか麦は原麦を麦芽にしても4.8g/100g(dry)から3.3g/100g(dry)にしか低下しなかった。麦芽が持つ酵素量の違いが影響しているのではないかと考えられた。粘度は、麦汁のろ過時間に影響がでる可能性があるため、麦芽製造時の酵素量が重要になると考えられる。

写真1 発芽前後の大麦の様子

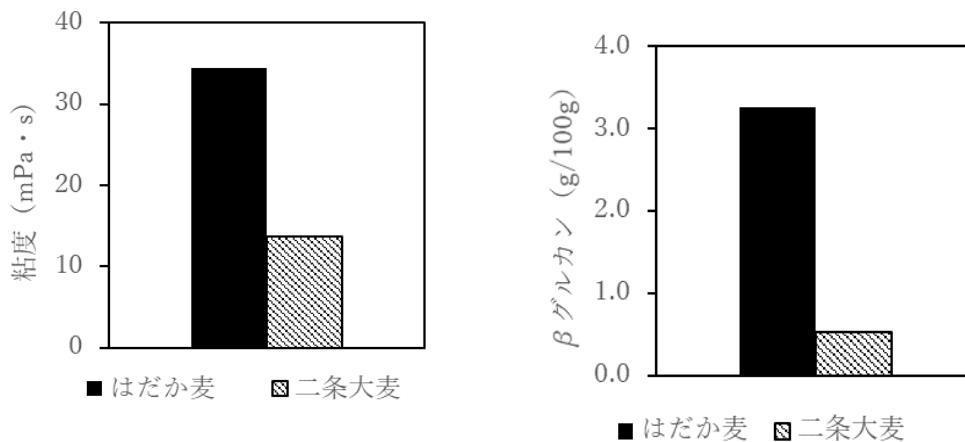
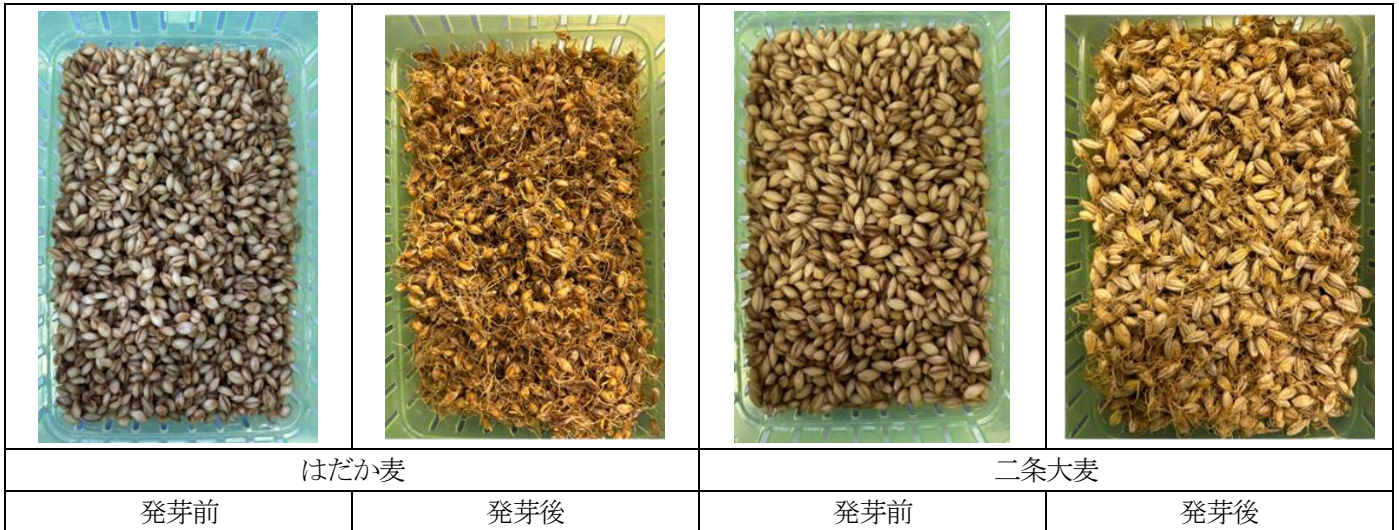


図1 ろ過前の麦汁の粘度

3. 発芽温度別の麦芽の酵素量の把握

ビール等の醸造においてアルコール生成に必要な不可欠なでんぷんの糖化能を評価するため、15℃と28℃で発芽させた麦芽を用いて、αアミラーゼとβアミラーゼの酵素活性及びβグルカンの分析を行った結果を表2に示す。βグルカナーゼは、βグルカンを分解する酵素であり、温度が高い方が、酵素活性が高く、βグルカンの値は低くなった。15℃での発芽においてはβグルカナーゼの酵素活性に有意差は無かったが、それ以外の条件下においては、αアミラーゼとβグルカナーゼは二条大麦麦芽の方が高く、βアミラーゼははだか麦麦芽の方が高いことが分かった。二条大麦麦芽の方がβグルカナーゼ活性が高いため、βグルカンの量が少ないと考えられた。大麦は大抵、根が先に伸長した後に、芽が伸長していくため、麦芽の外見を比較すると、28℃の方は根だけではなく、約2cmの芽が目視で確認できた。大麦の酵素は、温度が高い方が活性が高くなり、発芽が促進されたと考えられる。温度が高い場合、雑菌汚染のリスクが高くなることに加え、発芽が進みすぎると、大麦中のでんぷんの分解が進み、麦汁中の糖分が減る可能性がある。

表2 麦芽の酵素活性とβグルカン量

	はだか麦		二条大麦	
	15℃	28℃	15℃	28℃
温度				
αアミラーゼ (Unit/g)	45.8	85.3	55.3	238.3
βアミラーゼ (Unit/g)	2.1	10.0	0.8	8.8
βグルカナーゼ (Unit/kg)	8.0	54.4	7.4	261.6
βグルカン(g/100g(dry))	3.3	2.9	0.5	0.4

4. 浸漬日数と成分の検討

大麦の浸漬日数によって、酵素量に変化するか確認した。浸漬日数を1日、2日、3日として、製造した麦芽の浸麦度と酵素活性を図3、4、5に示す。浸麦度は、0日目から1日目にかけて大きくなり、それ以降の変化はほとんどみられなかった。酵素量は、 α アミラーゼは、浸漬日数1日が最も高くなり、はだか麦では浸漬日数0日、二条大麦麦芽では浸漬日数3日目で最も低くなった。 β アミラーゼは、浸漬日数0日が最も高く、浸漬日数3日が最も低くなった。はだか麦麦芽と二条大麦麦芽の酵素活性は、同様の傾向がみられることが分かった。麦芽中の β グルカン进行分析した結果を図6に示す。はだか麦麦芽の方が含有量が多く、浸漬日数0日で最も多く、浸漬日数1日で大きく減少し、その後日数を経るごとに徐々に減少する傾向が見られた。二条大麦と比較して、はだか麦に含まれる α アミラーゼ量は同程度、 β アミラーゼ量は多く含まれており、一般的に二条大麦を用いた酒造の際には麦芽100%で酵素添加は行わないことから、はだか麦麦芽でも同様に酒造が可能であると考えられるが、麦汁の粘度を増加させる β グルカンが多く含まれているため、浸漬日数については、 β グルカンが減少し、かつ α アミラーゼ及び β アミラーゼが一定量残存している1~2日程度が適切であると考えられた。

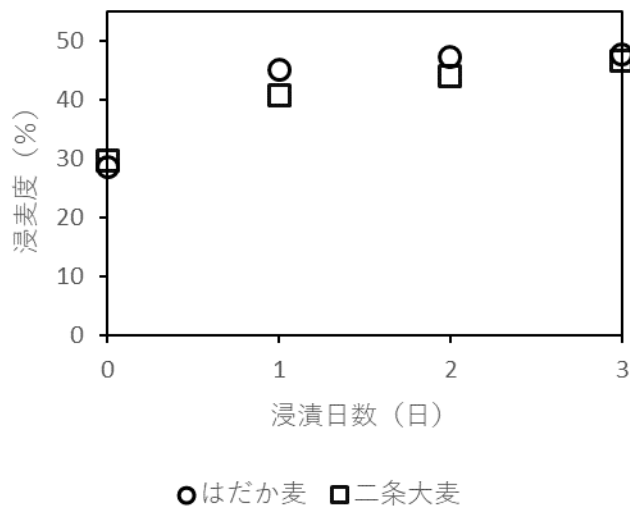


図3 浸漬日数と浸麦度の関係

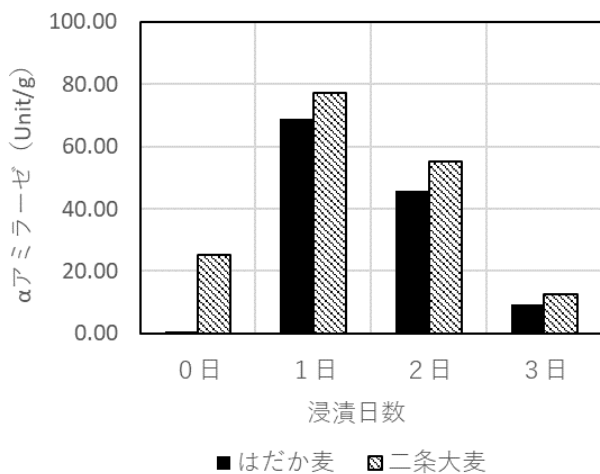


図4 浸漬日数と α アミラーゼの関係

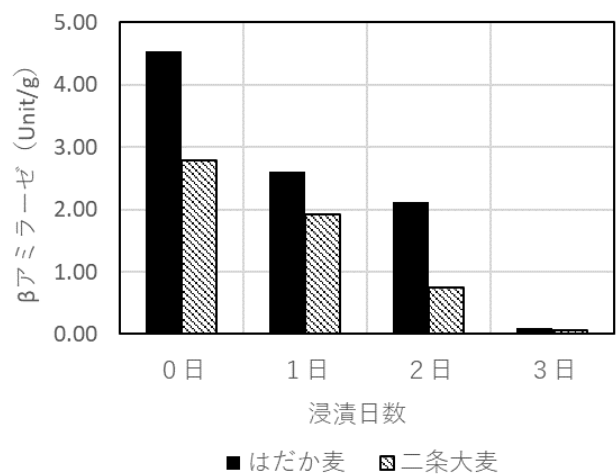


図5 浸漬日数と β アミラーゼの関係

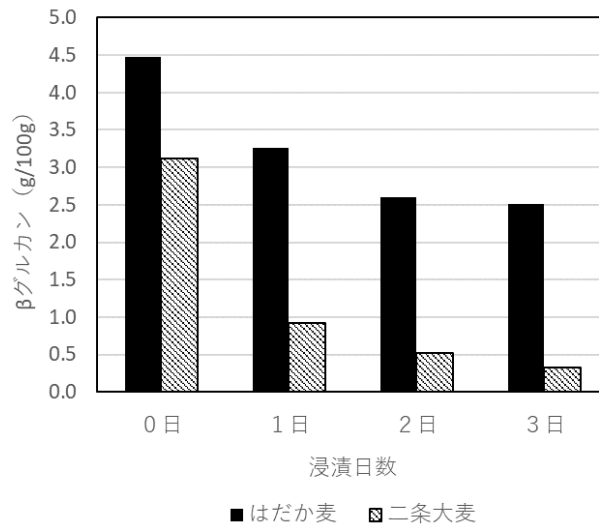


図6 浸漬日数とβグルカンの関係

5. 発芽日数と成分の検討

大麦の発芽日数によって、酵素量に変化するか確認した。発芽日数を2日、4日、6日、8日として、製造した麦芽の酵素量とβグルカンの値を図7、8、9に示す。αアミラーゼは、発芽日数6日までは日ごとに増加し、8日目では減少した。βアミラーゼは、はだか麦麦芽では発芽日数6日までは日ごとに増加し、8日目では減少した。二条大麦麦芽は、発芽日数4日が最も高かったが、全体的に値が低い傾向にあった。βグルカンは、はだか麦麦芽の方が二条大麦麦芽より含有量が多く、発芽日数を増やすと減少する傾向が見られた。発芽日数についても、前項で述べたとおり、βグルカンの減少とαアミラーゼ及びβアミラーゼの残存量を考慮する必要があるため、本研究結果からは6日が適切であると考えられた。

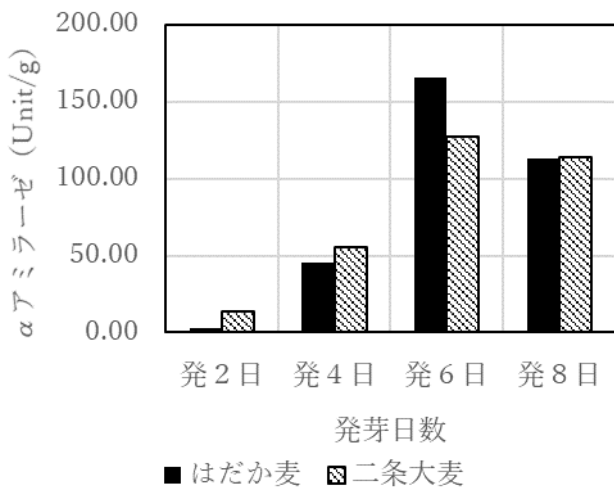


図7 発芽日数とαアミラーゼの関係

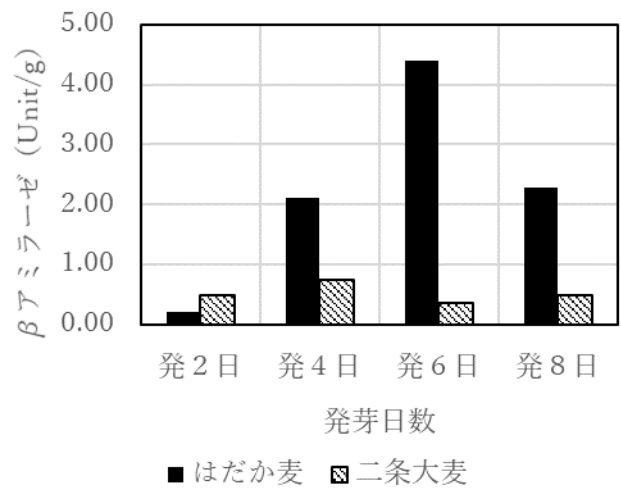


図8 発芽日数とβアミラーゼの関係

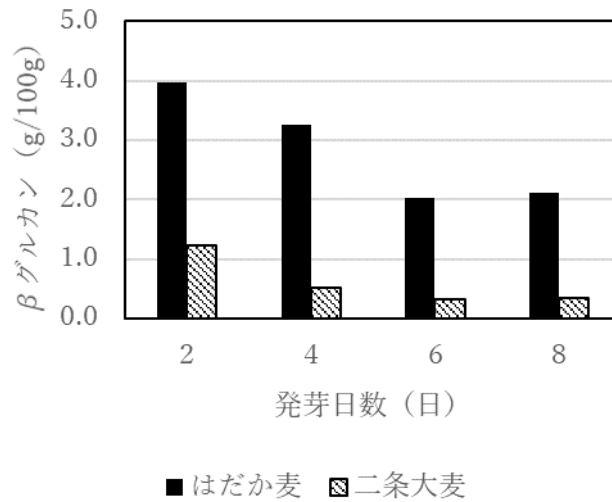


図9 発芽日数とβグルカンの関係

6. βグルカナーゼを添加した麦汁製造試験

浸漬日数2日、発芽日数6日で製造したはだか麦麦芽にβグルカナーゼ及び外国産麦芽を添加し、麦汁を製造し、ろ過前の粘度を分析した結果を図10に示す。βグルカナーゼや外国産麦芽を添加することにより粘度が低下することが分かった。粘度は麦汁をろ過する際目詰まり等を引き起こすことから、βグルカナーゼの量を増やすことにより、麦汁のろ過効率の向上が期待できる。今後は麦汁製造の工程で、はだか麦麦芽の最適な糖化方法やその際の粘度の関係を検討していく必要がある。

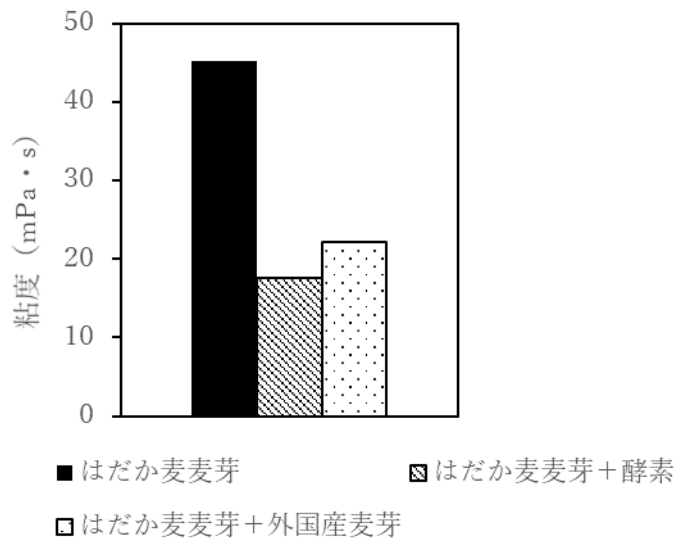


図10 はだか麦麦汁のろ過前の粘度

ま と め

愛媛県特産のはだか麦を使用した麦芽の製造方法について検討したところ、以下の結果を得た。

- 15°Cで2日間発芽させた場合のβグルカンの量を分析したところ、はだか麦麦芽は3.3g/100g(dry)、二条大麦麦芽は0.5g/100g(dry)で、はだか麦麦芽の方が含有量が多かった。
- βグルカナーゼの量については、28°Cで2日間発芽させた場合、はだか麦麦芽が54.4 (Unit/kg)、二条大麦麦芽が261.6 (Unit/kg)で、二条大麦麦芽の方がはだか麦麦芽よりβグルカナーゼの量が多く、ろ過前の麦汁の粘度がはだか麦麦芽の1/2以下であることが分かった。
- はだか麦麦汁中のβグルカナーゼの量を増やしたところ、粘度が1/2以下に低下することが分かり、粘度は麦汁

をろ過する際が目詰まり等を引き起こすことから、 β グルカナーゼの量を増やすことにより、麦汁のろ過効率の向上が期待でき、新たな酒類開発へ利用できる可能性がある。

文 献

- 1) 大野一仁：裸麦粉を用いた加工品の開発，愛媛県工業技術センター平成16年度研究レポート（2004）。
- 2) 逢阪江理，田中八壽子，武士末純夫，開俊夫，西村理子，玉井敬久：大麦（はだか麦）粉の特性と大麦パンの開発，日本食品科学工学会誌，**62-11**，521-526（2015）。
- 3) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会：日本食品標準成分表 2020年版（八訂）分析マニュアル（2020）。
- 4) ビール酒造組合国際技術委員会編：BCOJ ビール分析法（1996）。