有色馬鈴薯を用いた発泡酒の醸造

妙田 貴生^{*1}・塚本 篤^{*2}・野田 高弘^{*3}
永井 毅^{*1}・永島 俊夫^{*1}

Brewing of Happou-shu (Low-malt Beer) Using Colored Potato

MYODA Takao^{*1}, TSUKAMOTO Atsushi^{*2}, NODA Takahiro^{*3},
NAGAI Takeshi^{*1} and NAGASHIMA Toshio^{*1}

* 1 Department of Food Science and Technology, Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture
196, Yasaka, Abashiri-shi, Hokkaido 099-2493

* 2 Tokachi Beer Inc.

1-9-6, Nishi, 1 jo, minami, Obihiro-shi, Hokkaido 080-0011

* 3 Memuro Upland Farming Research Station, National Agricultural Research Center for Hokkaido Region
Shinsei, Memuro-cho, Kasai, Hokkaido

We investigated a brewing method of happou-shu using colored potato as a side source. Purple-colored wort was obtained when the sacchrification process was performed in a wort : colored potato ratio of 1 : 1. We extracted pigments having a purple color from steamed potato and the pigments were separately added before the primary fermentation stage of the brewing process of happou-shu. As a result, happou-shu having a purple color was successfully fermented. The present studies reveal that purple-colored potatoes are beneficial for giving happou-shu a purple color. Our data should be useful for developing a novel type of functional happou-shu or beer.

(Received Apr. 4, 2007 ; Accepted Aug. 10, 2007)

Key words : anthocyanin, brewing, happou-shu, purple-colored potato

アントシアニン, 醸造, 発泡酒, 有色馬鈴薯

日本では、馬鈴薯 (*Solanum tuberosum* L.) は年間約 300 万 t 消費されており¹⁾, その用途は大きく青果用, 加工食品用, デンプン原料用に分けられる。多くの品種が、男爵薯やメークインのように肉色の白色のものがほとんどである。しかし、近年肉色に天然色素を有した馬鈴薯の開発が進み、赤や黄色、紫など特有の色をもつ有色馬鈴薯が育成されている^{2), 3)}。肉色が黄色のものにはカロテン色素が、紫色と赤色のものにはアントシアニン色素が多く含まれており、これらの馬鈴薯は、天然の色彩を生かした製品への活用が期待されている。

馬鈴薯アントシアニンは、高い抗酸化性、活性酸素種消去能を示すとともに^{2), 3)}, *in vivo* 試験では、肝障害軽減効果が明らかにされている⁴⁾。また、ブルーベリーなどのアントシアニンにはみられない抗インフルエンザ活

性を有している⁵⁾。その食味は男爵薯とほぼ同様であるが、天然の色調を有するため、着色料に頼ることのない食品の開発が可能であり、健康面への効果も期待できる。また、有色馬鈴薯のもつ貯蔵デンプンは、多くのリン酸基が結合した高度リン酸化デンプンであり⁶⁾, 高度リン酸化デンプンを分解したリン酸化オリゴ糖が腸内発酵促進効果、ミネラル吸収促進、整腸作用をもつことが明らかとなってきた^{7), 8)}。これらの有用形質を有する有色馬鈴薯を利用し、機能性を付与した付加価値の高い食品として利用することは健康ブームである現代社会にとっては非常に意義のあることと考えられる。

本実験では、有色馬鈴薯の多様な用途開発を目的として、特にアントシアニンの色調および機能性を生かした新規発泡酒の開発を試みた。

* 1 東京農業大学生物産業学部食品科学科 (〒199-2493 北海道網走市八坂196)

E-mail : 妙田貴生 ; t1myouda@bioindustry.nodai.ac.jp, 永井毅 ; t1nagai@bioindustry.nodai.ac.jp, 永島俊夫 ; t-nagash@bioindustry.nodai.ac.jp

* 2 十勝ビール(株) (〒080-0011 北海道帯広市西1条南9丁目6番)

E-mail : t-brew@octv.ne.jp

* 3 北海道農業研究センター畑作研究部 (〒082-0071 北海道河西郡芽室町新生)

E-mail : noda@affrc.go.jp

実験方法

1. 試料

試料は、平成16年度北海道農業研究センターで栽培された有色馬鈴薯で、塊茎が濃紫色の「シャドーキーン」を用いた。発泡酒醸造用原料は地醸造用麦芽（アサヒビールモルト(株)製）を、酵母はLAGER 2007 Pilsen (LOGSDON'S WYEAST LABORATORIS社製)、ホップはナゲットとハラタウ（アサヒ化学工業(株)製）を用いた。

2. 有色馬鈴薯の配合割合の検討

発泡酒の醸造における副原料としての有色馬鈴薯の割合を検討するために、麦芽に対して0%, 25%, 33%, 50%および75%の割合で添加し、55~65℃, 100分間糖化を行った。糖化方法としては、原料に4倍容の水を加え、55℃に昇温後30分間保持した。その後65℃に昇温した後、オートクレーブで100℃, 30分間蒸煮し皮ごとマッシュした馬鈴薯を添加後、70分間糖化した。

3. 発泡酒の醸造試験

有色馬鈴薯の色調を生かした製品を開発するために、麦芽に対する馬鈴薯の割合を50%とした。酵母はあらかじめ麦汁培地で30℃, 24時間前培養したものを酒母とした。また、発酵後の製品にはクエン酸を添加し、pH 4.0に調整した。

(1) 工程1 原料に対して4倍容の水を加えた麦芽を、55℃, 30分間保持した後、65℃に昇温した。これにオートクレーブで100℃, 30分間蒸煮し、皮ごとマッシュした馬鈴薯を加えて60分間糖化した。これを濾過して濾液の糖度をBrix 11.0に調整後、麦芽に対して0.05%のビターホップを加え90分間煮沸した。煮沸終了5分前

に麦芽に対してアロマホップを0.005%添加した。生じた沈殿を除去して冷却後、酵母を加えて8℃, 10日間1次発酵を、2℃, 21日間2次発酵を行った (Fig.1)。

(2) 工程2 はじめに、馬鈴薯をオートクレーブで100℃, 30分間蒸煮して皮ごと摩砕し、これに2倍容の水を加えて攪拌後、ガーゼで濾過して色素抽出液と残渣に分けた。次に、原料に対して4倍容の水を加えた麦芽を55℃, 30分間保持した後、65℃に昇温した。これに馬鈴薯残渣を加えて65℃, 60分間糖化した。工程1と同様に煮沸後沈殿を除去し、これに馬鈴薯色素抽出液を添加した。冷却後酵母を加え、工程1と同様に発酵を行った (Fig.1)。

(3) 工程3 前項と同様に馬鈴薯から色素抽出液を調製し、その添加時期を1次発酵終了後として、その他は工程2と同様に行った (Fig.1)。

4. 成分分析

試験醸造にて得られた発泡酒は、BCOJビール分析法⁹⁾に従い成分分析を行った。

5. 色調の測定

発泡酒の色調は、分光測色計 (CM-3500 d, ミノルタ(株)) を用いて測定し、 L^* , a^* および b^* で表示した。1検体あたり3回測定し、平均値を測定値とした。

実験結果および考察

1. 有色馬鈴薯の配合割合

まず、副原料としての有色馬鈴薯の割合を検討するために、原料を100としたときの麦芽に対する馬鈴薯の割合をそれぞれ0%, 25%, 33%, 50%および75%にして糖化試験を行った。その結果、麦芽のみを糖化させた麦汁では100分後のBrixは16.6であるのに対し、馬鈴薯含

Fig. 1 Brewing processes of happou-shu using colored potato

有率が25%の麦汁ではBrixは13.0, 33%では12.0, 50%では10.6, さらに75%では7.0と, 馬鈴薯添加量の増加に伴いBrixが低下した (Fig. 2)。ビールの醸造における麦汁のBrixは10.0以上必要であることから, 発泡酒の醸造には麦芽に対して50%まで馬鈴薯を用いることができると考えられた。

麦汁における有色馬鈴薯由来の色調 (紫色) は, 馬鈴薯添加量の増加に伴い濃くなる傾向が認められた。しかしながら, 馬鈴薯由来の色調を付与するためには, 原料に対して50%以上の馬鈴薯を添加する必要があった (Fig. 3)。

以上の結果から, 副原料としての有色馬鈴薯の添加量は, 全糖量および色調とのバランスなどを考慮すると50%とすることが適当と考えられた。

Fig. 2 Changes in sugar content in wort during saccharification

◆ 75% ■ 50% ▲ 33% × 25% * 0%

Fig. 3 Effects of concentrations of potato on color of wort

2. 醸造法における発泡酒の特性

前項において決定した有色馬鈴薯の配合割合で麦汁を調製し, 醸造試験を行った。常法 (工程 1) では麦汁の高温殺菌工程や発酵によりアントシアニン色素の分解が懸念されることから, あらかじめ馬鈴薯より色素を抽出し, 発酵前 (工程 2) ならびに発酵中 (工程 3) に添加する方法を検討した。工程 1 では, Brix および Balling の低下に伴いアルコール含量が 5.9% であり, 良好な発酵が認められた (Table 1)。また, その色調は, a^* が高く b^* が低い場合, 紫色が強くなるが, 本工程では a^*/b^* 値が小さく, 麦汁で確認できた紫色は醸造中に退色した。工程 2 および 3 では, アルコール含量が 5.0% と発泡酒としては十分な生成量であった。色調は, 工程 2 において a^* が 7.4, b^* が 12.4 であり, 工程 1 よりも紫色が保持された。さらに, 工程 3 では, a^* が 8.4, b^* が 11.6 であり, これらの工程中では最も有色馬鈴薯のもつ色調が保持できた (Table 1)。以上より, 退色の主な原因が麦汁の煮沸に起因するものと示唆されたことから, 醸造工程中における色調の変化を検討した。工程 1 において, 煮沸前の麦汁では a^*/b^* が 1.33 であるのに対し, 煮沸後では 0.35 と紫色の退色がみられた (Table 2)。また, 発酵工程中でも緩やかに退色が進行した。一方, 工程 2 および 3 では, 発酵工程中において若干の退色はみられるものの, 顕著な退色は認められなかった (Table 2)。一般に, アントシアニン色素は, 熱や光により分解することが知られているが, 発酵工程中でも分解することが報告されている¹⁰⁾。したがって, 本工程における有色馬鈴薯の色調低下は, 麦汁の煮沸ならびに発酵工程が主な要因であると考えられた。

以上より, 有色馬鈴薯を用いた発泡酒の醸造には, 副原料として, 麦芽に対して 50% の馬鈴薯を用い, あらかじめ抽出した色素抽出液を煮沸後の麦汁に添加して発酵させる方法が適当と考えられた。特に, 色素抽出液は 1 次発酵終了後に添加する方法が最も色調は良好であった。しかしながら, 馬鈴薯から色素を抽出し, 1 次発酵終了時まで保存する必要があることなどから, 1 次発酵前に

Table 1 Physico-chemical properties of test-brewed happou-shu in different processes

	Process 1	Process 2	Process 3
Brix	5.0	4.2	4.2
Balling	3.0	2.0	2.0
Specific gravity	1.008	1.006	1.006
pH	3.9	4.2	3.4
Acidity (ml/100ml)	53.4	35.6	38.1
Color L^*	90.2	88.1	86.7
a^*	4.5	7.4	8.4
b^*	15.3	12.4	11.6
a^*/b^*	0.3	0.6	0.7
Alcohol (%)	5.9	5.0	5.0

Table 2 Color characteristics during brewing process of happou-shu

Process	Color parameters			
	L^*	a^*	b^*	a^*/b^*
1 Before boiling	83.82	11.65	8.79	1.33
1 day after primary fermentation	80.57	6.93	19.68	0.35
10 days after secondary fermentation	87.88	5.60	14.62	0.38
20 days after secondary fermentation	90.18	4.47	15.30	0.29
2 Before boiling	80.30	9.30	13.50	0.69
1 day after primary fermentation	52.90	9.10	16.30	0.56
10 days after secondary fermentation	88.20	7.60	11.80	0.64
20 days after secondary fermentation	88.10	7.40	12.40	0.60
3 Before boiling	—	—	—	—
1 day after primary fermentation	52.60	9.90	15.60	0.63
10 days after secondary fermentation	84.40	8.80	12.10	0.73
20 days after secondary fermentation	86.70	8.40	11.60	0.72

色素抽出液を添加する方法が最も適当な醸造方法と考えられた。そこで、本法を用いて100ℓ規模での試験醸造を行い、発泡酒の特性を検討した。その結果、発泡酒の真正発酵度は63.5とやや低いものの、アルコール含量は5.4%と発泡酒として十分なレベルであった。ホルモール態窒素が低く、色調保持のためにクエン酸を用いてpHを下げていることから、すっきりとした爽快感のある味であった。さらに、色調は紫色が濃く、 a^* が16.2、 b^* が10.2と有色馬鈴薯のもつ特徴を保持していた (Table 3)。一般に、アントシアニンアルコール中で退色することが懸念されているが、本製品では2週間以上その鮮やかな色調を保持できた (データ省略)。

近年、ビールや発泡酒では、副原料による特徴づけや高付加価値化が進んでいる。また、第3のビールと称し

たビール様の雑酒も一定の地位を確立した。本研究では、有色馬鈴薯を副原料として用いることで、発泡酒に鮮やかな色調を付与することができた。さらに、馬鈴薯のもつ健康機能性も期待できることから、新規な発泡酒としての有用性が示唆された。

本研究は、生物系特定産業技術研究支援センターの「生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業」による助成により行った。

要 約

有色馬鈴薯を副原料とした発泡酒を開発した。はじめに、糖化に用いる麦芽と馬鈴薯の比率を1:1とすることで、全糖量および色調の優れた麦汁を得ることができた。次に、この麦汁を用いて発酵試験を行ったところ、常法では馬鈴薯由来の色調 (紫色) は著しく退色した。一方、あらかじめ馬鈴薯から色素を抽出し、麦汁の煮沸工程後に添加して発酵した場合、各成分ならびに色調とも良好な製品を得ることができた。本研究の結果は、有色馬鈴薯の発泡酒醸造の基礎知見となるもので、有色馬鈴薯の特徴を活かした新規な発泡酒を醸造できる可能性を示唆するものである。

文 献

- 1) 農林水産省統計情報部：平成15年度作物統計，イモ類に関する資料
- 2) 石井現相・森 元幸・梅村芳樹・瀧川重信・田原哲士：赤紫ジャガイモ塊茎のアントシアニンとその含量，日食工，**43**，887～895 (1996)
- 3) 増田真美・沖 智之・小林美緒・須田郁夫・中尾 敬：紫色・赤色のバレイショから得たアントシアニン含有濃縮物の抗酸化活性，九農研，**65**，53 (2003)
- 4) HAN, K. H., HASHIMOTO, N., SHIMADA, K., SEKIKAWA, M., NODA, T., YAMAUCHI, H., HASHIMOTO, M., CHIJI,

Table 3 Physico-chemical properties of small-scale brewed happou-shu

Property	
Brix	4.8
Balling	3.0
Specific gravity	1.010
pH	3.4
Total sugars (%)	2.0
Reduced sugars (%)	0.7
Total N (mg/100ml)	67.6
Formol N (mg/100ml)	30.5
Bitterness unit (BU)	5.4
Real extract (%)	3.6
Fermented ability (%)	63.5
Alcohol (%)	5.9
Color L^*	90.2
a^*	4.5
b^*	5.3
a^*/b^*	0.9

- H., TOPPING, D. L. and FUKUSHIMA, M. : Hepatoprotective effect of purple potato extract against D-galactosamine-induced liver injury in rats, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **70**, 1432~1437 (2006)
- 5) HAYASHI, K., MORI, M., KNOX, Y. M., SUZUTAN, T., OGASAWARA, M., YOSHIDA, I., HOSOKAWA, K., TSUKUI, A. and AZUMA M.: Anti Influenza virus activity of a red-fleshed potato anthocyanin, *Food Sci. Technol. Res.*, **9**, 242~244 (2003)
- 6) NODA, T., TSUDA, S., MORI, M., TAKIGAWA, S., ENDO, C., KIM, S., HASHIMOTO, N. and YAMAUCHI, H.: Determination of the phosphorus content in potato starch using an energy-dispersive X-ray fluorescence method, *Food Chem.*, **95**, 632~637 (2006)
- 7) KUMASAKA, H., UCHIDA, M., KUSAKA, K., YOSHIOKA, K. and OKADA, S. : Inhibitory effect of phosphorylated oligosaccharides prepared from potato starch on the formation calcium phosphate. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **59**, 1412~1416 (1995)
- 8) 内田三香子・釜坂 寛・松浦寿喜・岡田茂孝・市川 富夫：ラットのカルシウム吸収に及ぼすリン酸化オリゴ糖の影響, 応用糖質科学, **43**, 535~540 (1996)
- 9) ビール酒造組合：BCOJビール分析法（日本醸造協会, 東京), p.241 (1996)
- 10) TSUKUI A., MURAKAMI T., SHINA R. and HAYASHI K.: Effect of alcoholic fermentation on the stability of purple sweet potato anthocyanins, *Food Sci. Technol. Res.*, **8**, 4~7 (2002)
- (平成19年4月4日受付, 平成19年8月10日受理)
-