

유색보리의 제맥 및 양조 특성

김미정*[†] · 박종철** · 현종내** · 김정태* · 김선림* · 이춘기* · 권영업*

*국립식량과학원, **국립식량과학원 벼맥류부

Malting and Brewing Quality of Colored Barley

Mi-Jung Kim*[†], Jong-Chul Park**, Jong-Nae Hyun**, Jung-Tae Kim*, Sun-Lim Kim*,
Choon-Ki Lee*, and Young-Up Kwon*

*National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

**Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

ABSTRACT This study was carried out to investigate the suitability of colored barley in malting and brewing properties and the possibility of utilizing pigments in colored barley as functional components in malting and brewing products. Purple and blue barley grains contained anthocyanins. However, about 80% and 20% of anthocyanins in the purple and blue barley grains, respectively, were lost during the steeping process. In malts, only 0.4~4.2% and 58.3% of anthocyanin in purple and blue barley grains, respectively, were remained. Wort color value was not affected by lemma color of black barley. In wort made from black barley, the color value was higher as its soluble nitrogen content higher. Anthocyanins were not found in wort and beer brewed from malts of purple and blue barley. The color value (EBC unit) was higher in wort and beer made from malts of purple and blue barley than those made from malt of the control variety, Hopum.

Keywords : malting barley, brewing, malting, anthocyanins

맥주는 세계에서 가장 많이 소비되는 주류 중의 하나이다. 맥주는 보리를 싹틔워 만든 맥아로 맥즙을 만든 후 효모를 이용해 발효시켜 만들고 맥주의 색은 대부분 사용하는 맥아의 색깔에 의해 결정된다. 맥아는 높은 온도에서 장기간 건조시킬수록 색이 진해지는데 이것은 맥아 중에 존재하는 아미노산과 포도당이 반응하여 갈색의 물질이 생기는 Maillard 반응에 의한 것이다. 그러므로 황금빛 맥주는 거의 볶지 않은 맥아에서 나오는 빛깔이고, 흑맥주는 맥아를 거의 태우다시피 했을 때 나오는 색이다. 맥주는 volatile maltol, 2-

furanmethanol, polyphenols과 ferulic acid 등 항산화 화합물의 주요 공급원이며(Wei *et al.*, 2001; Lugasi, 2003; Sz wajgier *et al.*, 2005), 소화촉진, 심장질환 예방 등의 기능적인 장점을 가지고 있어, 영양적으로 음식과 같은 가치가 있는 것으로 알려져 있다(Bebb *et al.*, 1971). 최근에 건강을 중요시하는 웰빙 성향에 따라 상대적으로 저알콜음료인 맥주의 소비가 늘어나고 있으며, 소비자들의 기호가 다양해지면서 맥아에 의한 색이 아닌 인공 색소, 과일 원액과 향을 이용하여 여러 색깔을 띠는 유색맥주가 등장하였다. 그러나 식품 첨가물로 이용되고 있는 인공 합성 색소의 안정성이 문제시되고 있고, 이미 쌀, 콩, 고구마 등 여러 작물에서 천연색소의 종류 및 가공에 대한 연구가 많이 이루어져 있으나, 보리 색소의 가공에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구는 맥주제조에 있어 유색보리 색소 성분의 이용 가능성에 관한 기초 자료를 얻고자 실시하였다.

재료 및 방법

실험재료

유색 맥주를 제조하기 위하여 사용된 유색보리(*Hordeum vulgare* L.)는 흑색 42점, 자색 3점, 청색 1점으로 국립식량과학원 벼맥류부(익산)에서 재배하여 수확한 것을 사용하였고, 표준 품종은 맥주보리 중 호품보리를 사용하였다. 액상 효모는 Wyeast Laboratories사의 Pilsen Lager를 수입대행사로부터 구입하여 사용하였다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6752 (E-mail) tyche@korea.kr

<Received 22 October, 2011; Revised 1 February, 2012; Accepted 7 March, 2012>

원맥 특성 및 성분 분석

원맥 특성은 정립률, 세맥률, 천립중을 조사하였다. 정립률과 세맥률은 EBC(1987) 방법 3.11에 따라 Sortimat(Pfeuffer GmbH, Germany)로 정선하지 않은 원맥 100 g을 1분간 진탕하여 종목체를 통과한 종실을 분류하였고, 2.5 mm 이상 종실의 비율은 정립률, 2.2 mm 이하 종실의 비율은 세맥률로 나타내었다. 천립중은 EBC(1987) 방법 3.4에 따라 측정하였다.

원맥 품질분석에서 단백질 함량과 곡피율은 각각 EBC(1987) 방법 3.3.1과 3.9에 따라 측정하였고, β-glucan 함량은 mixed linkage beta-glucan kit(Megazyme, Ireland)와 UV/VIS spectrophotometer(U-2800, Hitachi, Japan)을 이용하여 분석하였다. 발아세와 발아율은 ASBC(1997) 방법 Barley-3C에 따라 조사하였다.

맥아의 제조

맥아는 종목체(2.5 mm)로 정선한 보리(500 g)를 이용하여 제조하였다. 맥아는 Automatic Micro Malting System(Phoenix, Australia)을 사용하여 침맥(steeeping), 발아(germination) 그리고 배조(kilning)공정을 거쳐 제조하였다. 침맥공정은 16°C에서 42.5시간 동안 수침하는 과정과 물을 빼고 건침하는 과정을 3회 반복하였다. 발아는 침맥 후 16°C에서 120시간 진행하였고, 이렇게 만들어진 녹맥아는 배조 후 제공하여 분석에 이용하였다.

안토시아닌 성분은 침맥 후 5, 10, 20, 30분, 1, 2, 3, 5, 7.5, 10, 15 및 20시간이 되었을 때 채취한 시료를 동결 건조하여 분석하였다.

색차측정

유색보리의 원맥과 맥아의 색차는 색차계(JS 555, Color Techno System Co., Japan)를 이용하여 L(명도), a(적색도), 그리고 b(황색도)를 측정하여 조사하였다. 백색판의 L, a 및 b 값은 각각 95.7, -0.1 및 -0.3이었다.

맥즙 제조 및 분석

맥아는 Bühler-Miag disc mill(DLFU, Bühler-Miag Ltd., Braunschweig, Germany, EBC(1987) 방법 1.1)로 분쇄하여 맥즙 제조에 사용하였다. 맥즙은 EBC(1987) 방법 4.5.1, ASBC(1997) 방법 Malt-4에 따라 당화조(LB-12, VLB, Germany)를 이용하여 congress wort를 제조하였다. 1차 여과는 597 1/2 folded filter(Schleicher & Schuell), 2차 여과는 0.45 μm filter(Altech)를 사용하였다. 맥즙 색도와 가용성 단백질 함량은 UV-Vis spectrophotometer(U-2800, Hitachi, Japan)를

이용하여 각각 EBC(1987) 방법 4.7.1과 4.9.2에 의해 측정하였다.

발효를 위한 전처리로서 맥즙은 autoclave를 이용하여 살균하였으며 20°C까지 식힌 후 효모를 주입하였고, 7일간 18°C에서 발효시켰다.

제맥과정 중 안토시아닌의 손실이 많으므로 이 성분의 이용 방법을 개선하고자 자색보리를 도정하여 안토시아닌이 존재하는 도정부산물을 따로 모아 일반맥아 50 g에 도정부산물을 각각 1, 3 및 5 g씩 첨가하여 맥즙을 제조하였다. 일반맥아는 호품보리 맥아를 이용하였으며 congress wort 제조를 하여 맥즙 색도, 당도, 안토시아닌함량 등을 조사하였다.

안토시아닌 성분분석

HPLC를 이용한 침맥 중 원맥, 맥아, 맥즙과 발효 후 맥즙의 안토시아닌 성분분석은 Kim *et al.*(2007)의 방법을 사용하였다. 안토시아닌 표준품은 Extrasynthese사에서 구입하여 사용하였다. 분쇄된 맥아 0.2 g에 0.1% HCl-80% MeOH를 가하여 4°C에서 24시간 추출한 추출액을 이용하였고, 맥즙은 0.45 μm filter에 여과하여 HPLC 분석에 이용하였다. Waters 2695 Separations Module system, Waters 2487 dual λ absorbance detector를 사용하였고, 컬럼은 XTerra RP18(5 μm, 250 mm×4.6 mm i.d.)을 사용하였다. 분석파장은 520 nm, 유속은 0.9 mL/min, 시료주입량은 20 μL, 컬럼온도는 25°C로 분석하였다. HPLC 이동상 용매의 농도구배조건은 Table 1과 같다.

결과 및 고찰

유색보리 원맥 특성

일반적으로 우리나라에서 맥주보리는 2조 겉보리가 사용되고 있다. 맥주보리로서 유색보리의 이용 가능성을 확인해

Table 1. The mobile phase gradient condition of HPLC analysis for anthocyanin content of colored barley, malt and wort.

Time (min.)	Eluent A [†]	Eluent B
0	75	25
10	73	27
44	67	33
50	0	100

[†]A: 5% formic acid, B: water : acetonitrile : formic acid = 50 : 45 : 5 (v/v/v)

Table 2. Agronomic characteristics of two-row hulled barley varieties.

Variety	Assortment (%)		Thousand grains weight (g)	Husk content (%)	Crude protein (%)	β -glucan (%)	Germination (%)
	>2.5 mm	<2.2 mm					
12455+DSSR	66	9	52.2	20.3	11.3	4.9	99
Abyssinian-49	47	15	51.7	21.1	10.9	4.2	98
Aleppo 1	71	7	47.0	21.9	10.6	5.8	99
BM 4-70	51	16	40.8	22.3	11.6	4.7	99
BM 6-36	68	8	43.0	21.8	10.0	6.1	88
China col.	82	4	50.0	19.8	10.9	4.8	100
D.S.B-10-2	85	4	46.8	21.1	10.4	5.3	93
D.S.B-60	67	7	43.8	21.1	11.4	5.5	98
D.S.B-62	58	12	43.5	22.3	12.9	5.3	94
D.S.B-63	73	4	43.1	21.6	12.3	5.2	97
D.S.B-71	49	23	43.5	21.9	9.9	4.3	69
D.S.B-88	89	2	45.6	22.2	12.7	5.0	96
D.S.B-135	81	5	43.5	22.4	10.2	4.1	99
D.S.B-263	41	25	43.1	20.8	11.3	5.0	78
D.S.B-326	67	10	43.7	20.5	11.6	5.2	92
D.S.B-384	56	15	46.3	22.2	10.4	4.6	98
D.S.B-425	76	6	53.6	21.1	10.9	4.8	97
D.S.B-459	46	16	42.3	20.6	10.4	4.6	95
D.S.B-499	68	10	45.6	20.7	10.0	4.7	97
D.S.B-503	53	14	42.4	22.9	10.5	4.0	76
D.S.B-547	89	2	46.8	19.0	12.5	4.7	99
DATA T618 turkey 54	55	19	45.5	22.3	10.5	4.4	93
E 384/7	17	32	38.8	20.7	11.1	4.4	96
Fidel	51	9	41.5	20.9	11.2	5.2	96
Hanna	53	15	44.1	22.1	12.0	5.3	88
Harlan J.R.456	57	15	51.0	22.4	9.2	4.0	97
IT 020396	88	2	45.3	20.9	12.3	5.0	97
IT 020501	38	23	43.8	18.9	9.5	3.9	100
IT 020530	29	33	40.1	19.7	9.2	4.3	100
Many twin kernels	42	16	43.4	20.8	12.1	5.0	97
Marys pride and joy	85	4	47.1	17.7	10.9	4.2	95
NN	81	3	50.0	18.4	10.2	5.0	99
PI 361913	82	2	44.7	20.6	11.6	4.8	97
Quetta 2	52	15	44.6	22.2	10.9	3.8	95
Samra	65	12	44.1	21.7	12.0	5.3	97
SLB 42-64	62	9	43.4	21.6	12.1	5.2	94
Sort nikkende	52	15	47.4	19.7	9.2	3.8	98
Suwon 403	39	21	30.5	22.1	10.2	5.0	100
Tadmor	54	17	42.7	22.2	11.9	5.5	97
Turkey 82	65	9	44.3	21.3	9.5	4.4	88
Volga	53	8	41.7	20.6	11.2	5.1	99
Westolery well	80	4	53.2	22.4	10.9	4.8	100

보기 위하여 2조 겉보리 42점의 원맥 특성을 검정하였다. 정립률(>2.5 mm)은 17~89%, 세립률(<2.2 mm)은 2~33% 범위를 나타내었는데 Aleppo 1 등 19점이 맥주제조용으로 적합(정립률 65% 이상, 세맥률 10% 이하, MIFAFF(2002)) 하였다. 천립중은 30.5~53.6 g, 단백질 함량은 9.2~12.9%, β -glucan 함량은 3.8~6.1%, 발아율은 69~100% 범위였다. 유색보리가 맥주보리로 이용되기 위하여 가장 개선되어야 할 형질은 곡피율로서 17.7~22.9% 범위를 나타내었다(Table 2).

유색보리의 제맥 특성

침맥시간에 따른 안토시아닌 성분의 용출정도를 확인한 결과는 다음과 같다. 원맥과 비교하였을 때 침맥 20시간 후 자색겉보리에서는 약 30%, 자색쌀보리에서는 약 22%의 성분이 남아있었고, 청색쌀보리에서는 약 80% 정도 남아있었다. 제맥 과정 중 안토시아닌 성분의 변화를 확인하였을 때 흑색보리의 경우는 일반적인 제맥 조건의 pH에서는 색소성분의 손실이 없다는 것을 확인할 수 있었고, 제맥 후 색차계로 측정된 L, b값이 감소하는 경향이 있었다(자료 미포함). 자색보리는 침맥과정 중 안토시아닌의 손실이 많았고, 청색보리는 배조 후 손실이 많았다(Fig. 1, Table 3). 이것은 자색과 청색보리의 주요 색소성분인 안토시아닌이 조리, 가공 및 저장 조건에서 불안정성을 가지고 있어 천연색소로의 이용에 문제가 많다는 Francis *et al.*(1989)의 연구결과와 일치

하였다. 안토시아닌의 색과 불안정성은 모두 flavyllium 양이온 구조에 기인하는데 주로 pH와 온도 등에 의해 영향을 받는다고 한다(Makakis, 1974; Jackman *et al.*, 1987; Francis, 1975 & 1989). 이 결과로 미루어 보아 안토시아닌 색소를 포함하는 유색보리는 일반적인 제맥 공정을 거쳐 맥아 제조에 이용하는 것은 색소성분을 유지하기 어려우므로 이를 개선하기 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

유색보리의 맥즙 특성

흑색보리 맥아를 이용하여 맥즙을 제조한 결과 Fig. 2와

Table 3. Changes of anthocyanin content in barley grain and malt during the malting process.

	Grain	After steeping for 42 hours	Malt
	----- $\mu\text{g/g}$ -----		
Chyo R	840.5	14.6 (1.7%)	3.7 (0.4%)
Iksan 416	205.3	9.7 (4.7%)	8.7 (4.2%)
Shiras	1468.5	17.0 (1.2%)	15.8 (1.1%)
Btz 224 Blue nubet	461.9	373.3 (80.8%)	269.1 (58.3%)

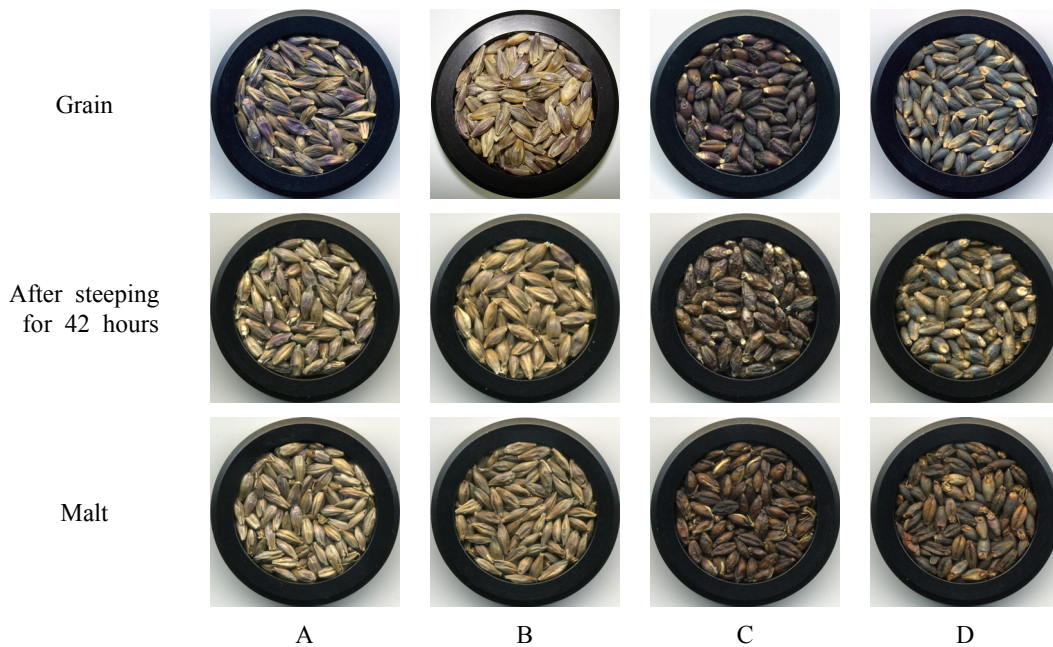


Fig. 1. Colored barley grains and malt in the malting process.

A: Chyo R (covered, purple), B: Iksan416 (covered, purple), C: Shiras (naked purple), D: Btz 224 Blue nubet (naked, blue)

같이 맥즙의 색도는 종피색의 농담보다는 가용성 질소의 양이 증가함에 따라 진해지는 경향을 나타내었는데, 이것은 MacLeod(1977)의 보고와 같았다. 또한 알칼리 수용성인 흑색보리 색소성분은 일반적으로 pH 5~6 정도의 맥즙 당화 조건에서 용출되지 않기 때문에 맥즙의 색깔에 영향을 미치지 못했던 것으로 판단된다.

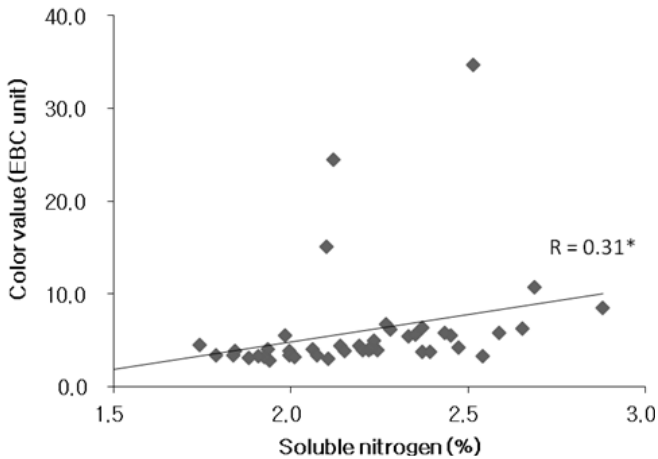


Fig. 2. Relationship between soluble nitrogen content and color value of wort.

자색과 청색보리 맥아로 제조된 맥즙과 맥주를 분석한 결과는 Table 4와 같았다. 가열이 진행되면서 안토시아닌 최대 흡수파장인 520 nm에서 흡광도가 급격히 감소하는 것은 안토시아닌 색소가 파괴되는 것에 기인하며, 반면에 430 nm에서 흡광도가 증가하는 것은 점차로 갈색이 생성됨을 의미한다. Ponting *et al.*(1960)은 안토시아닌을 함유하는 식품에서 가열 중에 갈색이 증가하는 반응은 안토시아닌 색소의 파괴와 독립적으로 일어나지만 이 반응이 안토시아닌 색소의 파괴 전후에 일어나기 때문에 갈색의 증가가 안토시아닌 색소의 파괴와 관련이 있다고 하였다. 이것은 자색과 청색보리 맥아로 만든 맥주가 맥즙보다 색도가 높게 나타나는 것과 관련이 있을 것이라고 판단된다.

자색보리의 도정부산물물을 맥즙 제조에 이용한 결과는 Table 5와 같다. 도정부산물물을 첨가함에 따라 맥즙 색도가 증가하였지만 최종 맥주에서의 안토시아닌 함량은 유의한 차이를 보이지 않았는데 이것 역시 가열과정에서의 안토시아닌의 파괴와 관련이 있을 것이라 판단된다. Li *et al.*(2007)도 자색 밀을 이용하여 맥주를 제조한 결과 항산화도는 증가하였지만 색깔 개선은 되지 않았다고 보고하였다. 위의 결과들을 통해 유색보리가 함유하고 있는 안토시아닌 성분은 일반적인 제맥과 양조방법을 통해서서는 이용하기 어려우므로 향

Table 4. Properties of wort and beer brewed with colored barley malt.

Variety	Extract (°P [†])	Alcohol (%)	Color (EBC Units, 430 nm)		Anthocyanins content (µg/g, 520 nm)	
			Wort	Beer	Wort	Beer
Chyo R	8.3	3.9	4.5	5.1	0.96	-
Iksan 416	7.7	3.6	6.4	7.2	1.04	-
Shiras	8.7	4.1	7.1	9.2	0.98	-
Btz 224 Blue nubet	9.4	4.5	12.6	17.5	0.94	-

[†]The sugar content is expressed in units of grams of sugar per 100 grams of wort equivalent to % w/w and called, in the brewing industry, “degrees Plato” (abbreviated °P)

Table 5. Properties of wort and beer brewed with common malt and purple barley bran.

	Extract (°P)	Alcohol (%)	Color value (EBC Units, 430 nm)		Anthocyanins content (µg/g, 520 nm)	
			wort	beer	wort	beer
Hopum malt 50 g	8.3	3.9	6.6	8.5	-	-
Hopum malt 50 g + Purple barley bran 1 g	8.4	4.0	7.9	9.8	1.04	0.99
Hopum malt 50 g + Purple barley bran 3 g	8.6	4.1	10.4	12.8	5.26	2.24
Hopum malt 50 g + Purple barley bran 5 g	8.5	4.0	13.2	14.1	8.24	3.04

후 이를 개선하기 위한 연구가 필요할 것이다.

적 요

유색보리를 맥주의 원료로 이용하기 위하여 맥아 및 양조 특성을 검정한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 자색 겉보리, 자색 쌀보리 및 청색 쌀보리의 안토시아닌은 침맥 20시간 후 약 30%, 22% 및 80%가 잔존하였다.
2. 일반적인 제맥 조건으로 제조된 자색보리 맥아는 안토시아닌 성분이 거의 소실되었으나 청색보리는 58% 정도 잔존하였다.
3. 흑색보리는 일반적인 제맥 및 당화 조건에서 색소성분이 손실되지 않았으며, 맥즙의 색도는 종피색의 농도가 아니라 가용성 질소 함량이 많아짐에 따라 진해지는 경향을 나타내었다.
4. 자색과 청색보리 맥아로 제조된 맥주에는 안토시아닌 성분이 존재하지 않았으나, 호프보리 맥아로 만든 맥주보다 색도가 높았다.

인용문헌

American Society of Brewing Chemists (ASBC). 1997. Methods of analysis of the American Society of Brewing Chemists, 9th edition. ASBC. St. Paul, Minn., USA.

Bebb, H. T., H. B. Houser, J. C. Witschi, A. S. Littell, and R. K. Fuller. 1971. Calorie and nutrient contribution of alcoholic beverages to the usual diets of 155 adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 24(9) : 1042-1052.

European Brewery Convention (EBC). 1987. *Analytica-EBC*, 4th edition. EBC. Brauerei-und Getranke-Rundschau, Zurich,

Switzerland.

Francis, F. J. 1975. Anthocyanins as food colors. *Food Technol.* 29(5) : 52-54.

Francis, F. J. 1989. Food colorants : Anthocyanins. *Crit. Rev. Food Sci. & Nutri.* 28(4) : 273-314.

Jackman, R. L., R. Y. Yada, M. A. Tung, and R. A. Speers. 1987. Anthocyanins as food colorants - A Review. *J. Food Biochem.* 11(3) : 201-247.

Kim, M. J., J. N. Hyun, J. A. Kim, J. C. Park, M. Y. Kim, J. G. Kim, S. J. Lee, S. C. Chun, and I. M. Chung. 2007. Relationship between phenolic compounds, anthocyanins content and antioxidant activity in colored barley germplasm. *J. Agric. Food Chem.* 55(12) : 4802-4809.

Li W, M. D. Pickard, and T. Beta. 2007. Evaluation of antioxidant activity and electronic taste and aroma properties of antho-beers from purple wheat grain. *J. Agric. Food Chem.* 55(22) : 8958-8966.

Lugasi, A. 2003. Polyphenol content and antioxidant properties of beer. *Acta Aliment. Hung.* 32(2) : 181-192.

MacLeod, A. M. 1977. Beer, in *Economic Microbiology*, volume 1, *Alcoholic Beverages* (ed. Rose, A. H.). Academic Press, London. 73-81.

Makakis, P. 1974. Anthocyanins in foods. *Crit. Rev. Food Sci. & Nutri.* 7(3) : 193-218.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries (MIFAFF). 2002. Inspection standards of Agricultural products (Notification No. 22 of the MIFAFF). MIFAFF.

Ponting, J. D., D. W. Sanshuck, and J. E. Brekke. 1960. Color measurement and deterioration in grape and berry juices and concentrates. *Food Res.* 25(4) : 471-475.

Szwajgier, D., J. Pielecki, and Z. Targonski. 2005. The release of ferulic acid and feruloylated oligosaccharides during wort and beer production. *J. Inst. Brew.* 111(4) : 372-379.

Wei, A., K. Mura, and T. Shibamoto. 2001. Antioxidative activity of volatile chemicals extracted from beer. *J. Agric. Food Chem.* 49(8) : 4097-4101.