

아카시아꿀과 메밀꿀의 저장중 품질특성의 변화

윤정해 · 정원철 · 최언호

서울여자대학 식품과학과

Change in Storage Quality of Acasia and Buckwheat Honeys

Jung-Hae Youn, Won-Chul Chung and Eon-Ho Chai

Department of Food Science, Seoul Woman's University, Seoul, Korea

Abstract

Two kinds of honey, acacia and buckwheat, supplied by the producer have been stored at 5°C, 20°C, and 35°C for one year to study storage qualities. Titratable acidity of the honey increased with time specially at the elevated temperatures: the acidity of bukhwheat increased 1.7 times at the end of storage at 35°C. Viscosity decreased with time and elevated temperatures. Viscosity of acacia honey at 35°C was 1/12 the value at 5°C and that of buckwheat was 1/3. Hydroxymethylfurfural(HMF) content increased slowly with time at 20°C, whereas fast increase was observed at 35°C. HMF content of acacia honey after four months of storage exceeded the HMF limit of Codex, 40mg/kg. Buckwheat honey showed the same level after six months. It was noticeable fact that HMF content decreased significantly with time at 5°C. Diastase activity decreased with time and elevated temperature, and that of acacia honey was below 8 which is the Codex limit after six months of storage at 35°C. Buckwheat honey showed the same level of the activity after eight months. Fructose and glucose content decreased significantly with increased temperature. The ratio of fructose to glucose increased with temperature and maltose was detected in the sample stored at 35°C.

서 론

꿀은 당이 고농도로 함유되어 있어 저장성이 비교적 양호한 식품으로 되어 있다.¹⁾ 그러나 장기 저장의 경우는 양봉과 저장 방법에 따라서 품질이 크게 저하될 수 있다.

꿀의 품질은 수분, 당의 조성, 산도, 점도, hydroxymethylfurfural(HMF), diastase activity 등을 조사하여 결정한다. 미국 FDA²⁾는 시판 벌꿀의 화학조성을 수분 25% 이하, 회분 0.25% 이하, sucrose 8% 이하로 규제하고 있으며 Codex에서 권장된 표준규격(Recommend European Regional Standard for Honey, CAC/RS 12-1969)³⁾을

보면 전화당으로 계산된 환원당이 65% 이상, 수분 21% 이하 sucrose 5% 이하, 회분 0.6% 이하, 산도 40meq/kg 이하, HMF 40mg/kg 이하, diastase activity 8 이상이어야 한다고 규정하고 있다. 또한 보건사회부에서 제정한 식품의 규격 및 기준에 관한 규정⁴⁾을 보면 꿀의 성상은 고유의 색깔, 향미 및 점조성이 있어야 하고 수분 21.0% 이하, 회분 0.8% 이하, 산도는 검체 10g에 대한 IN NaOH 소비량이 0.5ml 이하, 전화당 60.0% 이상 자당 10.0% 이하이어야 하며, 인공 전화당, 타알 색소, 인공 감미료 및 암모니아 정색물이 검출되어서는 안된다고 하였다.

국내 꿀의 성분조사에 관한 연구보고는 다소 있으나 저장 중 꿀의 품질 변화에 관한 보고는 찾기가 어렵다. 따라서 본인은 시판 꿀의 품질 평가와 관련된 pH, 적정산도, hydroxymethylfurfural,

1988년 1월 13일 수리

Corresponding author: E.H. Choi

diastase activity, 유리당의 조성등을 아카시아와 메밀꿀에 대하여 저장 온도 별로 조사하였기에 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

재 료

5월 27일 충남 청양군 정산면 송학리에서 채밀한 아카시아꿀과 9월 25일 정산면 용두리에서 채밀한 메밀꿀을 각 실험구 별로 3개의 유리병(100 ml)에 가득 넣어 5°C, 20°C, 35°C의 항온기에서 1년간 저장하고 저장 중 2개월 간격으로 꿀의 품질 특성을 조사하였다.

일반성분, 점도, pH와 적정산도

꿀 일정량을 취하여 수분, 회분, 조단백질, 조지방, 조섬유, 가용성 무질소물을 AOAC법에 따라서 정량하였다.⁴⁻⁶⁾

점도는 Rion Viscometer VT-04 Viscometer를 사용하여 측정하였다.

pH는 Redox pH meter를 사용하여 측정하였다. 그리고 꿀 10g에 증류수 20ml를 가하여 완전히 녹인 후 50ml로 정용하고 이 중 20ml를 취하여 0.1N NaOH 용액으로 적정, 적정산도를 구하였다.

Hydroxymethylfurfural(HMF)의 정량

Winkler법에 의하여 정량하였다.⁷⁾ 즉, 가열하여 산소를 축출하고 질소를 포화시킨 증류수에 꿀 10g을 완전히 용해시켜 50ml로 희석 정용하였다. 2개의 시험관에 시료 희석액 2.0ml와 *p*-toluidine 용액 5.0ml를 각각 넣고 한 개의 시험관(바탕 시험)에는 증류수 1ml를, 다른 시험관에는 0.5% barbituric acid 용액 1ml를 넣고 spectrophotometer를 사용하여 파장 550nm에서 흡광도를 측정할 후 HMF 값을 구하였다.

Diastase activity의 측정

AOAC법에 의하여 측정하였다.^{4,8)} 즉, 증류수 10ml에 2% 전분용액 1ml를 넣어 잘 섞고 이 용액 1ml에 0.0007N iodine 용액 10ml를 가한 다음 spectrophotometer를 사용하여 파장 660nm에서 흡광도가 0.75±0.02가 되도록 증류수로 희석, 표준화하였다. 한편, 꿀 5g에 증류수 15ml와 완충용액

2.5ml를 가하여 충분히 용해한 후 미리 0.5M NaCl 용액 1.5ml를 넣은 25ml 플라스크에 옮겨 정용하였다. 이 시료용액 10ml를 가지 달린 특수 반응시험관의 주실에 넣고 측실(가지)에는 5ml의 전분용액을 서로 섞이지 않게 넣어 40±0.2°C 수조에서 15분 간정치한 후에 두 용액을 잘 혼합하고 다시 40±0.2°C 수조에서 5분동안 반응시켰다. 반응 5분후에 이 혼합액 1ml를 취하여 미리 준비하여 둔 0.0007N iodine 용액 10ml에다 표준화하여, 희석한 양으로 희석하고 흡광도를 측정하였다.

Chromatography에 의한 당의 정량

꿀 3g을 취하여 증류수 25ml에 용해하고 이 용액을 양이온 교환수지(Amberlite IR-120B)와 음이온 교환수지(Amberlite IRA-45)가 충전되어 있는 각 column(1×8cm)에 순차적으로 통과시키고 증류수 50ml로 세척하여 통과 시료액과 세척액을 합한 다음 증류수로 총량이 100ml가 되도록 하였다. 이 액을 millipore filter(millex G.S, 0.22µm)로 여과하여 불순물을 제거하고 이 여액 20µl를 HPLC(High-performance liquid chromatography)에 주입하여 유리당을 정량하였다. 사용된 기기는 Beckman Gradient Liquid Chromatograph Model 334로서 Column: Hiber Prepacked Column RT 250-4 Lichrosorb NH₂(10µm), 250mm×4mm, E. Merck, Dector: RI, Attenuation: 8x, Mobile phase: Acetonitrile: H₂O=80 : 20(v/v), Flow rate: 2.2 ml/min, Sample size: 20µl, Chart speed: 10mm/min, Pressure: 800psi이었다.

결과 및 고찰

일반성분

본 연구에 사용된 아카시아꿀과 메밀꿀의 일반성분 조성은 수분이 각각 19.10%, 22.42%, 당질(가용성 무질소물)이 각각 80.80%, 77.39%로서 대부분을 차지하고 조지방과 조섬유는 검출되지 않았다(표 1). 수분은 꿀의 농도와 밀도, 점도에 직접 관계된다.⁹⁾ 벌꿀의 수분함량은 채취조건에 의하여 영향을 받는다. 습도가 높은 시기에 채취하거나 꿀벌이 화밀을 미처 전화, 숙성시키지 못한 것을 채취하면 수분함량이 많게 되어 저장중에 발효나 변패의 원인이 될 수 있다.¹⁰⁾

Table 1. General composition fresh acacia and buckwheat honeys

Unit: % Wet basis

Honey	Moisture	Ash	Crude protein	Nitrogen free extract
Acacia	19.10	0.02	0.06	80.80
Buckwheat	22.42	0.09	0.10	77.39

nd: not detected

Table 2. Effects of storage temperature on the quality characteristics of acacia and buckwheat honeys

Honey	Storage period (month)	pH			Titratable acidity			Viscosity (poise)			HMF (mg/kg)			Diastatic number		
		5°C	20°C	35°C	5°C	20°C	35°C	5°C	20°C	35°C	5°C	20°C	35°C	5°C	20°C	35°C
Acacia	0	3.50	3.50	3.50	9.2	9.2	9.2	3200	3200	3200	1.1	1.1	1.1	23.4	23.4	23.4
	2	3.35	3.38	3.45	9.5	9.3	9.3	666	93	40	1.2	1.3	1.6	21.9	19.9	12.9
	4	3.58	3.52	3.60	9.3	9.9	10.6	280	83	36	0.7	1.9	47.5	18.2	14.6	10.1
	6	3.37	3.60	3.57	9.4	11.3	12.1	313	71	35	0.2	2.1	56.2	16.8	13.8	7.9
	8	3.45	3.50	3.40	10.3	11.6	12.2	252	35	32	0.2	2.2	93.7	16.1	13.5	6.4
	10	3.50	3.28	3.50	12.4	12.7	14.2	250	36	18	0.0	2.6	99.8	15.6	10.5	4.8
	12	3.50	3.25	3.25	14.7	15.0	15.3	218	35	17	0.0	3.8	206.4	11.8	9.4	4.8
Buckwheat	0	3.23	3.23	3.23	16.4	16.4	16.4	335	335	335	1.0	1.0	1.0	48.0	48.0	48.0
	2	3.17	3.23	3.20	16.9	17.4	20.0	285	109	17	1.7	1.3	4.4	43.7	45.5	29.7
	4	3.15	3.00	3.00	19.7	20.9	21.6	275	37	14	1.5	1.8	19.7	41.8	39.0	23.4
	6	3.32	3.20	3.05	19.1	23.6	24.3	233	25	9	0.9	2.6	46.6	38.6	38.1	22.4
	8	3.25	3.10	3.03	20.0	23.6	25.4	44	26	11	0.4	3.1	112.9	38.9	36.5	9.6
	10	3.10	3.07	3.10	22.7	24.6	26.7	40	22	11	0.3	5.1	158.9	36.6	32.3	7.6
	12	3.15	3.07	3.00	23.0	25.7	27.5	39	21	12	0.2	5.7	240.0	36.7	29.6	5.2

접 도

수분함량과 점도는 밀접한 관계를 가진다. 본 실험에서 사용한 아카시아꿀과 메밀꿀의 수분함량은 저장 초기에 각각 19.10%, 22.42% 였고 꿀의 점도를 측정 한 결과는 표 2와 같다. 채밀직후의 점도는 아카시아꿀이 3,200 poise, 메밀꿀이 335 poise로서 밀원에 따라서 매우 큰 차이를 보였다. 점도는 저장 기간이 경과하고 저장 온도가 높아짐에 따라서 감소하였는데 아카시아꿀의 경우 저장 2개월 후에 특히 현저하게 감소하였고 그 후 완만한 감소 경향을 보여서 5°C에서 저장 말기에는 저장 초기의 7/100인 218 poise, 35°C에서는 1/200인 17 poise의 낮은 값으로 떨어졌다. 이와같은 경향은 메밀꿀에서도 유사하여 5°C에서는 저장 초기의 1/10, 35°C에서는 4/100로 감소하였다.

꿀의 점도는 당, 콜로이드, 회분 등에 기인하며

이들 성분은 흡습성과 관계된다.^{9,11)}

40%(V/V) 유리당 수용액의 점도는 25°C에서 fructose가 339 poise, glucose가 373 poise, sucrose가 407 poise이다. Lothrop⁹⁾는 수분함량이 16.2~19.0%인 11종의 꿀에 대한 점도를 45°C에서 측정 한 결과 318~1436 poise로서 현저한 차이를 보였는데 이들의 수분함량을 20%로 동일하게 조절하였더니 245~474 poise로서 수분함량은 그 차이가 작더라도 꿀의 점도에 지대한 영향을 미친다고 보고 하였다. 즉, 메밀꿀의 경우 수분 25%에서는 점도가 119 poise, 20%에서는 402 poise, 18.5%에서는 636 poise로서 수분함량이 높을수록 점도가 떨어졌다고 한다.

본 실험에서도 저장 1년후에 유리당이 현저하게 감소하고 반대로 수분함량은 25.54~31.51%로 증가하여 저장 중 점도가 떨어진 것으로 나타났다.

pH와 적정산도

꿀은 밀원에 따라 pH에 현저한 차이가 있다.¹²⁾ 저장 온도에 따른 꿀의 pH 변화는 표 2에서 보는 바와 같이 아카시아꿀은 3.25~3.60, 메밀꿀은 3.00~3.23의 범위로서 온도가 높을수록 pH가 약간 저하 되었으나 그 경향은 현저하지 않았으며 이는 높은 온도일수록 산의 생성량이 많아지는 것과 관계가 있는 것 같다.

꿀의 적정산도는 유기산 함량과 관계가 깊다.⁶⁾ 적정산도는 표 2에서와 같이 아카시아꿀이 9.2, 메밀꿀이 16.4로서 꿀의 종류에 따라 크게 차이가 있었으며 이들 모두가 저장 중 현저하게 증가하였는데 이는 온도가 높을수록 그 경향이 심하며 35°C의 경우 저장 말기에 측정된 아카시아꿀의 적정산도는 초기의 1.7배가 되는 15.3, 메밀꿀도 초기의 1.7배가 되는 27.5를 나타냈다. 이 값은 보사부가 정한 식품의 규격 및 기준인 50에는 미치지 못하나 glucose로부터 gluconolactone을 생성하는 glucose oxidase와 같은 저장중 어떤 효소에 의하여 품질이 크게 영향받고 있다고 생각된다.¹³⁾

HMF

꿀의 풍미와 색에 영향을 미치는 HMF 함량은 표 2, 그림 1와 같이 채밀 직후에 아카시아꿀이 1.1mg/kg, 메밀꿀이 1.0mg/kg으로서 비슷하였다. 20°C의 저장 온도에서는 HMF 함량이 저장 중 서서히 증가하여 저장 말기에 두 종류의 꿀이 3.8, 5.7mg/kg의 값을 보였으며 35°C에서는 급격히 증가하여 아카시아는 저장 4개월 후에, 메밀꿀은 저장 6개월 후에 Codex 규정의 한계농도인 40 mg/kg을 초과하였고 12개월 후에는 아카시아꿀이 206.4mg/kg, 메밀꿀이 240.0mg/kg의 높은 농도를 보였다. 그러나 5°C 저장에서는 오히려 현저하게 감소하여 거의 검출 한계 농도까지 떨어졌다. 이는 glucose 등의 당당류가 저온에서 결정으로 석출되는 원인으로 생각되며^{10,14,15)} 고온에서 HMF의 증가는 산의 생성과 당의 변화에 관련이 있다고 생각된다.

저장 중 꿀의 색이 변화하는 것은 fructose의 불안정성이나 amino acid와 aldol 축합반응 또는 tannates와 다른 polyphenol 화합물이 Fe 염과 결합하기 때문이다.¹⁶⁾ Wilson과 Martin은 꿀을 4, 4°C, 13.3°C, 26.7°C, 37.7°C에서 1년동안 저장한 바, 26.7°C 이상에서 색이 짙어지고 풍미가 저

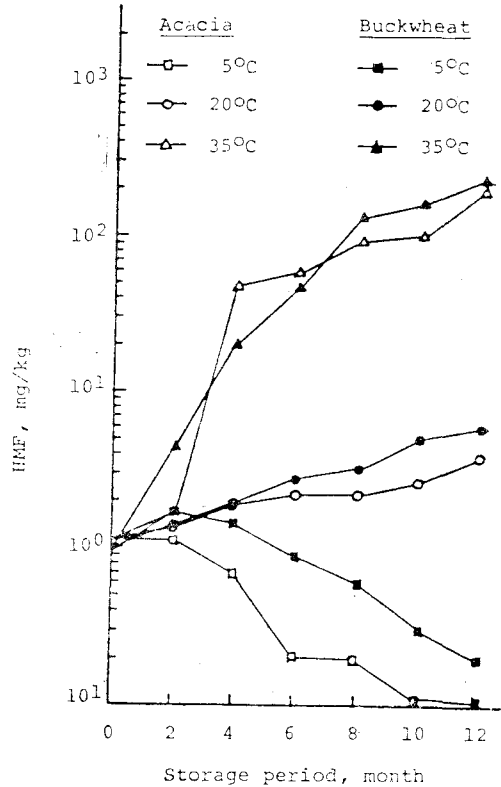


Fig. 1. Effect of storage temperature on hydroxymethylfurfural content of acacia and buckwheat honeys

하되었다고 한다.

꿀의 HMF 함량은 저장 중 증가하는 데 이는 온도가 높을수록 촉진된다고 하였으며, Hadorn과 Zücher¹⁷⁾도 43~48°C에서 5일간 저장하면 그 양이 2배로 증가한다고 보고하였다. 또한 Hadorn¹⁸⁾에 의하면 HMF는 처음에는 느리게 증가하지만 후기로 갈수록 증가가 빠르고 산성이 강한 꿀에서 HMF의 생성속도가 더욱 빠르다고 보고하고 있다. 본 실험에서도 전 실험구의 HMF 함량은 아카시아꿀보다 적정산도가 높은 메밀꿀에서 높았다.

Diastase activity

Diastase는 화분으로부터 들어간 것으로 diastase activity는 HMF와 함께 꿀의 선도를 측정하는 수단으로 이용된다.¹⁹⁾ 특히 diastase는 열에 매우 민감하므로 diastase level은 꿀의 가열 여부를 판정하는데 도움이 된다.^{20,21)} 저장 중 diastase activity의 변화를 본 결과 표 2, 그림 2와 같이 5°C와 20°C에서는 완만한 감소를 보였으나 35°C에서는

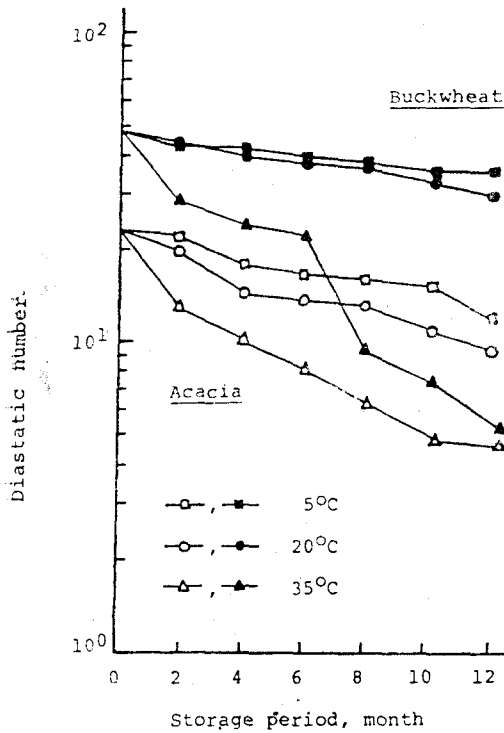


Fig. 2. Effect of storage temperature on diastase activity of acacia and buckwheat honeys

급격히 감소하여 아카시아꿀은 저장 6개월 후에, 메밀꿀은 저장 8개월 후에 Codex 규정의 한계인 8이하로 떨어졌으며 1년 후에는 각각 4.8, 5.2의 낮은 값을 보였다. 특히 감소 속도는 35°C에서 저장한 메밀꿀에서 현저하였다. 메밀꿀(갈색)이 아

카시아꿀(순백색) 보다 거의 2배나 높은 diastase activity를 가지는 것은 Lothrop 등²³⁾이 여러 식물의 꿀을 분석한 결과 메밀꿀과 tulip-poplar꿀 등의 어두운 색의 꿀은 높은 diastase activity를 나타내고 밝은색의 orange꿀과 alfalfa꿀은 낮은 값을 보인다는 보고와 일치하고 있다. de Boer²¹⁾은 Armbruster꿀을 2.5개월 저장하였을 때 diastase activity가 주목할 만큼 감소하였다고 보고하였고, Schade¹⁹⁾ 등은 실온(20°C)에서 14개월 저장한 꿀에서는 diastatic number가 10.1% 감소하여 1개월에 평균 0.72% 감소한다고 하였으며 White²²⁾ 등은 꿀을 23~28°C에서 저장했을 때 1개월에 2.95%가 감소되어 17개월 동안에 반으로 줄었다고 보고하였다.

유리당의 조성

저장 초기와 온도를 달리한 상태에서 1년동안 저장한 후에 꿀의 유리당 조성을 HPLC를 사용하여 조사한 결과는 표 3과 같다.

총 유리당 함량은 아카시아꿀과 메밀꿀 모두 저장 말기에 감소하였고 이러한 현상은 20°C와 35°C 저장 온도에서 현저하게 나타났다. 꿀의 유리당은 대부분이 fructose와 glucose로서 5°C와 20°C의 저장 온도에서는 이들이 아카시아꿀에서만 현저하게 감소하였으나, 35°C에서는 아카시아꿀과 메밀꿀에서 모두 현저하게 감소하여 저장 말기에 그 감소율이 전자의 경우 fructose가 23%, glucose가 33%였으며 후자의 경우 fructose가 10%, glucose가 25%에 이르렀다. 그런데 그 감소율은 glucose가

Table 3. Free sugar composition of acacia and buckwheat honeys at the early stage and a year after storage at 5, 20 and 35°C

Free sugar	Acacia				Buckwheat			
	Early	A-year later			Early	A-year later		
		5°C	20°C	35°C		5°C	20°C	35°C
Moisture	19.10	26.22	29.71	25.54	22.42	29.02	31.51	28.03
Free sugar								
Fructose	45.27	35.25	38.81	34.97	36.22	37.97	36.12	32.72
Glucose	32.55	27.74	25.58	21.82	35.59	32.84	31.26	26.64
Maltose	nd*	0.96	nd	3.53	nd	2.32	nd	4.47
Sucrose	2.10	9.25	1.37	5.02	5.21	1.85	nd	nd
Total	79.92	73.20	65.76	65.35	77.02	74.98	67.38	63.83
F/G ratio	1.39	1.27	1.52	2.60	1.02	1.16	1.16	1.23

* nd < 0.01%

fructose 보다 높아서 자연히 fructose/glucose값은 증가경향을 보였는데 이는 20°C와 35°C에서 저장한 아카시아꿀에서 현저하게 나타났다.

Maltose는 아카시아꿀과 메밀꿀에서 모두 저장 초기에 검출되지 않았으나 35°C에서는 현저하게 증가하여 각각 3.54%, 4.47%가 되었다. Sucrose는 아카시아꿀의 경우 저장 초기에 2.10%이던 것이 저장 말기에 5°C와 35°C에서 각각 9.25%, 5.02%로 증가하여 품질 기준 한계인 FDA의 8%, Codex의 5%와 비교할 때, 매우 높은 함량을 보였다.

White²²⁾는 순수한 clover꿀을 23~28°C에서 2년간 저장한 바, glucose가 13%, fructose가 5.5% 감소하였는데 이는 산성물질에서 fructose가 분해되어 HMF 또는 비환원성의 fructose anhydrides로 되는 것과 관련된다고 보고하였다. 저장 중 꿀의 fructose/glucose값은 증가하는 것으로 보고되어 있다. Auerbach와 Bodlander²³⁾는 10종의 신선한 꿀에서 조사한 fructose/glucose값은 1.06~1.19인데 반하여 14년간 저장된 13종의 꿀에서는 1.19~1.81이었다고 보고하였다. 이는 glucose가 저장 중 fructose보다 빠르게 감소하기 때문이며 효소에 의한 glucose의 축합과 분해에 관계되는 것 같다.

White²²⁾는 clover꿀의 저장에서 maltose 함량이 원래 양의 평균 69% 증가하였으며 이는 단당류의 감소분이 주로 maltose 또는 환원성이당류인 iso-maltose, maltulose, turanose, nigerose 등으로 변화하기 때문이라고 보고하였다. sucrose는 저장기간 중 invertase에 의하여 분해되어 점점 그 양이 감소한다고 보고되어 있으나 본 연구의 아카시아꿀에서는 다른 결과를 보였다.

꿀은 저장 중 고분자 당이 증가한다는데 이는 꿀이 산성이어서 단당류끼리 신속하게 결합된 결과이며 특히 꿀 내의 transglucosylase가 존재할 때 과당류가 축적된다고 한다.²²⁾

본 연구에서 총 유리당의 함량이 현저하게 감소했는데 이는 이와 같이 고분자 당이 저장 중 증가하거나 산, HMF 등이 새로 생성되기 때문인 것으로 생각된다.

초 록

원산지에서 분양받은 아카시아꿀과 메밀꿀을 5°C, 20°C, 35°C에 1년간 저장하고 저장 중 품질 특성을 경시적으로 조사하였다. 꿀의 적정산도는

저장 기간이 경과함에 따라 증가하였으며, 이는 온도가 높아짐에 따라 현저하여 35°C에서는 저장 말기에 초기의 1.7배 증가하였다. 점도는 저장 기간이 경과하고 저장 온도가 높아짐에 따라서 현저하게 감소하여 35°C에서 저장 말기에 아카시아 꿀의 점도는 5°C의 값의 1/12, 메밀꿀은 1/3로 떨어졌다. 저장 중 HMF 함량은 20°C에서는 서서히 증가하였고 35°C에서는 급격히 증가하여 아카시아 꿀은 저장 4개월 후에, 메밀꿀은 저장 6개월 후에 Codex 규정의 한계농도인 40ml/kg을 초과하였다. 그러나 5°C에서는 오히려 초기보다 현저하게 감소하였다. Diastase activity는 저장 기간이 경과하고 저장온도가 높아짐에 따라서 현저히 감소하여 35°C에서 아카시아꿀은 저장 6개월 후에, 메밀꿀은 저장 8개월 후에 Codex 규정한계인 8 이하로 떨어졌다. 저장 중 fructose와 glucose 함량의 감소 경향은 저장온도가 높아짐에 따라 현저하였으며, fructose/glucose값이 증가하였고 35°C에서 maltose가 생성되었다.

참 고 문 헌

1. Ketzenlson, M.: Amer. Bee J., 112 : 446(1972)
2. Pearson, D.: The Chemical Analysis of Foods, 7th ed., Churchill Livingstone, pp. 138~141 (1976)
3. 한국식품공업협회 : 식품 및 첨가물 규격기준, p. 16(1979)
4. Horwitz, W.: AOAC Method of Analysis, 13th ed., p. 506(1980)
5. 이서래, 신호선 : 최신식품화학, 신광출판사, p. 130, p. 258(1977)
6. 정동효, 장현기 : 식품분석, 진로연구, p. 176 (1979)
7. Winkler, O.: Zeitschrift fur Lebensmitteluntersuchung und Forschung, 120(3) : 161(1955)
8. 정동효 : 식품공업, 50(1979)
9. Lothrop, R.E.: Amer. Bee J., 79 : 130(1939)
10. Stephen, W.A., Amer. Bee J., 86 : 485(1944)
11. Lothrop, R.E.: Amer. Bee J., 77 : 281(1937)
12. Lothrop, R.E. and Paine, H.S.: Industrial and Eng., 23 : 71(1931)
13. White, J.W. Jr., Subers, M.H., and Schepa-

- rtz, A.I.: Biochem. Biophys. ACTA 73 : 57 (1962)
14. Milum, V.G.: Amer. Bee J., 83 : 387(1943)
15. Gilbert, C.H.: Amer. Bee J., 74 : 437(1934)
16. Milum, V.G.: Amer. Bee J., 79 : 390(1939)
17. Hadorn, H. and Zurcher, K.: Mitt. Gebiete Lebensm. U. Hyg., 53 : 191(1962)
18. Bianchi, E.M.: Amer. Bee J., 117 : 525(1971)
19. Schade, J.E., Marsh, G.L., and Eckert, J.E.: Food Res., 23 : 446(1958)
20. White, J.W. Jr.: Amer. Bee J., 106 : 214(1966)
21. de Boer, H.W.: Chem. Weekbaid, 31 : 483(1934)
22. White, J.W. Jr.: J. Food Sci., 26 : 63(1960)