

국내외 기술정보

# 맥주의 고미(苦味)에 대하여

김 상 희  
농산물이용연구부

맥주의 매력이라면 상쾌한 쓴맛과 탄산가스에 의한 청량감일 것이다. 그리고 글라스에서 넘쳐오르는 하얀거품이 「맥주라는」것을 이야기하며 맥주의 참맛을 호소하는 것이다.

그런데 맥주다운 이들 특성이 모두 원료로 사용된 호프에서 비롯된다는 것을 맥주 애호가들은 어느만큼 알고있을까?

호프라는 蔓性植物을 맥주에 사용하기위해 재배하기 시작한 것은 8~9세기라고 기록돼 있다.

맥주에 사용되는것 외에는 이렇다할 용도가 없는 이상한 작물인 것이다.

보리를 원료로 맥주를 만들기 시작한 것은 오래전인 기원전 3000~2500년경 메소포타미아나 이집트에서 었지만 호프는 맥주에 사용되지 않았었다.

그들은 大麥의 麥芽를 가루로 빻아서 맥아빵을 굽고(이 공정은 현재와 다름) 그 빵을 물에 불린 단즙을 발효시켰지만 이 맥주는 그렇게 맛있는 음식은 아니었던것 같다.

그래서 蜂蜜이나 肉桂등의 허브류로 맛을 내 마셨던 것이다.

이 습관은 맥주제조가 중세유럽에서 성행되고서도 계속됐고 여러가지로 연구된 약초, 향초의 처방은 길드라고 불려져 맥주 職人의 비법이였다.

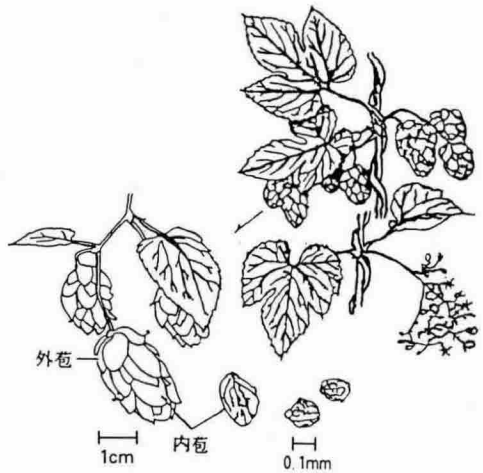


그림 1. Hop의 毬花와 lupulone

그 연구의 하나로 언젠가 호프를 사용하게 됐고 15세기가 되자 다른 길드를 구축하여 맥주를 제조하는데 빠질수 없는 원료가 되었다.

호프를 사용함으로써 고대 오리엔트 전래의 맥주는 「거품이 일어나는 쓴 맥주」로 전환되어 오늘날의 맥주 아이덴티티를 얻었다.

지금은 「호프 없이는 맥주가 되지 않는다」라고 할 정도이며 세계 어느나라에서도 호프를 사용하지

않는 술은 맥주라고 부르지 않는다.

### 호프에서 쓴맛을 끌어낸다

호프는 독일, 미국, 체코등 북위 45~50도의 한냉한 지역에서 재배되고 있다. 일본에서는 山形, 岩手, 福島 등에서약간 생산된다.

초가울경 호프의 덩굴에 녹색의 구화(毬花)가 맺힌다. 이 구화(毬花)를 따서 말렸다가 맥주 양조에 사용하는 것이다.

맥아를 당화시켜 제조한 맥즙에 호프의 구화(毬花)를 넣어 60~90분간 자비하면 毬花의 苞片에 들어 있는 황금색의 lupulone球에서 精油와 고미수지가 맥즙에 용출된다.

주된 고미수지는 humulone과 lupulone인데 어느 쪽도 물에 거의 녹지 않기 때문에 그대로는 쓰지 않는다. 그러나 맥즙 중에서 자비함으로써 humulone이 이성화되어 iso-humulone이 되기 시작해 물에 녹고 쓴맛을 갖게 된다.

호프를 사용하기 위해 맥즙을 자비하게 되면 毬花의 탄닌류도 동시에 용출되어 맥즙의 단백질이 응고 침전되기 때문에 맥즙이 맑아지고, 아미노산

과당은 마이알 반응으로 갈색화를 일으켜 맥주다운 황금색을 띄게 된다.

맥즙은 자비될 때 살균되고 게다가 생성된 iso-humulone의 항균력도 더해지기 때문에 맥주가 미생물에 오염되는 경우가 작게되어 오래보존할 수 있게 되었다.

15세기 남독일에서 시작되었다는 저온발효와 함께 호프의 사용은 맥주제조를 혁신시킨 것이다.

Iso-humulone은 그림 2에 나타났듯이 acyl側鎖의 차이에 의해 5종류의 同族體가 있고, 그 각각에 시스형과 트란스형의 입체이성체가 있다.

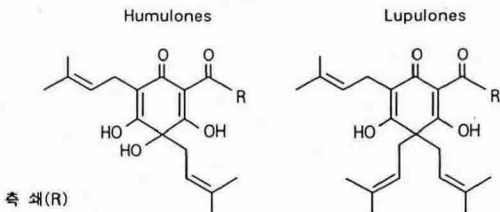
호프 품종에 따라 동족체의 비율은 다르지만 맥주중에서 발견되는 것은 대부분 iso-humulone, iso-cohumulone과 iso-adhumulone이며 동족체간의 쓴맛의 차이는 거의 없다고 해도 좋다.

호프는 통상 맥즙 1kl 당 毬花기준으로 1~3kg을 3회로 나눠 첨가한다. 毬花의 humulone함량을 5%로 하면 맥주의 iso-humulone함량은 50~150mg/l 되겠지만 수용성이 적은 humulone은 전량이 용출되지 않아 이성화율은 60~70%에 그치고 있다.

또 iso-humulone이 되고 나서도 저온에서 처리되는 발효, 저장, 여과과정에서 석출, 흡착등에 의해 감소돼서 맥주가 되기까지 이행되는 것은 원래의 30% 정도인 15~50mg/l 이다.

고가인 고미성분을 효율적으로 이용하기 위해서는 毬花를 분쇄해 pellet로 가공하거나, 용제나 액화탄산에서 고미질만을 추출하여 extrat로 가공한다.

Humulone을 처음부터 알카리액으로 이성화한



명칭	화학식	명칭	화학식
-CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	humulone C <sub>21</sub> H <sub>30</sub> O <sub>5</sub>	lupulone	C <sub>26</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>
-CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	cohumulone C <sub>25</sub> H <sub>25</sub> O <sub>5</sub>	colupulone	C <sub>25</sub> H <sub>36</sub> O <sub>4</sub>
-CH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	adhumulone C <sub>21</sub> H <sub>30</sub> O <sub>5</sub>	adlupulone	C <sub>26</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>
-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	posthumulone C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> O <sub>5</sub>	postlupulone	C <sub>24</sub> H <sub>34</sub> O <sub>4</sub>
-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	prehumulone C <sub>22</sub> H <sub>32</sub> O <sub>5</sub>	prelupulone	C <sub>27</sub> H <sub>40</sub> O <sub>4</sub>

그림 2. hop의 苦味性分, humulone 및 lupulone의 同族體

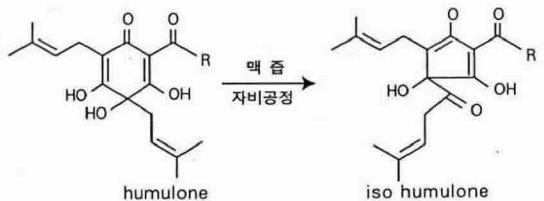


그림 3. hop의 성분에서 맥주의 苦味로

iso-humulone extract를 맥주에 직접 첨가하면 손실이 가장 적게 된다.

Iso-humulone의 苦味는 호프유래의 苦味成分 가운데 가장 쓰며(閾值 4~5mg/l) 같은량의 염산키니네에도 필적하지만 쓴맛은 2배나 빠르게 없어져서 혀와 목에 쓴맛을 남기지 않는 특징이 있다.

Guinard등(1993)은 혀에서 iso-humulone용액의 고미, 강도를 시간에 따라 추정된 TI곡선이 독특한 吊鍾形이라고 보고했다.

Iso-humulone의 苦味が 강하게 느껴지기까지 시간이 걸리고, 가장 강하게 느껴지기까지는 18초나 걸린다고 한다.

Iso-humulone은 차분히 맛을 보면 몹시 쓰지만 맥주로 만들어 단숨에 마시면 그다지 쓰다고 느껴지지 않는 것은 이때문일 것이다.

### 상쾌한 쓴맛을 연출한다

맥주 고미의 주역은 humulone이 이성화한 iso-humulone이지만, 그밖에 humulone, lupulone의 산화, 전화에 의해 생성된 많은 고미성분이 보조로서 영향을 끼친다. 이들 고미성분을 맥주에서 핵산으로 추출해 이온교환 크로마토그래피에서 분석해보면 적어도 90成分, 구조가 판명된 성분만도

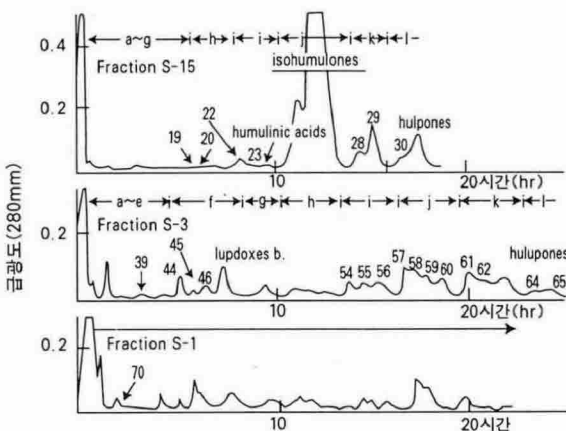


그림 4. 이온교환 크로마토그래피에 의한 맥주 苦味성분의 분석

23성분이며, 더구나 그 하나하나에 iso-humulone과 같이 동족체와 이성체가 있다고 추정된 복잡한 조성이다.

자세히 조사해보면 표 1에서와 같이 iso-humulone은 함유량이 가장 많고, 단위량당 쓴맛도 가장 예민하고 강하다.

그밖의 고미성분은 함량도 훨씬 적고 고미의 강도도 iso-humulone과 비교해 20~50% 정도이며 수렴미나 무던 고미를 주는 것이 많다.

그러나 iso-humulone만으로는 고미가 단순하며 그밖의 고미성분과 적절한 조합이 은근하고 오묘한 깊은 쓴맛을 만들어 내는 것이다.

그림 5에서와 같이 신선한 호프를 사용한 맥주라면 iso-humulone이 맥주고미의 약 70%를 차지한다. 그런데 수확후 상당한 일수가 지나 열화된 호프를 사용하면 humulone, lupulone이 상당히 산화 변성되기 때문에 맥주중의 iso-humulone은 50% 정도로 감소하고 좋지 않은 무던 고미를 주게 된다.

병에 주입후 너무 장기간 보존한 맥주의 고미가 나빠지는 것도 마찬가지로 iso-humulone이 병내에서 산화, 변성되어 불쾌한 고미를 갖게 되기 때문이다.

이들 고미성분의 산화, 변성은 毳花의 가공, 보관에 의해 그리고 맥즙과 자비에 의해 생기지만 그 정도는 호프의 품종에 의해서도 달라진다.

上品으로서 은은한 향미를 얻을 수 있다하여 진귀하게 여겨지는 아로마 품종을 사용하면 원래의

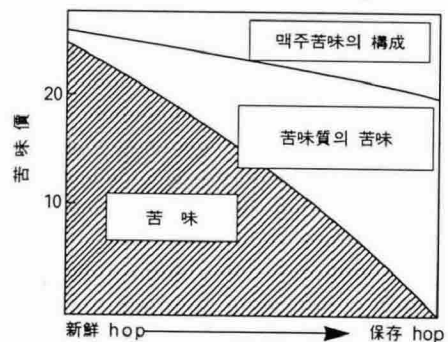


그림 5. 맥주의 苦味の 구성

표 1. 맥주 苦味성분의 苦味

humulone 및 lupulone 유래의 고미성분	고 미	
	성 질	강 도
Unknown compounds	Sharp	5
Shaw's compound(19)	Sharp	4
Humulones(20)	Sharp	Sharp
Lupdeps(22)	Sharp	
Humulinic Acids(24)	No bitter	
Isohumulones(26)	Sharp	
Unknown compounds(28, 29)	Harsh	
Hulupones(30)	Sharp	5
Lupdols(39)	Astringent	5
Lupoxes b, c(44, 45)	Astringent	3
Lupdoxes a, b(46, 47)	Astringent	Astringent
Unknown compound(54, 55, 56)	Astringent	
Ashurst's compound(58)	Astringent	
Abeo-iso Humulones(59, 60)	No bitter	
Laws' compound(61)	Astringent	
Connet's compounds(62)	Astringent	3
Humulinones(63)	Astringent	3
Unknown compounds(64, 65)	Astringent	
Lupoxes a	Harsh	1

- (1) ( )내의 수치는 그림의 피크 No.를 나타낸다.  
 (2) Isohumulone의 고미강도를 10으로 표시

humulone이 lupulone보다 적은 이유도 있지만 iso-humulone 이외의 산화고미성분이 대부분 맥주에 남는다.

또 맥주의 고상한 호프향에 관여하는 humulone-epoxide나 humulenol등 정유의 산화생성물도 많아진다.

더우기 호프에서 蒸出된 tannin류는 수렴성이 있는 쓴맛을 갖지만 적으면 맥주의 독특한 쓴맛, body감이 약해진다.

그리고 맥주공장에서는 여러가지 품종의 호프를 모두 갖추고, 경험과 분석에 기초하여 毬花의 후속도, 첨가량, 자비강도 등을 가감해 좋은 쓴맛을 용출해내고 있다.

## 맥주의 苦味가 약해졌다

맥주의 고미성분을 맥주에서 iso-octane으로 추출하고, 275nm에서 흡광도를 측정해 iso-humulone 농도(mg/l)로 환산한 수치는 관능에서 느껴지는 맥주의 쓴 정도와 잘 일치하기 때문에 苦味價(1mg/l가 1단위)라고 하며 국제적으로 쓰이고 있다.

영국의 Pale, Ale이나 독일의 Pilsener는 고미가 강해 고미가는 45~26정도이다.

고미가가 40단위를 넘으면 매우 쓰지만, stout나 wiener이라고 불리는 농후맥주에서는 예외적으로 60~20단위도 있는 상품이 있다.

표 2. 맥주의 苦味の 遞減

	펠스너 (독일) <sup>(1)</sup>	라거 (기린)	一番搾	수퍼드라이	라거 (미국) <sup>(2)</sup>	라이트 (밀리)
色度 (EBC單位)	10.0	7.5	7.3	6.9	6.2	6.6
原麥汁 extract (%)	12.0	11.0	11.8	11.2	11.5	7.8
眞正 extract (%)	4.3	3.6	3.6	3.3	3.4	1.2
眞正醱酵度 (%)	64	68	69	71	69	85
Alcohol (容量%)	5.4	4.5	5.5	5.2	5.1	4.2
pH	4.5	4.4	4.3	4.1	4.3	4.0
全室素 (mg/l)	750	540	530	460	500	340
isohumulone (mg/l)	32	25	21	16	11	15

(1) 독일·pilsner맥주 6제품의 대표치평균 (2) America, lager맥주 3제품의 대표치평균

현재 세계에서 음용되고 있는 맥주의 대부분은 pilsen 맥주라고 불리는 타입이지만 pilsen 맥주가 150년전에 탄생됐을 즈음의 고미가는 45단위 정도 였다고 추정되며, 호프가 잘 조화된 맛이였다.

그런데 맥주의 맛이 맥아만을 원료로하여 농후하고 독특한 맛이 강한 것에서 옥수수, 쌀 등을 함께 사용하여 가볍고 마시기 쉬운 맛으로 변해감에 따라서 고미를 줄이는 경향이 나타났다.

그림 6은 미국 맥주의 고미가 2차대전 직후에 급격히 떨어진 양상을 보이고 있다.

콜라음료가 보급되면서 맥주도 청량음료식으로 음용됐던 것이다.

전후 계속해서 고미가 25단위 전후를 유지하고 있던 일본의 맥주도 1980년대 중반부터 드라이 맥주의 출현을 계기로 하여 쓴맛이 약한 상품이 늘었고 평균치는 20단위로 적어졌다.

저칼로리와 경쾌한 맛을 특징으로 하는 미국의 라이트 맥주는 고미가 15단위를 넘는 것이 흔하지 않다.

음주라기보다도 기분전환, 갈증해소를 위해 맥주가 음용되는 경우가 많아졌다라는 것이 영향을 미치고 있는 것 같다.

고미가 있는 식물은 독성이 있는 것이 많아서 쓴맛은 음식물에는 바람직하지 않는 속성이 있다고

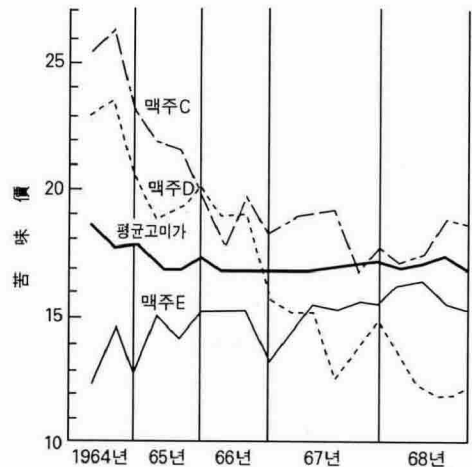


그림 6. 미국에 있어서 맥주 苦味價의 變遷  
Brewers Digest, Jan., 76(1969)부터

여겨지기 때문에 쓴맛이 있는 음식물은 커피, 茶, 맥주, 와인 등으로 한정되고 있다.

그리고 苦味知賞에 관한 연구를 추진하기 위해 기린社가 후원하여 제1회 국제고미 심포지움(1993, 동경)을 개최했다.

그때 신생아는 尿素의 쓴맛을 지각하지 않지만 乳兒, 幼兒가 되면 지각해서 고미를 싫어하게 된다는 것이 보고되었다.

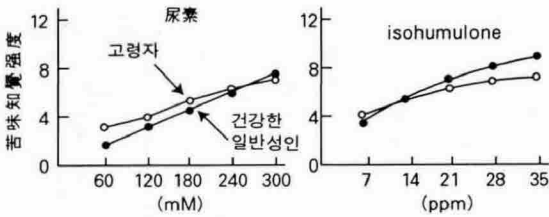


그림 7. 연령에 따른 iso-humulone 苦味 감수성의 減衰

역으로 고령자들은 iso-humulone의 고미에 대한 감수성이 약해진다. 고미기호의 형성은 단맛과 달라서 후천적인 것이며 발달에 따라 감수성이 오르고 기호가 생성된 후 식생활에 의한 학습경험이 영향을 미친다.

커피나 茶 등의 고미성분, 카페인에 감수성이 적은 그룹은 맥주의 쓴맛, iso-humulone에도 감수성이 적고 양자의 섭취량에는 상관성이 있다고 한다. 금후 인간행동학, 생태학 등에 의한 맥주고미의 연구가 기대된다.

苦味가 없으면 거품도 없다

맥주에는 숙성, 저장중에 2배 용량의 탄산가스가 과포화상태가 되어 용해되어 있어 상쾌함을 주며 향미를 제대로 느낄 수 있게 한다.

맥주의 냄새를 표현하는 것은 어렵다.

맥주에는 향기성분이 600성분이상이나 함유되어 있으나 개개의 성분함량은 적고 弁別閾値를 넘는 경우가 적기 때문에 특징적인 냄새가 없다.

정미성분도 마찬가지로 고미성분을 예외로서 당류, 아미노산, 유기산등과 함께 일본주, 와인과 비교해 함량이 한자리수로 적다.

따라서 맥주의 향미는 수많은 성분이 혼연일체가 되어 형성되는 하모니라고밖에 형용할 수 없다.

그래서 탄산가스가 개개의 성분의 맛을 하나로 모아 하모니를 형성하기 쉽게 하기 때문이다.

탄산가스에 응답하는 鼓索神經纖維는 염미, 산미

표 3. 탄산가스함량에 따른 맥주 향미성분의 弁別閾値 (단위 : ppm)

향미성분	弁別閾値	
	맥주	탄산
acetaldehyde	50ppm	25ppm
diacetyl	0.1	0.1
estel	50	25
isobutylalcohol	150	100
isoamylalcohol	100	50
isoamyl	2.5	1
pheylethylalcohol	100	100
pheylethyl	5	2

표 4. 탄산음료의 flavor와 탄산gas 적정함량

용량*	1~2	2~3	3~4	4~5
병내압력,kg/cm <sup>2</sup>	0~1	1~2	2~3	3~4
flavor종류	오렌지	오렌지	레몬	진저엘
	포도	포도	레몬레이드	탄산수
	파인애플	파인애플	콜라	
		딸기	크림소다	

맥주

\* 표준상태(1기압, 15.6℃)에서 용해되어있는 탄산가스의 체적을 음료의 체적에서 제한 수치

로의 응답이 둔해진다.

맥주에서는 탄산가스가 빠지면 개개의 성분의 弁別閾値가 적어지고, 약간의 결합으로도 검지되기 쉬워지기 때문에 향미의 조화가 깨진다.

이와같은 이유로 탄산가스음료에는 그 향미에 어울리는 가스농도가 있으며 과일일 경우 혀를 자극한다.

맥주 가스는 0.45重量% 전후이며(가스용량2) 小野등이 조사한 바에 의하면 탄산가스함량과 고미에는 相補性이 있어 탄산가스함량이 많으면 같은 고미가에서도 쓴맛을 보다 강하게 느끼게 된다는 것이다. 그런데 맥주의 고미성분, iso-humulone은 풍부한 거품을 만들며 맥주의 표면을 덮어 이탄산가스가 맥주에서 빠져 나가는 것을 막는다.

그림 8에서와 같이 컵에 부은 맥주는 거품이 남아있는 한 탄산가스를 잃는 경우가 적다.

맥주를 부으면 녹아있던 탄산가스가 기포가 돼 거품이 일어나기 시작하지만 그 거품이 곧 사라지지 않게 수분간 지속시키는 것은 iso-humulone 과 기포단백의 복합체이다.

기포단백이라는 것도 발아중 맥아중에서 나타나는 당단백이며, 맥주에 200~600mg/l 가 함유되어 있어 그 자체로도 표면활성이 있으나 분자중의 ε-아미노기가 소수성인 iso-humulone의 수산기와 결합하면 표면활성이 증대된다.

더구나 기포단백과 iso-humulone은 맥주중에서 결합되어 있는 것이 아니라 대체로 탄산가스 기

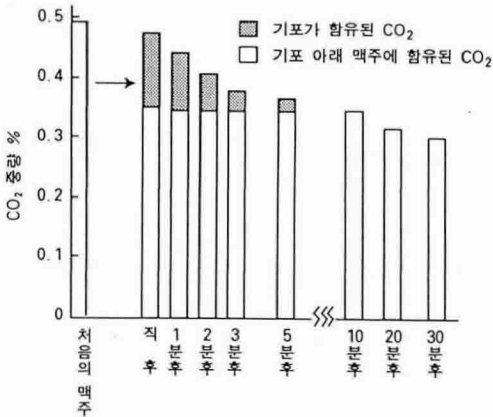


그림 8. 컵에 따른 맥주에서 탄산가스의 逸散

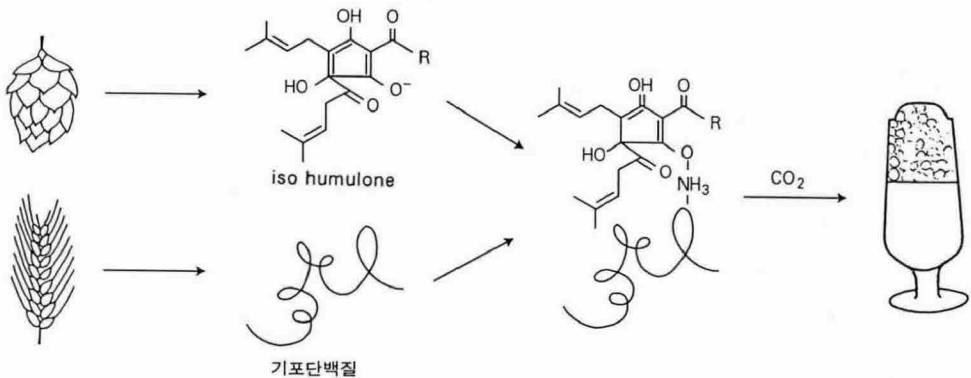


그림 9. 맥주의 거품형성 과정

표 5. 苦味の 감수성에 대한 탄산가스의 相補性

苦味の 강도	맥 주	
	고미가	탄산가스(g/l)
5	23	4.9
4	25	5.2
3	27	4.9
2	23	5.4
1	27	5.4

포의 표면에 표면활성인 양자가 흡착되어 고농도로 농축되고 나서 결합해 泡層의 표면장력을 떨어뜨려 표면점성을 높이기 때문에 거품이 잘 일어나고 안정돼 거품이 사라지지 않는 것이다.

맥아만을 원료로 하기 때문에 기포단백을 많이 함유해 고미가 높은 독일 맥주의 거품은 풍부하고 아름답다.

맥주의 거품에는 iso-humulone만이 아니라 지방산, 지방산에스테르, 미네랄 등의 5~20%가 흡착되기 때문에 맥주의 거품이 풍부하게 형성되면, 향미가 부드러워지는 효과도 있다.

맥주는 풍부하게 거품이 일어나도록 따라서 순백의 「泡의 꽃」을 즐기고 「형성된 거품」이 사라지지 않게 마시기 바란다.

캔맥주도 컵에 따라 거품을 형성시키고 나서 마시면 보기도 좋고 맛도 좋아진다.

### 苦味는 변덕을 부린다

맥주의 향미는 미묘하여 시장이나 가정에서 취급 시 일광취나 산화취가 발생하여 품질이 저하된다.

일광이나 산화에의해 변성취가 생기는 것은 식품에서는 희귀하지 않지만 맥주는 iso-humulone이라는 중요한 성분이 일광이나 산화에 약한 위험인자이다.

병맥주를 일광에 노출시키거나 장기간 빛을 쬐이면 매우 독특한 오줌냄새 같은 일광취가 발생하고, 고미가 둔화된다.

이 원인은 그림 10에 나타낸 것과 같이 iso-humulone이 광분해하여 축쇄가 개환되고 이 분해물이 맥주단백이나 아미노산이 광화합반응으로 생긴 황하수소와 반응하여 3-methyl-2-butone-1-thiol을 생성하기 때문이다.

이 광화학반응은 파장 400~500nm의 광선에서 여기되기 때문에 맥주는 이 파장의 광선이 투과되기 어려운 갈색 또는 암록색의 병에 담는다. Isohumulone의 축쇄를 수화한 hydroisohumulone이나 환원된 9-isohumulone은 광분해 되지 않고 고미도 isohumulone과 큰 차이가 없으므로 이것을 고미원으로 사용하여 맥주를 일광취로부터 보호하는 맥주회사가 미국과 멕시코에 있다.

신선한 맥주를 장기간 보존하면 산화가 발생하고 고미도 나빠져서 신선함을 잃는데 이것은 모든 향미성분이 산화 변성되기 때문이다.

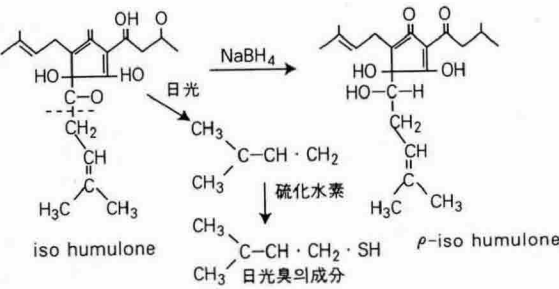


그림 10. 일광취의 발생기구와 그 방지

특히 고급알콜의 melanoidin에 의한 산화 isohumulone의 산화붕괴, 아미노산의 스트렉커분해, 지방산의 자동산화에 의해 여러가지 휘발성 알데히드가 생성되기 때문이다.(그림 11)

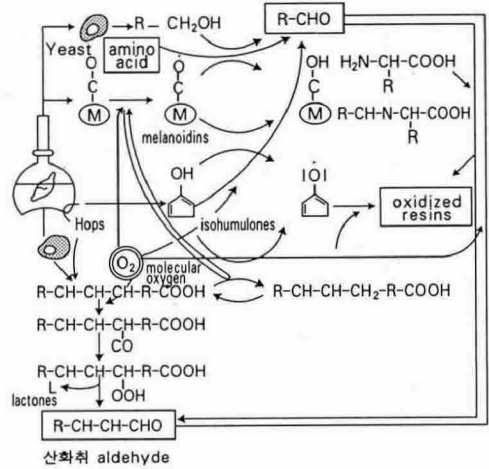


그림 11. Aldehyde에서 산화취 aldehyde의 생성

이중에서 결정적인 산화취를 주는 것은 고급알콜과 isohumulone에서 생성된 알데히드류가 알돌축합해 수 ppb에서도 판별되는 강한 냄새가 있는 탄소수 6~12의 불포화 알데히드류(산화취알데히드)를 생성하는 반응이라 한다.

Isohumulone를 함유하지 않는 맥주는 전형적인 산화취가 발생되지 않기 때문이다.

전술한 hydroisohumulone이나 ρ-isohumulone은 산화붕괴가 어렵기 때문에 isohumulone을 대체하여 맥주 고미로 사용해 보면 산화취가 약해지기도 한다. 장기보존한 맥주의 고미성분을 이온교환 크라마토그래피로 분석해보면 isohumulone이 산화변성되어 감소하고 고미가 나쁜 성분으로 변한 것을 확인할 수 있다.

Isohumulone의 쓴맛을 없앤것은 매력이 없는 맥주이므로 그 isohumulone때문에 매력을 잃게 되는 것도 맥주의 숙명이 아닐까?

(출처) New Food Ind., 38(1) 49-56(1996)