酒精의 醱酵生産

曺 哉 銑
慶熙大教授

■ 目 次 ■

Ⅰ. 머 릿 말
Ⅱ. 우리나라 주정생산의 변천
Ⅲ. 酒精原料
Ⅳ. 酒精醱酵
Ⅴ. 酒精의 蒸溜
Ⅵ. 酒精의 品質
Ⅶ. 맺 는 말

Ⅰ. 머 릿 말

酒精이란 술의 주성분(wine spirit) 으로서 화학 명칭으로는 에틸알콜(ethyl alcohol) 또는 에타놀(ethanol)이라 하고, 물의 함유여부에 따라서 無水酒精과 工業用 酒精으로 구분한다. 또 우리나라의 酒稅法에서는 전분질 또는 당질을 원료로 하여 발효시킨 알콜분을 85도 이상으로 증류한 것을 말한다.

無水酒精은 무색투명하고 끓는점 78.3℃, 어는점 -117.3℃이며, 특유한 향과 약한 감미와 자극미를 가지며 물, 에틸알콜, 에테르, 클로로포름, 아세톤등과 잘 섞인다. 한편 공업용 주정은 알콜분 95%의 것으로 역시 무색투명하며 끓는점 78℃, 어는점 -114℃이다.

이들 酒精은 人體의 신경계를 자극하여 흥분 또는 마취작용을 하므로 각종 주류의 원료 또는 첨가용으로 널리 쓰인다. 또 다른 물질에 대한 親和性과 溶解性이 강하여 각종 향료나 약리성분의 추출용제나 락카, 바니스, 인조견사, 향수, 화장품등의 제조원료로 쓰이며 박하뇌, 계피유의 제조 또는 반응제, 각종 효소나 단백질의 침전 분리용, 그밖에 세척용, 연초발효용, 연료등으로 사용되는등 그 용도는 대단히 광범위하다. 그러나 가장 많이 쓰이는 곳은 음료용이다.

酒精生産은 제조방법에 따라 발효주정과 합성주정으로 구분된다. 발효주정은 각종 농산물을 당화하고 주정발효를 거치는 미생물을 이용해서 만들고, 合成酒精은 에틸렌이라는 石油化學物質을 化學的인 合成法에 의해서 만들고 있다. 飮用以外의 여러가지 용도에는 合成酒精을 사용하고 飮用으로는 그 安全性이 문제가 되어 세계각국에서도 발효주정만을 사용하고 있다.

발효주정은 제조원료로 쌀·보리·밀·옥수수등의 곡류나 고구마·타피오카등의 서류, 그

리고 당밀과 같은 부산물등을 사용하여 원료의 수급사정에 따라 적절히 대체하여 농산물을 효과적으로 활용하고 있다.

최근에는 에너지용으로 값싼 주정을 생산하기 위해서 섬유질의 각종 원료를 사용하고 효모보다 생산성이 높은 세균을 이용하는 연구도 진행되고 있다.

여기서는 우리나라의 주정공업의 변천과 원료수급, 제조방법등을 살피고자 한다.

Ⅱ. 우리나라 주정생산의 변천

우리나라의 주정공업은 다른 산업에 비하여 일찍부터 발달되었다. 즉, 오랜 옛날부터 증류기술을 도입하여 가정 또는 소규모로 소주를 만들어 이용한 것이 주정생산의 전단계의 기술이라고 할 수 있다.

주정공업의 변천에 관해서는 대한 주정협회에서 1982년에 출판한「大韓酒精協會三十年誌」에 소상하게 정리되어 있으므로 이 내용을 중심으로 간추려서 소개하고자 한다.

각 가정에서 원시적인 형태로 제조되던 소주는 1919년 평양과 인천, 부산등지에 기계 소주공장이 설립되어 본격적인 공장생산이 시작되었다. 그러나 원료 수급사정 때문에 생산이 부진하던 것이 대만으로부터 당밀수입의 길이 트이면서 활발하게 성장하기 시작하였다. 일제하에서는 세금징수의 일환으로 주정공업을 육성하였으나 일제말기인 1940년대초에는 대체연료로서 무수주정 생산채비를 갖추고 활발하게 생산하기 시작하였다.

해방이 되면서 혼란기에 접어들어 주정생산량은 1946년과 '47년에 각각 330石 및 900石에 불과하였다가 정부수립후 1948년에도 3.500石으로 회복세를 보였다. 6.25동란 중에서도 1950년도와 1951년에는 각각 5.617石과 16.206石으로 증가하였는데 이것은 종래 사용하던 고구마를 당밀로 대체하였기 때문이다. 당밀이 본격적으로 도입되기 시작하면서 1952년도에는 47.611石으로 증가되었지만 그 이후에는 외환사정으로 당밀도입이 지연되고 어느정도 안정기에 들어가 완만한 증가를 보일 뿐이었다. 그리하여 1953~1960년까지 8년간 전국 19개공장에서 생산된 주정의 양은 총 88만석에 달하였다.

1960년대는 고구마를 전용하도록 하여 초반에는 급격히 감소하다가 후반에는 회복하였다. 즉, 1960년 15만 드럼에서 점차 감소되어 1964년에는 8만1천 드럼을 생산하여 최저 수준이었다. 그러나 고구마 증산시책이 꾸준히 계속되어 1965년에는 무려 13만드럼에 달하였다. 이상의 결과로 볼때 주정원료를 당밀에서 고구마로 대체하는데는 무려 3년이나 소요되었다.

즉, 전분질의 경우 당화시설을 별도로 갖추어야 되므로 업계로서는 단기간에 적지않은 재정부담을 지게 되었고, 보다 중요한 것은 고구마의 원료확보가 어려웠다.

1965년부터 회복세를 보인 주정생산은 66,67, 68년에는 각각 16만드럼, 23만드럼, 및 23만드럼으로 계속 증가하여 70년에는 29만드럼을 생산하였는바 1967년부터는 고구마와 도입소맥을 함께 사용하였다.

1970년대에 들어서면서 주정수요가 급격히 증가하여 전체 주정공장이 연중 가동하여도 품귀 상태에까지 이르렀다. 그래서 정부에서는 주정원료를 다변화하여 타피오카칩을 대체원료로 도입하여 주정생산에 크게 도움을 주었다. 그결과 1975년도에는 57만드럼을 생산하고 전 공장이 하루에 모두 100드럼 이상씩을 생산하여 규모가 확대되어 종래의 영세성을 탈피하고 경영의 합리화를 가져올 수 있는 획기적인 기틀이 마련되었다. 1978년부터 일부공장이 면허취소 또는 영업정지 처분을 받아 증가추세에 다소 제동이 걸렸다. 1979년에도 주정수급 판단에 오류를 범하여 극심한 재고 누적으로 전 주정업계가 도산의 위기에 봉착하였다.

뿐만 아니라 제2의 석유파동으로 인한 전 세계적인 경제 침체의 파동이 우리나라에도 파급되어 정부당국에서는 긴축정책을 펴지 않을 수 없었고 따라서 업계도 경영난을 겪게 되었다.

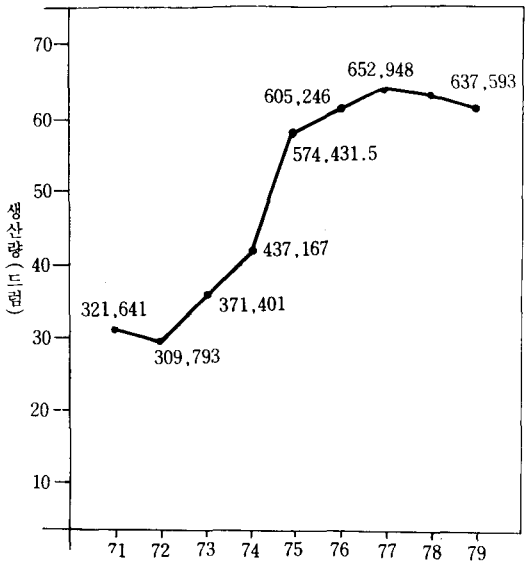


그림 1. 年度別 酒精生産推移

Ⅲ. 酒精原料

酒精生産에는 전분질이나 당질이 들어 있는 것이면 어느것이나 원료가 될 수 있으며, 섬유질 또한 적당한 화학처리 또는 효소처리로 가수 분해시켜 이용할 수도 있다.

당질 원료로서 糖密, 전분질 원료로서 곡류와 薯類를 들 수 있는데, 곡류에는 쌀, 보리, 밀, 옥수수 기타 잡곡류와 도정이나 제분의 부산물인 쌀겨와 밀기울도 일부 이용된다. 서류로는 고구마와 타피오카가 많이 쓰이고, 纖維質로서는 木材와 농산폐기물, 펄프폐액, 톱밥 등을 일부 이용하거나 原料로 이용할 수 있는 연구를 계속하고 있다.

곡류를 원료로 하여 각 가정마다 소규모로 탁주나 소주를 제조하던 것이 1920년대 들어와서 공장규모로 주정을 생산하면서부터 여러가지로 유리한 당밀을 대만으로부터 수입하여 이용하였다.

表 1. 臺灣糖蜜輸入推移

(單位 : 피클)

年 度	輸 入 量	年 度	輸 入 量
1928	12,753	1934	64,086
1929	20,573	1935	386,578
1930	317,178	1936	48,473
1931	221,106	1937	520,599
1932	264,809	1938	413,581
1933	348,816	1939	305,508

* 1 피클 : 63.55kg

한편 제주에 1942년에 건설된 무수주정공장은 고구마를, 백두산 부근의 「北鮮製紙化學工業」은 1941년 펄프폐액을 각각 주정원료로 사용하였다. 그러나 대부분의 그밖의 공장들은 미곡이나 잡곡을 사용하였다. 광복후 정부에서는 식량확보의 일환으로 미곡의 사용을 금지하므로서 잡곡과 서류를 많이 이용하게 되었다. 즉, 1950년대에 와서 고구마를 사용하였으나 원료확보가 어렵고 식량부족이 심각하여 시설이 파괴되는등 酒精의 품귀현상이 심각하여 1952년에 값싼 당밀을 필리핀을 비롯하여 대만, 인도네시아, 인도, 태국등지에서 수입하게 되었고 이후 10년간은 대체로 당밀이 주종 원료가 되었다.

그러나 1950년대 말기에 와서 외환사정의 악화로 당밀도입이 원활하지 못하였다. 1960년대 5.16혁명 정부는 고구마 전용을 강력히 추진하였으나 원료생산의 사전확보대책이 마련되지 않아서 주정생산이 위축되었다. 즉 1961년 閣議결정으로 「切干고구마의 주정원료 대체 3개년 계획」을 수립하고 즉시 시행하였지만 첫해에는 고구마의 확보가 어려울것으로 보아 부족분만을 농수산부의 추천으로 당밀을 수입하여 사용하도록 하였으며, 1962~1964년까지는 고구마를 전용토록 하므로서 주정생산이 위축되었다. 그래서 순수하게 고구마만을 사

表 2. 年度別·國別 糖蜜導入實績

(單位 : M/T)

區分 / 年度別	糖蜜導入數量					
	필리핀	臺灣	인도네시아	印度	泰國	計
1952	14,563	-	-	-	-	14,556
1953	34,510	11,522	-	-	-	46,032
1954	21,901	8,256	-	-	-	30,157
1955	40,332	7,600	15,876	-	-	63,808
1956	33,268	32,778	18,530	-	-	84,586
1957	27,222	-	24,588	15,854	-	67,664
1958	29,168	16,330	3,700	38,998	-	88,226
1959	38,043	2,500	5,114	15,237	25,537	86,431
1960	78,022	-	-	5,072	33,885	116,979
計	317,029	79,026	67,808	75,161	59,422	598,446

表 3. 酒精原料 需給狀況

(單位 : M/T)

원료 / 연도	고구마			糖蜜	雜穀類·其他
	前年産使用	當年産使用	計		
1961	141.0	1,112.0	1,253.8	114,311	400
1962	61,592.1	17,236,4	78,828.5	36,792	300
1963	70,881.5	31,545.3	102,426.8	24,099	1,585
1964	40,815.8	64,557.9	105,373.7	1,204	11,947
1965	166,277.7	48,781.7	215,059.4	-	-
1966	211,307.1	83,769.1	295,103.2	-	-
1967	240,829.4	108,302.6	349,132	-	6,560
1968	103,489	109,163	212,652	-	49,900
1969	217,278	186,126	403,404	28,958	3,295
1970	-	-	299,408	30,099	-
計			2,062,641.4	235,463	73,987

용한 것은 1965년과 1966년의 두 해 뿐이었고 1967년에는 6.500톤의 도입소맥을 원료로 사용하였으며 68년에는 역시 곡류를 병용하고 69년에는 당밀을 다시 도입하여 고구마·당밀·잡곡등을 병용하였다.

1970년대에도 계속해서 당밀과 소맥분등을 수입하여 고구마와 같이 사용하였고 1974년부터는 당밀보다 값싼 타피오카칩을 수입하였다.

그밖에도 옥수수, 국산당밀, 기타 잡곡등을 사용하였으며 1978년 부터는 다량의 쌀보리를 사용하기 시작하여 고구마, 당밀과 함께 3대 원료의 비중을 차지하였다.

이상과 같이 사용되는 주 원료의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

1. 당밀 (molasses)

사탕수수나 사탕무의 착즙에서 설탕을 분리하고 난 폐액을 당밀이라 하며 여기에는 아직도 총당이 50%가량 들어 있고, 전분처럼 당화할 필요가 없어 아주 좋은 주정원료이다. 때로

表 4. 年度別 酒精原料需給推移

(單位 : M/T)

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
酒精生産量 D/M	321,641	309,793	371,401	437,167	574,431.5	605,246	652,948	650,380	637,593
생고구마	118,052	116,321	129,718	163,938	167,849	176,569	113,083	44,907	53,713
切刊고구마	56,953	41,919	81,306	61,009	69,962	112,189	134,075	122,547	131,424
糖蜜	81,306	87,970	84,629	44,876	131,928	181,568	205,599	209,599	20,654 (高농도) 178,107 (一般→)
타피오카	-	-	-	70,213	72,422	6,222	11,484	13,669	4,122
小麥	4,302	4,352	375	-	-	1,859	2,676	-	270
小麥粉	6,692	8,867	6,019	-	-	-	-	7,840	-
國産糖蜜	-	536	-	-	495	1,878	3,601	11,956	15,980
옥수수	-	-	2,118	-	-	2,702	-	-	5,499
쌀보리	-	-	-	-	-	-	-	12,154	11,978
玉粉	-	-	-	-	-	-	814	10,924	2,991
기타	533	6,047	2,305	-	1,030	1,811	642	1,676	5,119

表 5. 年度別·産地別 糖蜜導入推移

(單位 : M/T)

國家 \ 年度	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	計
필리핀	61,376	8,721	32,122	9,007	83,627	72,967	19,390	5,096	1,308.4	293,614.4
泰國	17,731	50,647	47,007	35,869	42,881	112,757	186,209	137,703	115,662.3	746,466.3
印尼	2,199	28,602	5,500	-	5,240	-	-	20,100	29,860	91,501
馬聯	-	-	-	-	-	-	-	10,837.7	19,276.8	30,114.5
피지	-	-	-	-	-	-	-	6,551	12,000	18,551
과테말라	-	-	-	-	- -	-	-	3,000	-	3,000
하와이	-	-	-	-	-	-	-	7,286.6	-	7,286,6
阿州	-	-	-	-	-	-	-	19,165.5	-	19,165.5
計	81,306	87,970	84,629	44,876	131,928	185,724	205,599	209,739.8	178,107.4	1,209,699.3

表 6. 年度別·産地別「타피오카칩」導入實績

(單位 : M/T)

年度 / 國家	1974	1975	1976	1977	1978	1979*	計
泰 國	62,813	51,507	6,222	8,484	8,669.7	-	137,695.7
印 尼	7,400	20,915	-	3,000	5,000	-	36,315
計	70,213	72,422	6,222	11,484	13,669.7	4,122.4	178,133.1

*79年의 導入量은 泰國, 印尼 合算

表 7. 各種 糖蜜의 成分

(單位 : %)

	水 分	全 糖	전화당	蔗 糖	全 窒 素	灰 分	P_2O_5(mg %)	비 중
사탕수수당밀	25~40	45~60	5~30	15~25	0.45~0.75	8~11	33~71	1.41~1.42
사탕무우당밀	35~45	47~57	5~20	35~45	1.4~1.6	5~10	60	1.41~1.42
정제당당밀		45~60	-	-	0.2~0.4	3~5	-	
hightest molasses	-	70~80	-	-	-	2~4	-	

는 high test molasse를 사용하기도 하는데 이것은 설탕이 과잉 생산될때 사탕수수의 착즙증 결정화를 막기 위해서 蔗糖을 전화시킨 다음에 농축한 것이다. 또한 포도당 제조시 남는 폐액을 hydrosol이라 하고 이것도 당밀의 일종이라 할 수 있으며 역시 주정원료로 사용된다.

표 7 에서 보는바와 같이 사탕수수 당밀에는 전화당이 많이 들어 있고 사탕무우 당밀에는 자당이 많이 들어 있다. 그러나 이들 성분은 그 산지에 따라 자바산은 환원당이많고 쿠바·아르헨티나산은 좀 적다. 질소화합물은 단백태 20~30%, 아미노태 10~20%, 아미드태 10~15%이지만 효모가 이용하는 것은 아미노태와 아미드태의 일부로서 전체 질소 화합물의 20% 정도이다. 당밀에는 회분이 특히 많고 그중 칼륨과 석회가 가장 많은데 이것은 발효조의 scale의 원인이 되기도 한다. 당밀중의 비발효성 환원물질은 5~17%에 달하며 이것은 제당과정의 열처리에 의해서 생성된 무질소성의 캬라멜 및 당과 아미노산의 축합물인 함질소성의 melanoidin이 주요부분을 차지한다.

2. 고구마

호남·영남·제주등 우리나라 남단에서 주로 생산되고 있는 고구마는 재배가 용이하고 생산성이 높아 주정원료로 유리하지만 가을에 수확한 것이 월동하는 동안에 냉해를 입어 부패되므로 건조시키던가 가을철에 사용하여야 하는 폐단이 있다. 고구마는 표 8 에서 보는바와 같이 전분이 주성분이지만 자당·환원당도 2~3%가 들어 있다.

表 8. 고구마, 절간고구마의 일반성분

成分 / 原料	全糖分(%)	全窒素(%)	灰分(%)	P_2O_5 (mg%)
고구마	17~38	0.08~0.48	0.7~2.0	50
절간고구마	66~87	0.21~0.46	1.6~3.1	-

질소는 일반적으로 알콜발효에 적당량이 들어 있으나 품종에 따라서는 부족되는 것이 있으며 이때 곡류·미강·맥강등을 첨가하며 보충해 준다. 또 고구마는 amylase를 함유하며 증자시 순간적으로 강력하게 당화작용을 하므로 이를 활용하기도 한다.

흑반병의 고구마 苦味성분인 ipomeamaron은 1000배의 희석액에서도 포자의 착생을 저해하지만 효모에 대해서는 100배의 희석액에서도 저해작용이 없다.

고구마는 저장성의 제약때문에 수입원료와 가격경쟁이 되지 않아서 불리하므로 농가에서도 다른 경제작물로 대체하고 있어서 그 생산량이 현저하게 감소되고 있다.

表9. 우리나라 서류 생산량 〈단위 : 1,000톤 정곡중량〉

서류 / 년도	감 자	고 구 마
1979	71	430
1980	89	342
1981	111	344
1982	108	261
1983	94	314
1984	87	277

3. 타피오카(tapioca, 일명 cassava)

表10. 카사바의 성분

(%)

성분 / 시료	Cal/100g	단 백 질	지 방	탄수화물	회 분	수분	섬유
카사바뿌리(박피)	127	0.8~1.0	0.2~0.5	32	0.3~0.5	65	0.8
카 사 바 분 말	307	0.8~0.7	0.2	85	0.3	15	0.5

表 11. 카사바 생산 현황

〈1,000톤〉

연 도 / 지 역	1974-76	1982	1983	1984
아프리카	43,300	49,807	48,593	51,002
자이레	11,734	14,180	14,600	14,800
니제르	10,467	11,700	9,950	11,800
탄자니아	5,093	5,000	5,400	5,600
북중아메리카	865	848	906	922
남아메리카	30,587	29,490	26,878	26,861
브라질	25,453	24,072	21,567	21,275
아시아	32,713	45,545	46,450	50,000
인도네시아	12,589	12,988	12,229	14,000
타일랜드	7,855	17,785	18,989	19,985
오세아니아	213	226	222	235
세계 총계	107,679	125,914	123,048	129,020

중남미 일대가 원산지인 타피오카는 이들 지역에서 탄수화물의 급원작물로서 온대지방의 고구마와 견줄만하다.

카시바는 길이 2~4m에 달하는 반관목의 다년생 식물로서 잎이 크고 뿌리도 지표 바로 밑에 방사형으로 뻐어 나간다. 뿌리의 크기는 대략 30~120cm, 지름 4~15cm, 무게 1~8kg에 달한다. 많은 품종이 있지만 잘 알려진 것은 苦味종인 *Manihot palmata*와 甘味種인 *Manihot aipi*의 두종류가 있다. 감미종은 대개 식용으로 사용하고 고미종이 전분추출, 그밖의 용도로 사용된다.

카사바 뿌리를 길이 6cm 정도로 절단하여 말리거나 분쇄성형하여 펠렛으로 만들어 전분제조용, 주정용 또는 사료용으로 수출하고 있다.

4. 곡류 및 그밖의 원료

곡류는 다른 원료에 비해서 저장성이 좋고 이것을 원료로 하여 생산된 주정의 품질이 좋아서 옛날부터 이용되어 왔다. 그러나 이것은 식량으로 직접 이용할 수 있기 때문에 식량수급사정에 따라 곡류의 사용이 달라진다.

이들의 원료는 알콜발효를 하기에는 질소가 너무 많아 발효덧에 잡균이 번식할 우려가 있는 것이 흠이다. 곡류도 섬유질등 협잡물이 적어서 농후사입이 가능하지만 고구마처럼 자체에 amylase를 함유하지 않아서 장시간 증자를 해야 한다.

한편 쌀겨는 정백도에 따라 그 성분은 일정하지 않아서 용도가 다르다. 즉, 赤糠은 질소분이 많으므로 당밀을 원료로 할때 질소원으로 쓰이며 中糠이상의 것은 전분질을 40~65%나 함유하므로 코오지의 원료로 적당하다. 밀기울은 주로 코오지의 제조원료로 쓰인다.

섬유질 원료로는 각종 목재가공 폐기물, 농산폐기물, 廢紙등이 있는데 이들의 주성분인 섬유소는 포도당으로 구성되어 있기 때문에 적절한 방법으로 값싸게 당화할 수 있다면 유리한 원료가 될 수 있을 것이다. 제지공업의 부

表13. 亞硫酸펄프排液의 糖組成

성분 \ 폐액원료	針葉樹	廣葉樹
全糖(글루코스로서)	100%	100%
酸性還元性物質	23	36
中性還元性物質	77	64
Xylose	22	43
Arabinose	5	2
Mannose	25	4
Glucose	17	7
單糖類合計	69	56
其他	8	8

表12. 穀類의 成分

原料	全糖分(%)	全窒素(%)	灰分(%)	P_2O_5(mg%)
白米	88	1.33	1.01	580
白糠	66	1.66	1.63	-
小麦	70	1.86	1.79	905
大麦	72	2.70	3.4	780
裸麦	80	2.08	2.3	415
옥수수	65~70	1.52~1.78	1.8~2.0	874
수수	60	1.65	1.7	650
조	65	1.34~1.78	0.9~2.8	890

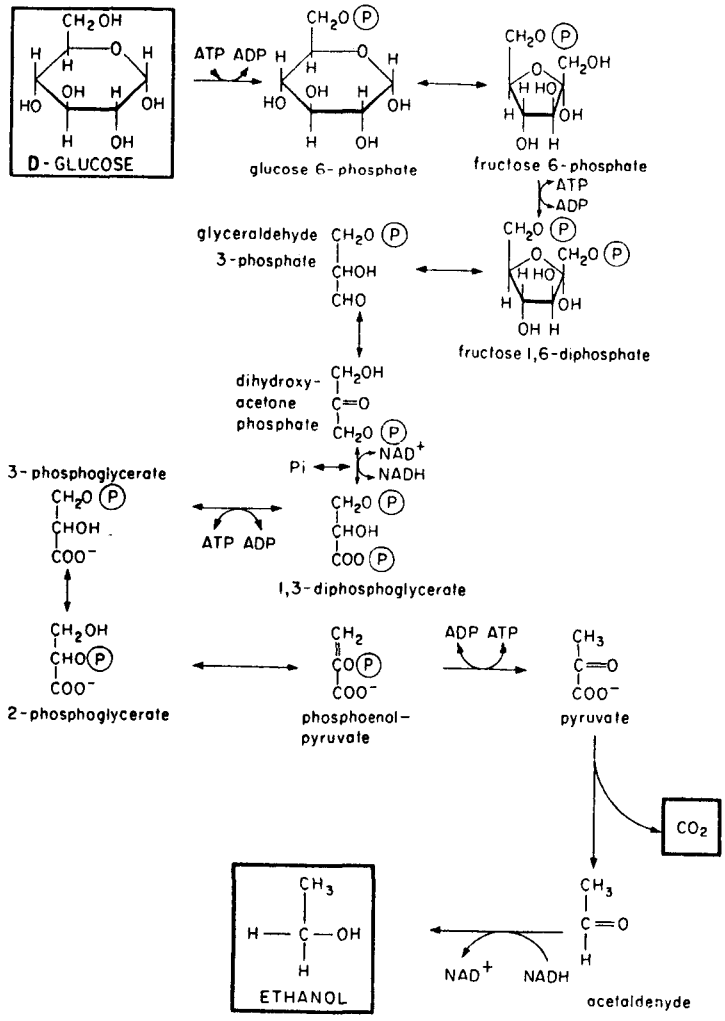
산물인 아황산 펄프폐액은 스웨덴, 독일등의 유럽제국과 소련, 미국, 일본등 여러나라에서 주정원료로 쓰인다.

Ⅳ. 酒精醱酵

1. 발효원리

전분질 및 당질로부터 주정이 생성되는 원리는 에틸렌으로부터 만들어지는 합성주정과는 달리 아주 복잡한 과정을 거쳐서 만들어진다. 즉, 전분질은 자가효소, 당화효소 및 당화효소를 분비하는 미생물등을 사용하여 액화·당화 과정을 거쳐야 하며 당은 효모균등을 이용해서 다음과 같은 경로로 주정이 생산된다. 그림 2 에서 보는 바와 같이 포도당이 여러 단계의 분해과정을 거쳐서 주정이 만들어 지는데 이것은 효모를 비롯한 모든 생물체의 에너지 대사과정에서도 생성될 수 있다.

지금까지는 효모만을 주정생산의 주발효균으로 사용하고 있지만 주정을 연료용으로 사용할 경우는 생산비를 더욱 절감해야 하며 따라



〈그림 2〉 포도당으로부터 주정이 생성되는 경로

서 보다 생산능이 큰 세균을 이용하려는 연구가 이루어지고 있다. 표14에서 보는바와 같이 알콜을 생산하는 많은 세균들 중에서도 특히 *Zymomonas*와 *Clostridium*속의 세균이유망한데 특히 *Zymomonas*에 관한 연구가 많이 이루어졌고 지금까지의 연구결과에 의하면 이균은 효모에 비하여 주정생산수율이 높고 생산속도가 4~5배 빠르며 원료인 당과 생성물인 주정이 고농도이더라도 번식이 빠르며 유전조작이 가능하여 수율을 높일 수 있다고 한다.

表 14. 各種基質로부터 주정을 생산하는 미생물들

미 생 물	基 質	主 生 成 物
Zymomonas mobilis	6탄당	Ethanol, CO_2
Ruminococos albus	Cellulose	Ethanol, CO_2
	Hemicellulose	아 세 트 산
Clostridium thermocellum	Cellulose	Ethanol, CO_2
	당 류	아세트산, 젖산
Clostridium thermosaccharolyticum	Hemicellulose	Ethanol, CO_2
	5 탄 당	아세트산
		젖 산
Bacillus macerans	전 분, 당 류	Ethanol, CO_2, 아세톤
Erwinia amylovora		Ethanol, CO_2
	당 류	젖 산
Leuconostoc mecenteroides	5 탄 당	Ethanol, CO_2
		lac 젖 산
Sarcina venticuli	6 탄 당	Ethanol, CO_2
		산 류

2. 糖化

전분질 원료는 일단 당화를 시켜야 하는데 우선 전분의 미셀구조를 파괴하고 액화효소에 의해서 덱스트린으로 분해한 다음 당화효소 작용으로 당이 생성된다. 이와같이 전분이 당으로 되는데에는 액화와 당화의 두 과정을 거치는 바 두가지를 한꺼번에 할 수도 있고 또 효소작용만으로는 속도가 늦기 때문에 액화는 산처리를 하고 당화만을 효소처리를 하는 경우도 있다. 또 효소를 생성하는 곰팡이등을 직접 사용하기도 하며 처리 방법에 따라 고체 또는 액체를 사용하는등 방법이 다양하다.

1) **麴法** - 전분질 원료의 미셀 구조를 파괴하기 위해서 증자하는 동안 원료자체에 들어 있는 효소에 의해서 당화가 부분적으로 일어난다. 증자된 원료에 효소나 코오지를 첨가하여 당화시킨다. 일반적으로 황국균은 액화력이 강하고 아밀로균은 당화력이 강하다. 또 흑국균에는 당화효소를 주로 하는 Aspergillus usamii형과 α-amylase와 glucoamylase를 동등하게 생성하는 *Aspergillus awamori*형이 있다. *usamii*형 중에서도 *shirousamii*는 소위 백국균으로서 효소역가가 높다. 그러므로 사용 목적에 따라 액화를 필요로 할때는 황국균, 전분의 당화를 위해서는 *Asp. usamii*나 *Rhizopus delemar*형을, 양자를 모두 필요로 할때는 *Asp. awamori*형을 써야 한다

증자된 원료는 당화기로 옮기면서 60℃로 냉각되면 코오지를 첨가하고 계속 교반하면 30℃로 떨어지는 동안 전체 전분의 50%이상이 당화된다. 황국은 최적 pH 가 5.6~5.8이며 일반적으로 pH가 높은 편이 유리하지만 잡균의 번식우려가 있으므로 주의해야 한다. 흑국의 경우는 pH4.6~4.8이 적당하지만 이정도의 pH는 α-amylase의 역가에 영향을 주지 않는다. 일정기간 당화시킨 것은 그대로 두면 잡균이 번식하므로 살균을 행한다.

2) **amylo법과 액체국법** - 이 방법은 증자과정에서 부터 주정발효가 완료될때까지 외기와 차단한 밀폐식 발효를 행하는 것으로 증자하여 냉각된 원료에 당화균을 접종하고 교반기를 회전하여 발효조의 압력을 상압보다 조금

높이면서 무균공기를 연속적으로 투입한다. 공기는 탱크의 밑에서 연속적으로 吹入시키고 때때로 교반하면서 당화를 시킨다. 당분 3~5%일때 효모균을 첨가하여 당화와 주정발효를 병행 시킨다.

아밀로법은 코오지가 별도로 필요없고, 순수한 밀폐발효이므로 발효율이 높으며, 대규모 처리가 가능하고 오염의 위험성이 적다. 다만 술덧의 농도가 문제되지만 근래에는 액화 amylase를 직접 사용하므로서 농후 사입이 가능하게 되었다.

아밀로법은 일종의 液浸발효법이지만 본격적인 것은 1949년에 미국에서 경제성이 확인되었고, 일본에서는 1953년에 공업화에 성공하였다. 즉 이 방법에 의하면 액체 배지인 증류 잔사중 가용성 고형분에 옥수수가루와 질소질, 糠類등을 첨가하여 균주를 접종 배양하여 액체국을 만들어 당화시킨다.

3) 액체국, 아밀로 당화법 - 이 방법은 농후 담금의 amylo법을 행할 목적으로 전분의 액화를 액체국으로 행하고 다음 아밀로균을 접종하여 당화를 행하되 그 뒤의 공정은 일반적인 방법에 따라 행한다. 사용균주는 황국균이 유리하다. 즉, 일반적인 방법으로 증자한 술덧을 발효조로 보내고 60℃로 냉각되었을 때 액체국을 첨가하여 통기 교반하여 액화시킨 후 37℃로 냉각하여 아밀로균을 접종하여 당화시킨다.

이 방법에 의하면 아밀로법 만으로는 불가능한 고농도에서도 당화가 가능하다. 근래에는 액체국 대신에 강력한 액화력을 가진 amylase를 *Bacillus subtilis*등의 균에서 얻어 증자하기 전에 작용시키면 점도가 현저히 감소되어 당화를 쉽게 한다.

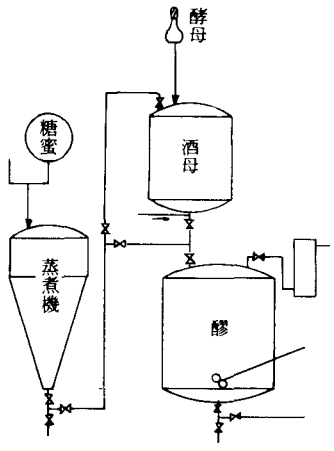
4) 무증자 당화 - 지금까지는 전분질을 당화하는데 증자과정을 거치는데 조작이 번거롭고 연료비가 들어가므로 이를 생략하여 생전분을 직접 당화하는 연구가 진행되고 있다. 즉, 흑국은 glucoamylase Ⅰ과 Ⅱ를 생성하는데 Ⅰ은 생전분을 강하게 분해하며 여기에 α-amylase나 debranching enzyme을 가하면 전분분해력이 몇배로 증강되는 바 옥수수와 카사바에 대해서 실험한 결과 좋은 성적을 올렸다고 한다.

그밖에도 맥아를 이용한 당화, 산을 이용한 당화, cellulase를 이용한 섬유질의 당화방법이 있으나 주정발효에는 널리 쓰이지 않는다.

3. 酒精醱酵

전술한 바와 같이 원료에 따라 당화과정을 거치는 전분질 원료와 거치지 않는 당질원료가 다같이 효모에 의해서 주정이 생성되지만 처리과정이 다소 다르다.

1) 당질원료 - 당질원료중 주종을 이루는 당밀의 경우 발효하기 전에 20° Brix로 희석해야 하며 황산을 가해서 알칼리성인 당밀액을 중화해야 한다. 경우에 따라서는 희석과 동시에 살균을 하고 발효조성제로서 유안, 쌀겨 또는 증류 폐액을 첨가한다. 발효방법에는 개방식, 밀폐식 및 특수발효법이 있다.



〈그림 3〉 糖蜜의 주정 醱酵工程圖

먼저 개방식은 콘크리트나 철제 탱크를 사용하기 때문에 잡균의 번식우려가 있으므로 술밑을 육성하여 집중적으로 발효시켜야 한다. 즉, 희석된 당밀에 효모균을 접종하여 30℃에서 발효시키면 담금후 10시간에서부터 40~48시간에주 발효가 끝나며 담금후 4일전후하여 전체 발효가 끝난다.

한편 밀폐식은 밀폐된 발효조에 당밀액을 넣고 개방식의 경우처럼 육성한 술밑을 첨가하거나 효모를 직접 첨가하여 발효시킨다. 즉, 술밑을 사용하는 경우 30~33℃에서 48~55시간내에 발효가 끝나며 발효율은 86~87%이다. 순수효모를 사용하는 경우 22~26시간에 발효가 왕성해지고 70시간이면 발효가 종결되며 발효율은 87~90%이다.

밀폐식은 술밑과 술덧이 전부 밀폐조 안에서 처리되므로 살균이 완전하게 되고 오염의 우려도 없으며 주정의 揮散이 적기 때문에 개방식보다 수율이 높고 첨가하는 효모의 양도 적게 든다. 그러나 시설비가 많이 들어 소규모 공장에서는 부적당하다.

이상의 방법에서 원료중 당분의 일부는 효모자체의 증식에 소비되므로 그만큼 주정생산량이 줄어드는것에 착안하여 발효가 일단 끝난 술덧중의 효모를 회수하여 재사용하는 특수한 발효법이 있다. 이 방법의 이점은 고농도의 담금이 가능하고 당의 소모가 억제되며 발효시간이 짧아서 잡균의 번식도 억제된다.

또 다른 방법으로서 증류하는 동안 술덧중

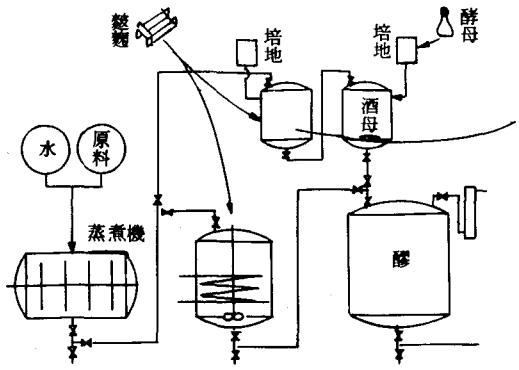


그림 4. 麴法에 의한 주정발효 공정도

의 비발효성 물질의 가수분해로 생기는 당분을 활용하여 효모균을 배양하는 방법이 있는데 이것은 당의 활용은 물론 폐기물의 BOD를 감소시킬 수 있다. 실제 발효에서는 먼저 호기배양으로 효모균이 적당히 자라면 통기를 중단하고 전당이 약15%가 되도록 당밀을 혼합하여 혐기적 조건에서 발효를 행한다.

그밖에도 고농도 술덧발효법, 효모를 고정하여 행하는 연속유동발효법, 연속교반유동발효법 등이 있다.

2) 전분질 원료 – 전분질 원료는 당화방법에 따라 주정발효에도 다소 차이가 있다.

먼저 국법으로 당화하는 경우 비교적 소규모이므로 대부분 개방식 발효를 행하고 따라서 오염될 우려가 있으므로 당화와 동시에 젖산균을 번식시켜 젖산을 충분히 생성시킨 다

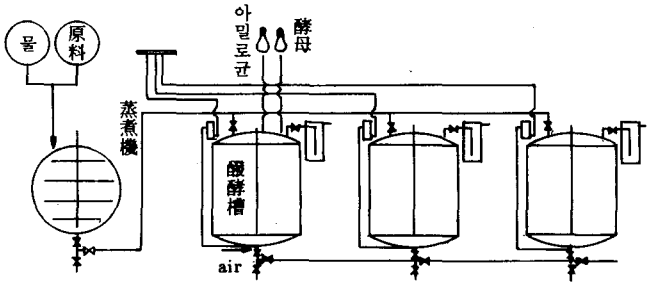


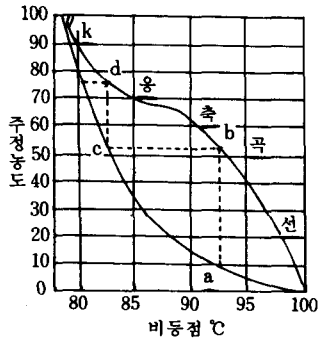
그림5. Amylo법에 의한 주정발효 공정도

음에 살균 냉각하여 효모균을 육성한 것을 술밑으로 하여 발효시킨다. 담금후 6~8시간에 주발효가 시작되어 약 48시간에 발효가 끝나고 4~6일이면 전체 발효가 끝난다.

아밀로법의 경우 당화과정에서 당분이 3~5%정도로 되면 통기를 중단하고 효모배양액을 무균적으로 첨가하여 발효시키면 효모균 접종후 15시간 전후해서 주발효가 시작되고 3~4일, 아밀로균 접종후 5~6일에 발효가 종결된다.

V. 酒精의 蒸溜

발효가 끝난 술덧중에 들어 있는 주정은 물보다 끓는 점이 낮기 때문에 술덧을 끓여서 증기를 얻고 이것을 냉각하고 다시 끓이는 조작을 되풀이 하여 순수한 주정을 얻는데 이와 같은 비등응축의 관계곡선은 그림 6 과 같다.



〈그림 6〉 酒精과 물의 혼합액의 沸騰·凝縮 곡선

즉, 10% 주정을 함유한 것을 끓이면 횡축 좌표의 90~95%의 중간인 92.5℃에서 끓으며 이때 발생하는 증기는 b점에서 응축하며 이것은 좌표의 종축에서 보면 주정 농도가 51%이다. 이것은 c점에서 응축하고 이것을 다시 82℃에서 끓이면 횡축의 d점에서 농도는 75%가 되고 끓는 점은 80℃가 된다. 이와 같이 되풀이 하면 k점에 도달하고 이때 주정의 농도는 97.2%(용량)(95.75%W)이고 끓는점과 응축점이 다같이 78.15℃가 된다. 이 점을 共融點이라 하고 이 혼합액을 共沸 혼합물이라 한다.

이러한 원리를 이용하여 주정을 분리하고 농축하는데 그 방법은 단식증류와 다단 연속식 증류방법이 있다.

1. 단식증류

숙성된 술덧을 가열 비등시켜 발생하는 증기를 냉각시키면 주정이 농축된 액을 얻을 수 있다. 이 방법은 매우 간편하기는 하지만 술덧중의 고형물이나 수용성 비휘발성분만 제거될 뿐 알데히드, 에스테르 또는 fusel油, 휘발산 등이 제품중에 많이 남게 된다. 이들 물질은 주정 원료중 단백질에서 비롯되므로 향미물질도 달라진다. 이 방법으로 증류를 하면 초기에는 진한 주정용액이 나오지만 점차 그 농도가 감소하여 균일한 제품이 안되며 연속적인 작업을 할 수 없어 순수한 주정을 공업적으로 제조하기에는 부적당하다.

2. 다단 연속식 증류

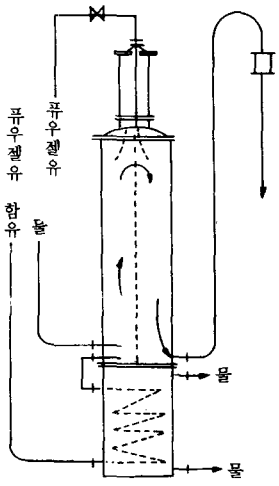
이 방법은 단식증류의 폐단을 보완한 것으로 공정에 따라 몇가지를 구분할 수 있다. 술덧탑은 많은 단으로 되어 있고 위에서 일정량의 술덧이 흘러 내리고 탑의 밑바닥에서 증기를 吹入하면 바닥의 술덧이 가열되어 증기를 발생한다. 증기는 단의 통기관을 통하여 컵의 둘레에서 술덧으로 吹入되어 단위의 술덧을 가열한다. 여기서 또 증기가 발생하여 차례 차례로 윗단으로 증기가 올라간다. 그리하여 약 6%의 주정이 함유된 술덧은 탑의 상부에서 순차적으로 흘러 내리는 동안에 아래에서 올라오는 증기로 증발되어 주정 농도가 낮아지며 결국 탑의 바닥에는 주정분이 거의없는 액만 남게 된다.

탑의 정상에 모인 증기는 그대로, 또는 응축

기에서 액상으로 되어 다음 탑으로 들어가서 불순물을 제거한다. 탑 꼭대기의 주정 농도는 대략 40%이다. 응축기는 원통속에 수많은 냉각용 동관으로 된 아래위 2단의 tube plate가 붙어 있다. 냉각수가 하부로부터 들어오는 동안 데워져서 상부에서 외부로 배출된다. 주정이 들어있는 증기는 직접 원통으로 들어와서 동관 외부쪽에서 냉각되며 일부 응축된 溜液은 동관을 따라 흘러 내리고 밑바닥에 모여 외부로 나온다. 응축되지 않은 증기는 다시 다음 응축기로 도입되고 2～3개의 응축기를 直列로 연결하면 각각 끓는 점이 높은 것부터 응축되어 배출된다. 저비점의 성분은 가스분리기를 통하여 행한다.

이상과 같이 응축한 粗溜주정은 정류탑에서 농축한다. 정류탑은 농축부와 회수부로 되어 있으며 이것이 한 탑으로 되어 있거나 2개의 탑으로 구분되어 있으며 그 구조는 술덧탑과 같지만 단의 간격이 약 30㎜인데 정류탑의 경우는 130～150㎜이고 단수도 많다.

Fusel油는 주성분이 amyl 및 butyl alcohol이지만 그밖에 에스테르와 지방산 등도 함유되어 있다. 이들 성분구성은 원료 및 발효방식에 따라 다르다. 주정의 0.3～0.6%가 생성되는 fusel油의 분리는 정류탑의 단에서 빼낸 액을 바닥의 냉각기에서 냉각시켜 분리기의 밑으로 보내고 물을 부어 주정농도가 20% 이하로 한다. 분리기는 중앙에 칸이 막혀 액은 왼쪽으로 상승하여 칸막이를 넘어 오른 쪽으로 온다. 도중에서 분리한 fusel유는 점선 화살표 방향으로 들어가며 頂上의 실린더에 모여서 물보다 가벼우므로 위에 뜨면 쉽게 분리 제거할 수 있다.



〈그림 7〉 Fusel油 분리기

주정과 물의 혼합액중에 각종 휘발성 불순물이 혼합되어 있을 경우 이들은 주정 농도가 낮을수록 휘발하기 쉽다. 이러한 성질을 이용하여 물을 가하여 증류하는 것을 가수증류라 한다.

3. 無水酒精

주정과 물의 혼합액을 증류할 때는 이론상 95.57W% 이상으로 농축하는 것이 불가능하며 특수한 방법으로 탈수하여 농축하는데 종래부터 사용되어 온 것은 석회, 석고 등을 넣어 탈수하고, 아세트산칼륨과 그의 소오다의 혼합 탈수제의 사용, glycerol사용, 진공증류나 共沸증류 방법 등이 있는데 후자가 널리 이용된다. 즉, 물과 주정의 어느 한쪽 또는 어느 쪽에도 혼합되지 않거나 약간 혼합되는 제3의 액체, 예를 들면 benzene이나 trichlorethylene 등을 첨가하여 증류하면 이 세가지 성분이 일정한 조성비율로 共沸混合物을 만들어 3성분 각각의 비점보다 낮은 最低共沸點을 나타낸다.

가령 벤젠을 사용하여 95.%주정의 탈수를 행하려면 먼저 이론치 이상으로 벤젠을 넣고 증류하면 비점이 가장 낮은 3성분 공비물이 64.85℃에서 증발하여 주정중의 물이 모두 나가게 되며 남는 것은 첨가한 나머지 벤젠과 무수 주정뿐으로서 이중 벤젠은 68.25℃에서 증

발하고 마지막으로 비점 78.3℃의 무수 주정 만 남게 된다.

表15. 共沸 혼합물의 組成과 그 共沸點

① trichlorethylene·물·ethanol일 경우

成 分		單體의 沸點(℃)	혼합물의 共沸點(℃)	組 成 (%)		
				중 량	용량	mole
三成分公沸混合物	물	100	67.25	5.3	6.8	24.0
	ethanol	78.3		14.8	23.8	26.3
	trichlorethylene	86.7		79.9	69.4	49.7
二成分共沸混合物	ethanol	78.3	70.9	27.0	40.C	51.0
	trichlorethylene	86.9		73.0	60.0	49.0
	ethanol	78.3	78.15	4.43	2.8	10.57
	물	100		95.57	97.2	89.47

② 벤젠·물·ethanol일 경우

成 分		單體의 沸點(℃)	혼합물의 共沸點(℃)	組 成 (%)		
				중 량	용량	mole
三成分共沸混合物	물	100	64.85	7.4	5.5	23.3
	ethanol	78.3		18.5	22.0	22.8
	benzene	80.2		74.1	72.5	53.9
二成分共沸混合物	ethanol	78.3	68.25	32.4	39.0	44.8
	benzene	80.2		67.6	61.0	55.2
	ethanol	78.3	78.15	4.43	2.8	10.57
	물	100		95.57	97.2	89.43
	물	100	69.25	8.83		29.5
	benzene	80.2		91.17		70.5

Ⅵ. 酒精의 品質

주정을 음료용으로 사용할 때 그 성분은 물론 관능특성을 고려해야 한다. 각국의 음료용 주정의 규격은 표16과 같다.

즉, 주정은 무색 투명하고 냄새가 없어야 하며 주정분 94% 이상, 증발 잔사 2.5%이하, 메탄올 0.5%이하, 그밖의 유리산, 알데히드, 휴젤유 등이 극미량 이하라야 한다.

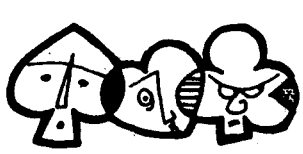
주정의 냄새는 芳香的 자극성이고, 맛은 甘, 辛, 苦, 澁, 微酸味라고 복잡하게 일커르고 있다. 희석하면 단맛이 약간 나지만 미량의 불순물들이 가미되어 독특한 맛을 낸다. 알콜의 맛을 느끼는 조건은 10~30℃가 예민하고 感應도 辛, 甘, 酸, 苦味의 순으로 더디고 맛의 지속시간은 불순물의 용해도에 따라서 달라진다고 한다.

表16. 各國 酒精의 規格

規·格 / 項目	國稅廳酒精等級		日本專賣알코올 含水酒類用規格	英國藥典規格
	1 級	2 級		
성 상	무색무명무취	좌 동	좌 동	좌 동
에탄올분. Vol%	94이상	94이상	이상	94. 7－95. 2
증발잔분. mg/100mℓ	2.5이하	2.5이하	이하	4.0이하
유 리 산. wt%	0.002이하	0.002이하	이하	0.007이하
알데히드. mg/100mℓ	1이하	1이하	흔적이하	－
에 탄 올. mg / mℓ	0.5이하	1이하	1이하	－
휴 젤 유, Vol%	흔적적이하	0.036이하	불검출	불검출
디아세틸. wt%	불검출	흔적이하	〃	－
P.M.T. min	5분이내	3분이내	6분이내	－
황산정색물	불검출	불검출	불검출	－
가성소오다정색물	불검출	불검출	불검출	－
황 산 염	－	－	불검출	－
염 화 물	불검출	불검출	불검출	－
중 금 속	－	－	불검출	－
제3급알콜에스테르분	－	－	불검출	3분이상
용해시험	－	－	－	무락도
동 분	불검출	불검출	－	－

이러한 관능적 품질을 개선하기 위하여 발효덧의 개량, 증류법 개선, 溜出品의 정제 방법등에 의해서 불순물을 제거하고 있다.

Ⅶ. 맺 는 말

지금까지 주류공업의 변천, 주정원료, 주정발효, 증류, 제품의 품질 등에 대하여 이미 확립된 방법에 대하여 살펴 보았지만 주정 생산은 국내의 景氣, 원료수급사정 등에 따라 伸縮되고 있으며 주정생산의 기술은 융통성의 여지를 주지않는 酒稅法 때문에 活發하게 발전을 하고 있지 못하다.

주정공업은 국내 식량수급 여하에 따라 원료를 적절히 취사 선택하므로서 어느 정도 완충적인 역할을 하는데 기여하고 있지만 근본적으로 섬유자원을 이용하는 등 원료 이용에 관한 과감한 연구투자를 해야 하겠다. 그밖에도 무증자 당화, 막여과 등 물리적인 추출정제방법, 유전공학 기술을 활용한 발효균주의 개량 등 새로운 기술의 개발에 노력을 해야 할 것이다. 또한 현재의 주정은 고도로 정제되어 있기 때문에 품질이 우수하기는 하지만 이에 소요되는 추가적인 증류비용이 엄청나다. 음료용으로 사용하는 경우 적정 순도에 관한 연구도 이루어져서 생산비 절감을 기해야 할 것이다. 이것은 물론 酒稅法으로 규제되어 있기 때문에 그 규제를 완화하는 개정이 선행되어야 하겠다.