

甘蔗汁の醱酵に関する研究 (第7報)

石灰法、炭酸法、亜硫酸法に依る清淨蔗汁及 シラップの成分とその醱酵試験

大 津 嘉 納

(大日本製糖株式会社新竹製糖所)

緒 言

甘蔗汁の醱酵試験に關しては曩に臺灣總督府糖業試験所山藤博士の御指導を得て、甘蔗の月齡別に依る蔗汁の醱酵試験⁽¹⁾、甘蔗汁の濃度の酒精醱酵に及ぼす影響⁽²⁾、清淨甘蔗汁の酵母の培養基としての價值及び其の醱酵試験⁽³⁾、臺灣大蝗虫より分離せる蔗汁醱酵々母 *Saccharomyces batta* に依る蔗汁の工業的醱酵試験⁽⁴⁾、蔗汁の醱酵を促進せしむる「醱酵アウキシン」⁽⁵⁾⁽⁶⁾等に就き研究の結果を發表したが之等の研究に依り蔗汁の本來の醱酵状態を知る事が出來た。原料甘蔗を壓搾加水した混合蔗汁は製糖工場に於て、白糖製造法の型式である石灰法、炭酸法、亜硫酸法の3種の異つた方法に依り清淨し、蔗汁中の非糖分物質を沈澱除去して蔗汁の純糖率を向上せしめて更に蔗糖の轉化を防ぎつつ加熱濃縮して清淨シラップを造り之を減壓濃縮して蔗糖を結晶分離して砂糖を製造するが、斯く處理された清淨蔗汁及シラップは清淨方法の異なるに従ひ成分の含有率を甚しく異にする。

斯く處理せる蔗汁の醱酵状態が原混合蔗汁の醱酵状態に對比し如何に變化するかを調査する事は頗る興味ある問題であるばかりでなく、シラップを濃縮して砂糖を製造分離せる殘液即ち糖蜜は酒精原料として使用し居る關係上、糖蜜の醱酵状態を吟味検討する上にも必要なる事柄である。

I. 清淨工程の概要

1) 石 灰 法

熟成甘蔗(蔗汁 Brix 20°)を四重 Mill にて壓搾加水(30%)したる混合粗蔗汁(Brix 14°、pH 5.3)を約 105°C に加熱し、石灰乳(Bé 5°)を添加して蔗汁中の非糖分物質を沈澱せしむ。

斯く處理された蔗汁は pH 6~7 となり石灰分を 500~600mg/L 含有す。石灰乳を添加せる蔗汁は沈澱槽に送り約 1 時間放置すれば上層が清澄するに至る。

上澄蔗汁は取り出し、槽底の沈澱蔗汁は更に 100°C に加熱し、壓濾機にて濾過し之を前記の上澄蔗汁と混合し所謂清淨蔗汁を得る。壓濾殘渣(cake)は原料甘蔗重量の約 1.5% に相當する。

清淨蔗汁(Brix 14°)は遲滯なく多重効用罐(蒸發罐)にて減壓濃縮し Brix 55° 前後の濃厚液即ち粗シラップとなす。之は石灰分を約 1500mg/L 含有し pH 7 前後である。

効用罐にて蔗汁を濃縮する状況及罐内の温度、蔗汁の濃度等は大概次の如き関係となる。

効用罐	蔗汁の濃度	温度(液温)℃
1 號罐	14°	97°~105°C
2 號 "	20°	70°~ 80°C
3 號 "	30°	60°~ 65°C
4 號 "	50~55°	50°~ 55°C

効用罐中の蒸發熱源として、1 號罐の加熱室には生蒸汽を導入し、清淨蔗汁は1 號罐中にて常壓(或は減壓)にて加熱蒸發せられつつ連續的に第2、第3、第4 號罐に移行し最後罐(第4 號罐)よりシラップとしてシラップ pump に依り結晶罐に送られる。

蒸氣は前記の如く第1 號罐の加熱室に入り第1 罐の蔗汁より蒸發せられた蒸氣は第2 號罐の加熱室に入り、第2 號罐中の蔗汁の加熱用に供せられ順次進みて最後罐の蒸氣は復水器にて復水し、不凝縮瓦斯は眞空ポンプに依り排出される。効用罐内の眞空度は2 號、3 號、4 號と漸次高く、蒸發温度は1 號、2 號、3 號、4 號罐と漸次低下し減壓、低温にて蔗糖の轉化を極度に防ぎつつ濃縮するのである。

粗シラップを結晶罐に送り、種糖(magma)を加へ減壓(水銀柱27吋)、低温(60°C)にて加熱濃縮し種糖の結晶を育成しつつ外部より絶えずシラップを補給し白下(masscuit)の濃度を Brix 93° 前後に濃縮して、蔗糖を結晶せしめ遠心分離機に依り1 番糖を分離する。殘液即ち1 番蜜は Brix 80° 前後にして尙蔗糖を約 55% 含有するを以て更に種糖を混入し前同様にして濃縮し2 番糖を分離する。殘液即ち2 番蜜は Brix 83° にして蔗糖を約 45% 含有するが之に種糖を混和し前同様にして3 番糖及び3 番蜜を得る。

3 番蜜は Brix 90° 前後で蔗糖を約 28% 含有する通稱の糖蜜である。

斯の如き操作により生産された糖蜜は石灰法糖蜜と稱し原料甘蔗の 3~5% 生産される。

2) 炭酸法の概要

熟成甘蔗(蔗汁 Brix 20°)を四重 Mill にて壓搾加水(30%)したる混合粗蔗汁(Brix 14, pH 5.3)を 55°C に加熱し第1 炭酸飽充槽に送り、蔗汁に炭酸瓦斯(30%)を吹込むと同時に石灰乳(Bé 15°)を添加して、蔗汁中に炭酸石灰を 800~900mg/L 含有せしめ蔗汁中の非糖分物質を沈澱せしめる。其際蔗汁の pH は約 10~11 となる。

次に第1 壓濾機にて濾過し其際壓濾殘渣は原料甘蔗重量の約 0.5% 生ずる。濾過清淨された蔗汁は第1 炭酸蔗汁と稱し、第2 炭酸飽充槽の A 槽に送り更に蔗汁に炭酸瓦斯(30%)を吹込み蔗汁の pH を 9~9.4 となし非糖分物質を沈澱せしめたる後、75°C~80°C に加熱し第2 炭酸飽充槽の B 槽に送り、炭酸瓦斯(30%)を吹込み pH を 8.4 となし沈澱を更に進行せしめ蔗汁中の炭酸石灰の含有量を 500~600mg/L に減少せしめる。

斯く處理された蔗汁は第2 壓濾機に送り沈澱物質を壓濾分離し、壓濾殘渣は原料甘蔗重量の約

0.1% に相當する。斯く壓濾清淨された蔗汁を清淨蔗汁と稱し pH 8.4、炭酸石灰含量は 400~500 mg/L である。

第2 炭酸蔗汁は次に亞硫酸飽和槽に送り亞硫酸瓦斯 (SO_2 10%) を蔗汁中に吹込み漂白する。蔗汁の pH を 6.8~7.2 となし蔗汁中に SO_2 を 100~200mg/L を含有せしめる。是即ち酸性稀蔗汁 (Brix 14°) である。

之を四重効用罐にて Brix 50°~55° にまで濃縮し pH を 6.6 の粗シラップとなす。之を 80°C に加熱し壓濾機にて濾過したる後 50°C に冷却して亞硫酸飽和槽に送り更に亞硫酸瓦斯 (10%) を吹込み漂白を爲し、清淨シラップを得る。之は石灰分 (CaO) 200~2400mg/L 亞硫酸 500~600 mg/L 含有し、pH は 6.2~6.5 である。

清淨シラップは結晶罐に送り石灰法にて説明せると同じ方法に依り、1~3 番糖を分離して残渣として1~3 番蜜を生産する。

斯くの如き操作に依り生産された糖蜜を炭酸法糖蜜と稱し、その生産率は原料甘蔗の 2~3% である。

3) 亞硫酸法の概要

熟成甘蔗 (蔗汁 Brix 20°) を四重 Mill にて壓搾加水 (30%) したる混合粗蔗汁 (Brix 14, pH 5.3) を 75°~80°C に加熱し石灰乳 (Bé 15°) を添加し、蔗汁中に石灰分 800~1000mg/L 含有せしめると同時に亞硫酸瓦斯 (5~12%) を吹込み蔗汁中に亞硫酸 300mg/L を含有する様に操作し蔗汁中の非糖分物質を沈澱せしめる。

斯く處理された清淨蔗汁は pH 7.2~7.4 となるが次に之を 105°C に加熱し沈澱槽に送り沈澱清澄せしめる。

沈澱部は壓濾機にて壓濾し原料甘蔗 (重量) に對し 1.5~2.5% の残渣を分離せる清淨蔗汁は前記の上澄液と合併し、Strainer を通じ夾雜物を除去する。斯く處理されたものは清淨蔗汁と稱せられ、石灰分 300~500mg/L, 亞硫酸 800~1000mg/L を含有し、pH 7.2~7.4 である。之を直に四重効用罐にて濃縮し Brix 50°~55° としたる後、中和槽に送り更に亞硫酸瓦斯 (5~12%) を吹込みシラップの着色を防ぎ漂白作用を行ふ。

斯く處理されたものを清淨シラップと稱し、石灰分を 2500~3000mg/L, 亞硫酸を 2000~2400 mg/L 含有し pH は 6.3~6.5 となる。

清淨シラップは結晶罐に送り、石灰法にて述べた方法と同一操作に依り蔗糖を結晶して遠心分離し、1~3 番糖と1~3 番蜜を生産す。此の3 番蜜を亞硫酸法糖蜜と稱し、其の生産率は石灰法糖蜜より少く、炭酸法糖蜜より多く、普通原料甘蔗の 2.5~3.5% である。

II. 各工程に依る蔗汁及シラップの成分

F 108, 及 2725 POJ の熟成甘蔗 (蔗汁 Brix 200) を壓搾し之に加水 (35%) せる混合粗蔗汁及び記前各清淨工程に依る蔗汁、シラップ等の成分 (%) は次表の様である。

	混合粗蔗汁 (Brix 14.75°)	石灰法清淨 蔗汁 (Brix 14.52°)	石灰法粗 シラップ (Brix 53.31°)	石灰法稀釋 粗シラップ (Brix 20.48°)	石灰法稀釋 粗シラップ (Brix 14.47°)	炭酸法第1 炭酸蔗汁 (Brix 14.56°)
總糖 (但 Glucose として)	12.82	12.78	51.48	18.50	12.60	12.51
蔗糖	11.47	11.42	46.29	16.67	11.32	11.02
還元糖	0.74	0.76	2.75	0.95	0.68	0.91
酸度	0.8	0.4	0	0	0	0 (微アルカリ性)
pH	5.31	6.04	6.87	7.01	7.03	9.18
灰分	0.428	0.445	0.678	0.557	0.402	0.437
窒素	0.052	0.045	0.146	0.057	0.043	0.032
磷酸 (P_2O_5)	0.010	0.006	0.008	0.002	0.001	0.008
加里 (K_2O)	0.185	0.125	0.117	0.050	0.027	0.110
石灰 (CaO)	0.052	0.055	0.082	0.038	0.026	0.148
硫酸 (SO_3)	0.087	0.081	0.075	0.032	0.016	0.084
珪酸 (SiO_2)	0.041	0.016	0.022	0.005	0.003	0.012
酸化マグネシウム	0.024	0.025	0.023	0.005	0.011	0.021
酸化ナトリウム	0.062	0.051	0.036	0.009	0.014	0.046
酸化鐵 (Fe_2O_3) + 酸化 アルミニウム (Al_2O_3)	0.015	0.003	0.005	0.001	0.002	0.001

	炭酸法第2 炭酸蔗汁 (Brix 14.42°)	炭酸法酸性 稀蔗汁 (Brix 14.41°)	炭酸法 粗シラップ (Brix 54.56°)	炭酸法稀釋 粗シラップ (Brix 20.79°)	炭酸法稀釋 粗シラップ (Brix 14.45°)	炭酸法清淨 シラップ (Brix 54.28°)
總糖 (但 Glucose として)	12.34	12.26	51.23	19.31	12.06	51.18
蔗糖	10.79	10.71	45.84	17.18	10.64	45.76
還元糖	0.98	0.98	2.98	1.23	0.86	3.01
酸度	中性	0.2	0.1	0.1	中性	0.30
pH	7.34	6.85	6.85	6.85	6.84	5.35
灰分	0.428	0.427	0.663	0.541	0.213	0.715
窒素	0.031	0.030	0.115	0.034	0.029	0.113
磷酸 (P_2O_5)	0.008	0.008	0.008	0.004	0.003	0.008
加里 (K_2O)	0.108	0.102	0.125	0.046	0.031	0.135
石灰 (CaO)	0.087	0.080	0.095	0.039	0.025	0.110
硫酸 (SO_3)	0.085	0.116	0.120	0.051	0.023	0.152
珪酸 (SiO_2)	0.013	0.085	0.015	0.006	0.004	0.014
酸化マグネシウム	0.020	0.019	0.017	0.007	0.005	0.019
酸化ナトリウム	0.045	0.044	0.028	0.012	0.009	0.025
酸化鐵 (Fe_2O_3) + 酸化 アルミニウム (Al_2O_3)	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002

	炭酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 20.61°)	炭酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 14.67°)	亞硫酸法 清淨蔗汁 (Brix 14.28°)	亞硫酸法清 淨シラップ (Brix 54.62°)	亞硫酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 20.35°)	亞硫酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 14.50°)
總糖 (但 Glucose として)	19.28	12.12	12.42	52.26	18.44	12.52
蔗糖	17.13	10.68	11.07	47.16	16.52	11.13
還元糖	1.25	0.88	0.77	2.62	1.050	0.80
酸度	0.15	0.10	中性	0.20	中性	中性
pH	5.80	5.76	7.20	6.35	7.14	7.24
灰分	0.544	0.418	0.451	0.616	0.348	0.222
窒素	0.032	0.028	0.041	0.133	0.052	0.041
磷酸 (P_2O_5)	0.004	0.003	0.005	0.007	0.032	0.018
加里 (K_2O)	0.054	0.041	0.137	0.124	0.056	0.031
石灰 (CaO)	0.044	0.034	0.124	0.143	0.061	0.044
硫酸 (SO_3)	0.061	0.046	0.133	0.177	0.077	0.048
珪酸 (SiO_2)	0.006	0.004	0.012	0.026	0.009	0.006
酸化マグネシウム	0.008	0.005	0.029	0.031	0.012	0.008
酸化ナトリウム	0.010	0.007	0.006	0.024	0.011	0.007
酸化鐵 (Fe_2O_3) + 酸化 アルミニウム (Al_2O_3)	0.001	0.001	0.021	0.013	0.005	0.002

III. 醗 酵 試 験

試験方法：

壓搾蔗汁、清澄蔗汁、シラップ等は布濾したる後（場合に依り之を稀釋し）50cc を 100cc 容の小醗酵壺に採り、綿栓を施し、100°C にて毎日30分間宛 3 日間 Koch の殺菌釜にて殺菌し、1週間の後、醗酵壺（鹽化カルシウム管を附す）内の醗酵試験液に *Sacch. formosensis* の試験管斜面培養（33°C 5 日間）を 1 白金耳宛移殖し 35°C の恒温器中にて醗酵せしめ 24 時間毎に炭酸ガス發生量を檢し、醗酵状態、醗酵完了後の生成酒精量を測定した。各實驗とも 3 個の平均をとつた。

1. 醗酵終了時間 醗酵液は 24 時間毎に充分振盪して沈澱酵母を浮遊せしめたる後秤量を行ひ、その恒量となりたる時を以て、醗酵終了せるものと見做す。
2. 醗酵開始時間 酵母移殖後醗酵液面に CO_2 瓦斯が白く雲の如く見え始めた時を以て醗酵開始と見做す。
3. 酒精生成量 醗酵終了後上澄液 50cc を採り、中和したる後常法に依り蒸溜し、溜液 50cc を取り 15°C に於て比重を測定して Gay-Lussac 表に依り酒精容量%を算出した。
4. 酸度 醗酵液 100cc を中和するに要する n-NaOH 液の cc 數を以て表はす。
5. 蔗汁の濃度 20°C に於ける換算度數を示す。
6. 水素イオン濃度 島津水素イオン測定器に依り測定した。

1) 醗酵経過 (CO₂ 発生量 g)

蔗汁別 時間	混合粗蔗汁 (Brix 14.75°)	石灰法清淨 蔗汁 (Brix 14.52°)	石灰法稀釋 粗シラップ (Brix 20.48°)	石灰法稀釋 粗シラップ (Brix 14.47°)	炭酸法第1 炭酸蔗汁 (Brix 14.56°)	炭酸法第2 炭酸蔗汁 (Brix 14.42°)	炭酸法酸性 稀蔗汁 (Brix 14.41°)
24	0.785	0.245	0.316	0.215	0	0.116	0.125
48	1.614	1.516	2.240	1.202	1.216	1.364	1.440
72	2.280	2.220	3.050	1.880	1.903	2.012	2.150
96	2.448	2.318	3.416	2.225	2.145	2.279	2.334
120	2.612	2.425	3.557	2.408	2.272	2.388	2.468
144		2.562	3.705		2.346	2.490	2.581
168			3.758		2.401	2.587	2.663
178					2.468		
醗酵開始時間	12	13	18	13	29	21	18
醗酵終了時間	120	144	168	120	178	168	168

蔗汁別 時間	炭酸法稀釋 粗シラップ (Brix 20.79°)	炭酸法稀釋 粗シラップ (Brix 14.45°)	炭酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 20.61°)	炭酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 14.67°)	亞硫酸法 清淨蔗汁 (Brix 14.28°)	亞硫酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 20.35°)	亞硫酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 14.50°)
24	0.185	0.187	0.240	0.216	0.389	0.526	0.370
48	1.970	1.128	2.187	1.240	1.770	2.487	1.752
72	2.886	1.887	2.995	2.015	2.405	3.550	2.216
96	3.125	2.012	3.220	2.282	2.512	3.922	2.490
120	3.214	2.124	3.331	2.406	2.667	4.140	2.675
144	3.320	2.285	3.464	2.483		4.284	
168	3.405		3.602	2.591			
178	3.517						
192			3.786				
醗酵開始時間	22	15	20	14	13	16	13
醗酵終了時間	178	144	192	168	120	144	120

2) 醗酵終了液(前表)の分析成績

	混合粗蔗汁 (Brix 14.75°)	石灰法清淨 蔗汁 (Brix 14.52°)	石灰法稀釋 粗シラップ (Brix 20.48°)	石灰法稀釋 粗シラップ (Brix 14.47°)	炭酸法第1 炭酸蔗汁 (Brix 14.56°)	炭酸法第2 炭酸蔗汁 (Brix 14.42°)	炭酸法酸性 稀蔗汁 (Brix 14.41°)
生成酒精量 (Vol. %)	6.62	6.54	9.00	6.31	6.00	6.08	6.15
酸度	2.8	2.8	3.2	3.4	2.9	2.7	2.8
pH	3.9	3.8	4.62	4.24	4.12	3.77	3.91
残存濃度 (Brix)	0.52	0.69	0.60	0.86	0.85	0.81	0.74
醗酵歩合%	80.14	79.46	75.63	77.80	74.07	76.50	77.84

	炭酸法稀釋 粗シラップ (Brix 20.79°)	炭酸法稀釋 粗シラップ (Brix 14.45°)	炭酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 20.61°)	炭酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 14.67°)	亞硫酸法 清淨蔗汁 (Brix 14.28°)	亞硫酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 20.35°)	亞硫酸法稀釋 清淨シラップ (Brix 14.50°)
生成酒精量 (Vol. %)	9.00	5.85	9.45	6.15	6.62	9.45	6.85
酸 度	3.5	2.5	2.60	3.3	4.3	4.8	4.5
pH	3.77	3.60	3.9	3.8	4.05	4.30	4.27
殘 存 濃 度 (Brix)	0.74	0.89	0.34	0.55	0.12	0.41	0.12
醗 酵 歩 合 %	72.40	75.30	76.27	78.74	82.50	78.70	85.00

要 旨

熟成甘蔗汁を製糖工場にて壓搾して得た混合蔗汁並びに之を製糖工程たる石灰法、炭酸法、亞硫酸法等により處理せる清淨蔗汁及び清淨シラップの成分を調査し、且つ之に對する醗酵試験を行ひ以て各清淨工程に於ける糖液成分變化に依つて醗酵狀態が如何に變化するかを知るの一助たらしめた。(詳細表記参照)

文 献

- 1) 大津嘉納 : 本誌、18、119 (昭15)
- 2) " : " 18、213 (昭15)
- 3) " : 臺灣總督府糖業試験所報告、第5號 (昭13)
- 4) " : " 第6號 (昭14)
- 5) " : " 第6號 (")
- 6) " : 本誌、18、231 (昭15)