

(三)石灰は酵母の増殖並に醗酵に必要缺くべからざるものではない様である。然し一〇〇珎中酸化石灰として〇・〇〇三瓦以上を含有する時は醗酵を著しく促進する效力がある。

(四)食鹽は酵母の増殖並に醗酵に重大なる影響はない様である。然し實地醸造に於ては相當影響ある様に思はれる。(完)

大正十五年十二月十日稿

麥芽炒燥中の化學變化に就いて

日本麥酒鑛泉株式會社技師 農學士 西村 資 治

凡て化學的研究の目的は、一の製造の工程に於いて進む凡ての物質の化學變化の真相を出来るだけ完全に説明する事でないばならない。「ビール」醸造の工程に於いて麥芽炒燥は確かに最も重要な操作の一である。なせならば「ビール」の性質に對して物理的、化學的及び生理學的に重大なる影響を及ぼす麥芽の特徴は、是に於いて決定的に造られるから。

大麥から綠麥芽に至るまでの發芽中の化學變化については、多くの研究によつて詳細に知る事が出来るが、麥芽炒燥中の化學變化については炒燥中の個々の場合の研究はあるが、それらを繼ぎ合はせてその大體を推則するに過ぎずして、未だ全炒燥中の化學變化についての統一的な研究が缺けてゐる。そこで吾々は「デビカル」の淡色麥芽と黑色麥芽とについて炒燥中の化學變化を系統的に研究する問題を始めたのである。

尙吾々は炒燥の最後の工程即ち仕上炒燥の化學變化をも研究して、その際に麥芽中に色彩と香氣とを生成するといふ「リントナー」氏の説を精確な化學的實驗によつて證明せんと試みた。

實 驗

[483]

實驗は、特に低い仕上炒燥溫度の淡色麥芽(A)と、通常の仕上炒燥溫度の淡色麥芽(B)と、黑色「ミュンヘン」麥芽(C)とでなされた。試料は獨逸國「ミュンヘン」の「二ビール」會社の製麥工場から精密に採取した。

麥芽炒燥中の化學變化に就いて

麥芽炒燥中の化學變化に就いて

二六

淡色麥芽では(I)の試料は上部炒床に麥芽が全部搬入された後に、(II)は下部炒床に搬入された後に、(III)は下部炒床に於いて炒燥温度を上げる時に、(IV)は仕上炒燥の少し前に採取された。黑色麥芽に於いては(I)と(II)との間に更に、上部炒床に於いて炒燥温度を上げる時に試料を採取してこれを(II)となした。

各試料の水分含有量は次の如くである。

試料	水分含有量(%)		
	淡色麥芽(A)	淡色麥芽(B)	黑色麥芽(C)
I	四四、九一%	四三、六二%	四五、〇四%
II	一一、七四	九、六四	二四、七四
III	五、九二	六、六〇	一〇、九〇
IV	四、二二	三、五六	五、二〇
V	—	—	一、七六

各麥芽の炒燥時間と仕上炒燥の温度は次の如くである。

麥芽	炒燥時間	仕上炒燥温度
淡色麥芽(A)	二時間	六〇R
淡色麥芽(B)	四時間	七〇R
黑色麥芽(C)	五時間	九〇—九五R

麥芽の珣重量と千粒重量は炒燥の進むに従つて如何に變化するかと云ふと、何れも乾燥物に計算して次の如くである。

試料	a、珣重量(珣單位)			b、千粒重量(瓦單位)		
	淡色麥芽(A)	淡色麥芽(B)	黑色麥芽(C)	淡色麥芽(A)	淡色麥芽(B)	黑色麥芽(C)
I	四九、八五	五〇、五〇	四九、四五	三〇、九	三二、一	三二、六
II	四九、七〇	五〇、七〇	四九、六五	三一、四	三二、〇	三二、八
III	五〇、六	五〇、八〇	四九、八五	三一、二	三二、二	三二、六
IV	五一、九五	五二、三五	五一、一五	三一、四	三二、一	三二、六
V	—	—	五二、五五	—	—	三三、〇

即ち何れの麥芽もその珣重量は炒燥の進むに従つて増加を來す。而して此の増加は仕上炒燥温度の低い淡色麥芽に於いて少なく、その高い黑色麥芽に於いて大である。千粒重量には殆んど變化がない。即ち炒燥中に殆んど物質の損失が起らない。それであるから珣重量の増加は炒燥の進むに従つて粒の容積が減少した事を示す。

特に興味のある問題は炒燥中に尙幼芽(Kein)が成長を續けるかどうかと云ふ事である。その實驗の結果は次の如くである

[485]

麥芽炒燥中の化學變化に就いて									
試料 I	試料 I	試料 I	試料 I	試料 I	試料 I	試料 I	試料 I	試料 I	試料 I
II	IV	III	II	II	II	II	II	II	II
一	二	二	二	二	二	二	二	二	二
一	一	一	一	一	一	一	一	一	一
二	二	二	二	二	二	二	二	二	二
三	四	四	四	四	四	四	四	四	四
四	三	三	三	三	三	三	三	三	三
〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇
一	五	六	五	五	五	五	五	五	五
〇	一	一	一	一	一	一	一	一	一
〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇	〇
二	二	二	二	二	二	二	二	二	二
二	二	二	二	二	二	二	二	二	二
九	〇	〇	二	一	六	二	二	二	二
二	二	二	二	二	二	三	三	三	三
四	五	四	四	四	四	四	四	四	四
二	一	〇	一	一	二	二	二	二	二
三	二	二	五	三	〇	〇	〇	〇	〇

圖 一 第

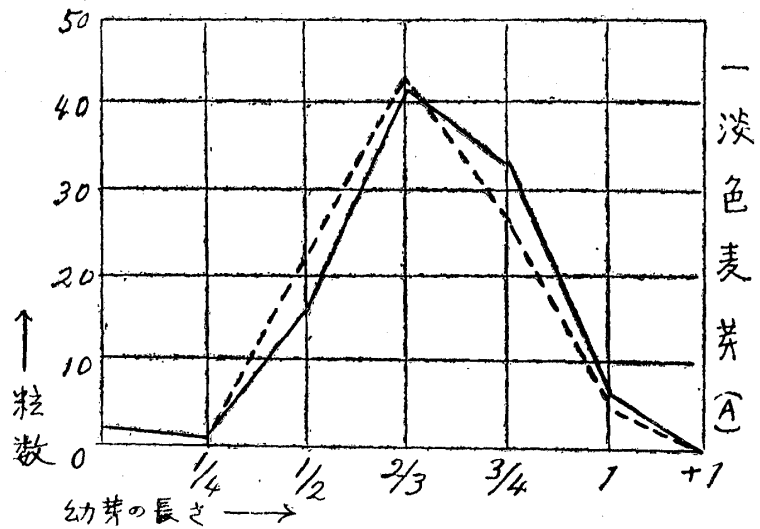


圖 二 第

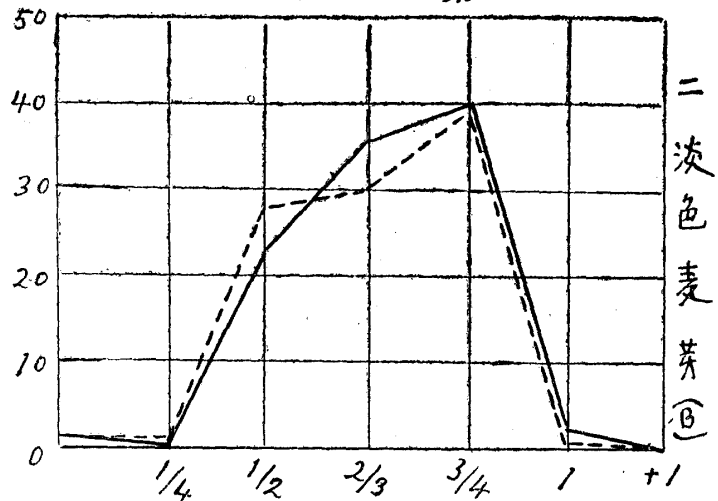
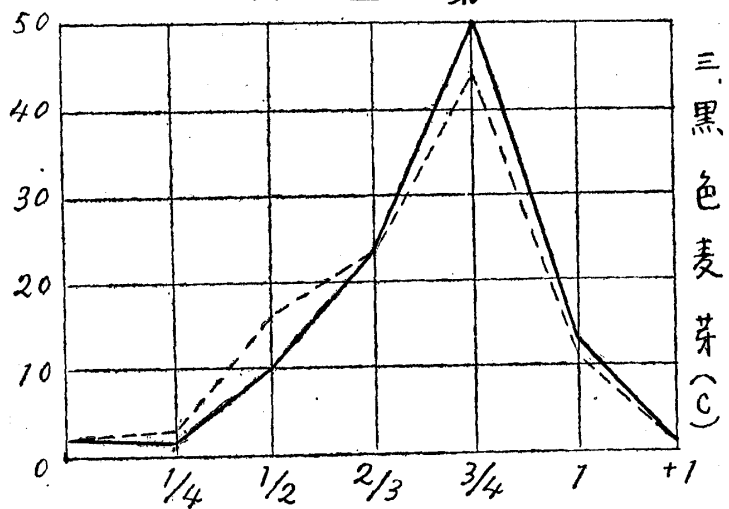


圖 三 第



I 料試
V又はIV料試 ———

今右の結果を見易くするために試料IとIV(黑色麥芽ではV)との場合を取つて圖示すれば次の如くである。

幼芽の長さ $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 等は、大麥粒の長さの四分ノ一、二分ノ一等を表したのであつて、1は大麥粒の長さと同じもの、+1又は1以上とあるのは、幼芽が大麥粒よりも長く成長したものである事を示す。

此の表によつて、まだ多くの水分が蒸發しない炒燥の始めに於いては、麥芽の幼芽が尙幾分の發育をなす事を知る。此の幼芽の成長は、淡色麥芽では第二の試料まで、即ち上部炒床から下部炒床へ搬入するまで續く。然し下部炒床では淡色麥芽に特有な、急に水分を蒸發せしめる操作によつて、成長は早く止まるが、黑色麥芽の場合には麥芽の化學變化を多くするために、比較的水分の蒸發を遅らすので幼芽の成長も亦大である。

上部炒床に於ける此の幼芽の後成長は麥芽の特性を決定する上に非常な意味のある事は明かである。なせならば幼芽の成長と粒中の化學變化とは略平行に進むから。尙此の炒燥操作によつて綠麥芽の缺點を、或る程度まで改良する事が出来る。粒中の粉狀體の狀態は次の如くである。

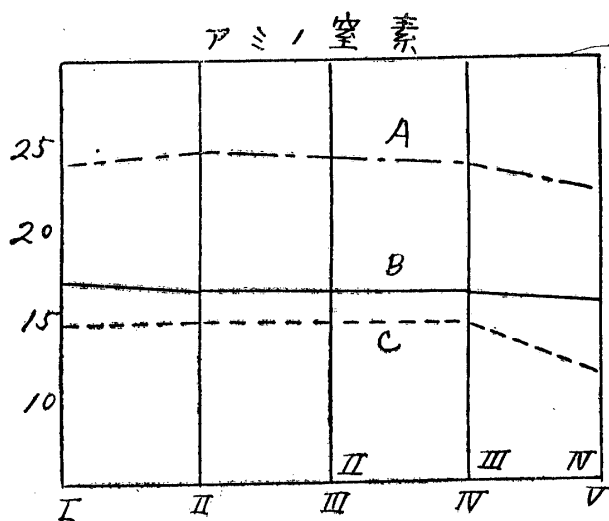
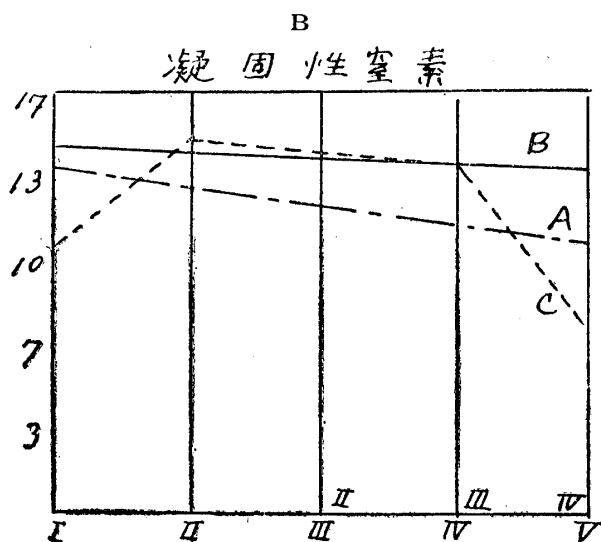
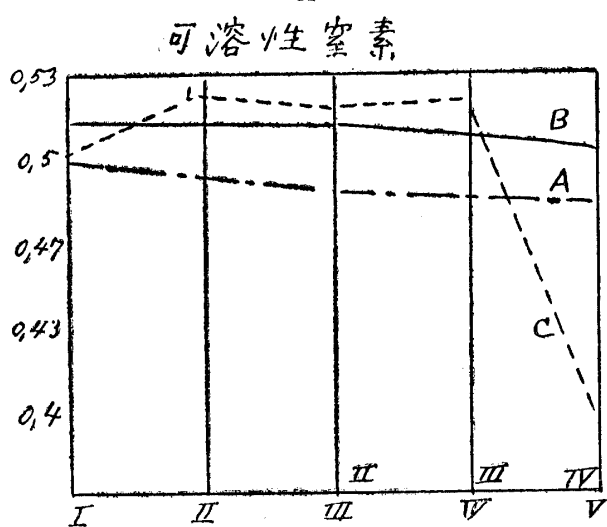
一、淡色麥芽(A)									
粉狀	全ガラ	半ガラ	固いがガラ	少し焦げ	強く焦げ				
ス狀	ス狀	ス狀	ス狀でな	たもの	たもの	試料I	試料II	試料III	試料IV
試料I	八八	七	三	二	〇	〇	〇	〇	〇
試料II	八九	六	三	二	〇	〇	〇	〇	〇
試料III	八九	六	四	一	〇	〇	〇	〇	〇
試料IV	九〇	六	三	一	〇	〇	〇	〇	〇
二、淡色麥芽(B)									
試料I	八八	七	三	二	〇	〇	〇	〇	〇
試料II	八九	六	三	二	〇	〇	〇	〇	〇
試料III	八九	六	四	一	〇	〇	〇	〇	〇
試料IV	九〇	六	三	一	〇	〇	〇	〇	〇
三、黑色麥芽(C)									
試料I	八八	七	三	二	〇	〇	〇	〇	〇
試料II	八九	六	三	二	〇	〇	〇	〇	〇
試料III	八九	六	四	一	〇	〇	〇	〇	〇
試料IV	九〇	六	三	一	〇	〇	〇	〇	〇
試料V	九五	三	二	〇	〇	〇	〇	〇	〇

即ち炒燥中「ガラス」狀のものが粉狀に變化する事は殆んどない。粉狀體の色が炒燥によつて如何に變化するかと云ふ事は、豫期した如く只黑色麥芽が炒燥の最後に於いて、黑色麥芽に特有な粉狀體の焦がしによつて一部褐色になるのみである。

扱て化學分析については先づ第一に窒素物の關係如何と云ふ事に興味がある。吾々は全窒素、可溶性窒素、凝固性窒素、「アミノ」窒素について分析した。その結果を乾燥物に計算して示すと次の如くである。

二九

圖 四 第



此の表によつて見ると、全窒素は炒燥中殆んど増減なく、その他の窒素は一時幾分増加するが炒燥の終りに再び減少する。而して此の減少の度は淡色麥芽に於いて少なく、黒色麥芽に於いて多い。

一、淡色麥芽(A)				二、淡色麥芽(B)				三、黑色麥芽(C)			
試料 I	試料 II	試料 III	試料 IV	試料 I	試料 II	試料 III	試料 IV	試料 I	試料 II	試料 III	試料 IV
全望素	一、七二五	一、七二二	一、七二二	一、七二五	一、七二二	一、七二二	一、七二二	一、七二五	一、七二二	一、七二二	一、七二二
可溶性望素	〇、四九四	〇、四八五	〇、四八五	〇、四九四	〇、四八五	〇、四八五	〇、四八五	〇、五〇六	〇、五二三	〇、五二〇	〇、五〇五
凝固性望素	〇、一三八	〇、一二四	〇、一二四	〇、一三八	〇、一二四	〇、一二四	〇、一二四	〇、一〇八	〇、一四四	〇、一四二	〇、一三四
アミノ望素	〇、二三七	〇、二四〇	〇、二四〇	〇、二三七	〇、二四〇	〇、二四〇	〇、二四〇	〇、一四八	〇、一四五	〇、一四五	〇、一五三

める機會を與へられない。尙又少ない水分含量と供なつて、仕上炒燥温度が低いので、炒燥の最後に於いても著しい變化が起らない。だから可溶性、凝固性、アミノの各窒素が只僅かに減少するに過ぎない。

これに反して黒色麥芽では、一方に幼芽の成長が著しく、他方に比較的多くの水分を長く保つために、酵素の作用が著しい。上部炒床が一旦可溶性、凝固性の窒素が増加するが仕上炒燥に於ける高い温度によつて。是等の窒素は著しく減少する(殆んど一〇%)。アミノ窒素も此の際減少するが、これは後に述べるが如く、アミノ酸が糖分と反應して他の物質を作るためである。

炒燥中に於ける酸價の變化は次の如くである。一〇〇瓦の乾燥物中に存する酸に對するn-NaOHの耗數。

淡色麥芽(A)		淡色麥芽(B)		黒色麥芽(C)	
試料 I	五、六八	七、〇六	六、六三		
" II	五、九一	七、〇七	六、六二		
" III	五、九二	七、一六	六、六五		
" IV	六、一八	七、三〇	六、九五		
" V	一	一	七、六六		

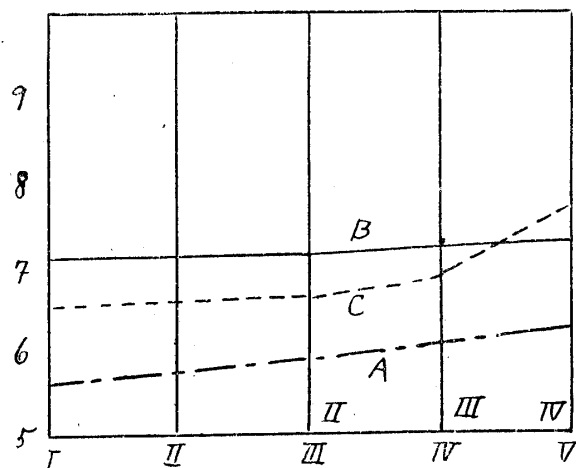
即ち炒燥中各麥芽の酸は増加するが、これは淡色麥芽に於いて少なく、黒色麥芽に於いて大である。

炭水化合物については、麥芽中に存する轉化糖及び甘蔗糖と澱粉とを定量したその結果は次の如くである。

一、淡色麥芽(A)			試料 I		
轉化糖	二、二五	甘蔗糖	三、九六	澱粉	五五、五
" II	二、二三	"	四、一六	"	五五、二
" III	二、二四	"	四、一九	"	五五、四
" IV	二、二一	"	四、二二	"	五四、七
二、淡色麥芽(B)			試料 I	二、九四	四、三〇
			" II	二、六三	四、六一
			" III	二、六二	四、七〇
			" IV	二、六二	四、八四
三、黒色麥芽(C)			試料 I	二、七七	四、六四
			" II	二、五一	五、一六
			" III	二、五一	五、一六
			" IV	二、五一	五、一六

圖 五 第

酸 價



[489]

圖 六 第

轉 化 糖

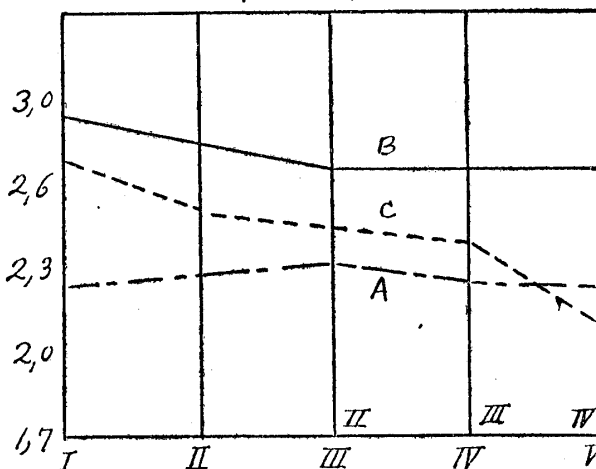
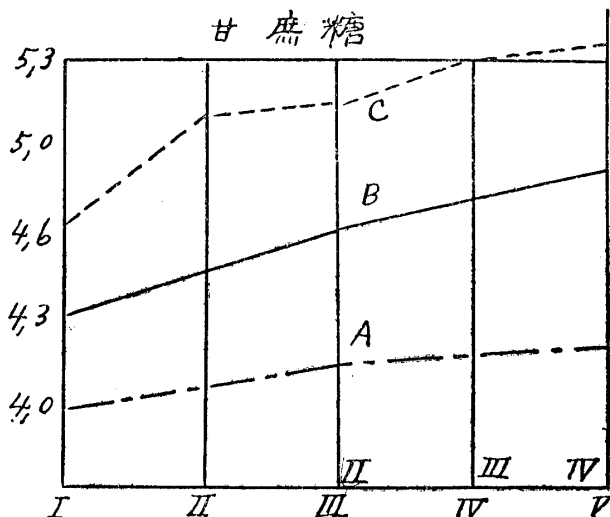


圖 七 第

甘 蔗 糖



料についてカタラーゼ、ヂアスターゼ、蛋白分解酵素及び酸生成酵素を實驗した。蛋白分解酵素との作用は、麥芽中に既に含まれてる蛋白質及び酸と、五〇度に於ける浸出によつて生じた蛋白質及び酸との差から計算した。その結果は次の如くである。

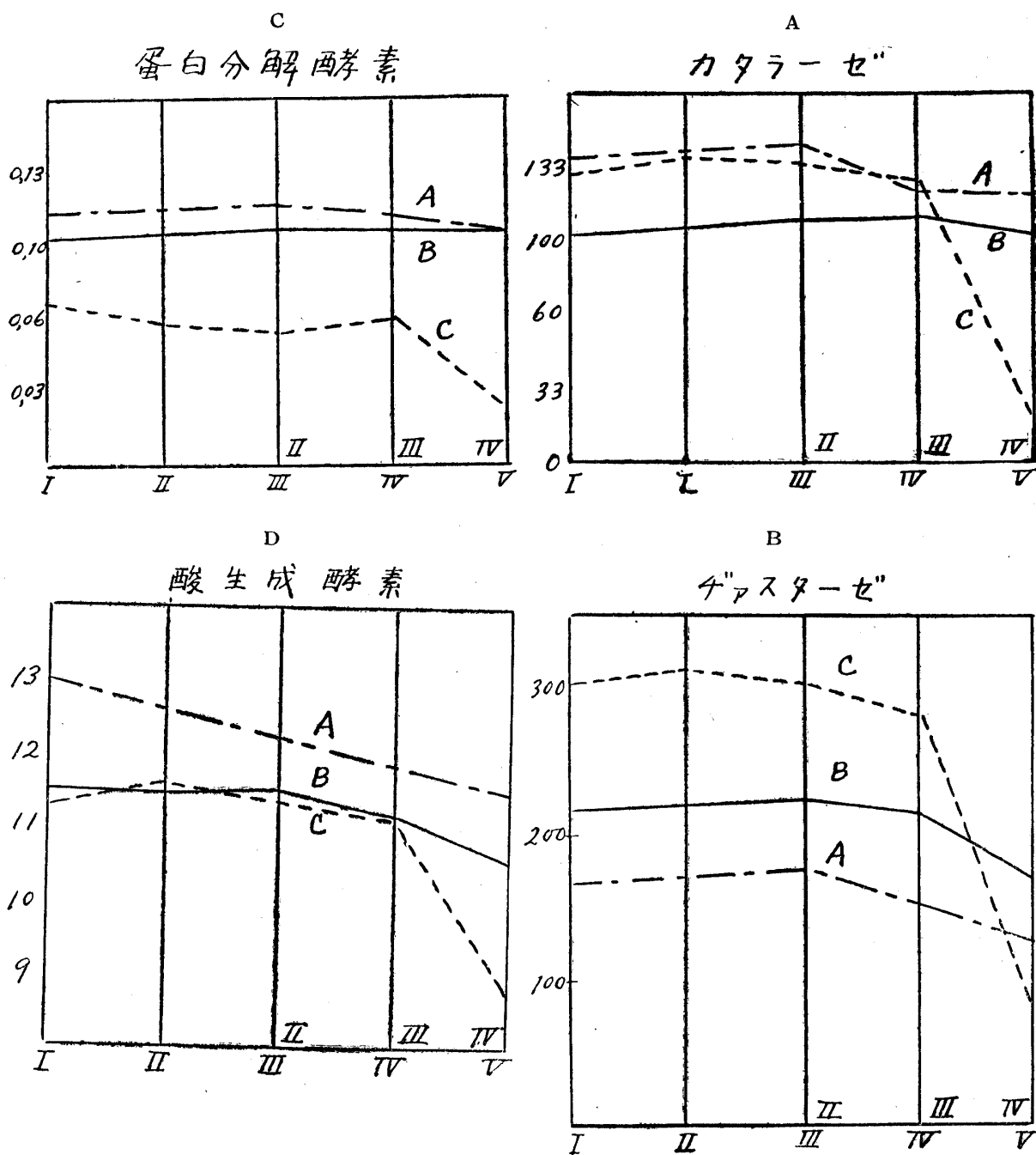
一、淡色麥芽(A)				二、淡色麥芽(B)			
試料 I	試料 II	試料 III	試料 IV	試料 I	試料 II	試料 III	試料 IV
カタラーゼ	一三五	一三七	一二〇	一二六	一三三	一四一	一四七
ヂアスターゼ	一六九、八	一七二、一	一五一、八	一二三、四	一三〇、七	一三三、四	一三六、七
蛋白分解酵素	〇、一二五	〇、一二七	〇、一二四	〇、一〇七	〇、一〇七	〇、一〇七	〇、一〇七
酸生成酵素	一三、〇〇	一二、二四	一一、八二	一一、四七	一一、四七	一一、四七	一一、四七
三、黒色麥芽(C)				四、黒色麥芽(D)			
試料 I	試料 II	試料 III	試料 IV	試料 I	試料 II	試料 III	試料 IV
カタラーゼ	一一五	一一八	一一六	一一三	一二九	一二九	一二九
ヂアスターゼ	二一八、九	二二三、八	二二八、七	二一七、四	二二五、五	二二五、五	二二五、五
蛋白分解酵素	〇、一〇四	〇、一〇七	〇、一〇七	〇、一〇七	〇、一〇七	〇、一〇七	〇、一〇七
酸生成酵素	一一、五三	一一、四二	一一、二八	一〇、五八	一一、三二	一一、三二	一一、三二

右の表から知られる如く、直接還元する轉化糖は炒燥中各麥芽に於いて減少するがその度は僅かであつて淡色麥芽で〇・二—〇・三%、黒色麥芽で〇・六%である。黒色麥芽では仕上炒燥の間に多く減少する事は前にも述べた如く、アミノ酸と糖分との反應の結果である事の明かな證である。これに反して甘蔗糖は炒燥の進むに従つて増加する。澱粉は淡色麥芽に於いて炒燥の後期に幾分減少するが、黒色麥芽に於いては殆んど變化がない。

炒燥中酵素の作用が如何に變化するかも亦甚だ興味のある問題である。吾々は各試

IV III
二、四二
二、四一
五、一八
五、三三
五五、四
五五、九
〃 V
二、一六
五、四〇
五五、八

圖 七 第



[491]

右の表から知られる如く、炒燥中カタラーゼとヂアスターゼは、上部炒床で尙幾分増加するが下部炒床で減少する。而して此の酵素作用の衰弱は、淡色麥芽に於いては只僅かであるが、黒色麥芽に於いては仕上炒燥に際して實に著しい。例へばカタラーゼの作用は約十分ノ一に減少する。蛋白分解及び酸生成酵素の衰弱も黒色麥芽に於いて著しく、淡色麥芽に於いては僅かである。

炒燥中麥芽粉(20%麥芽+100%)の冷水に溶解する物質は、どう變化するかと云ふと次の如くである。

試料 I	淡色麥芽(A)	淡色麥芽(B)	黒色麥芽(C)
III	一三一	三〇六、四	〇、〇五三
IV	一二四	二八二、九	〇、〇六〇
			一一、四六
			七、九一
			〃 V
			一一二
			七九、七
			〇、〇二七
			七、九一
II	三、六二四	三、八五七	三、七七九
III	三、六七六	三、七七九	三、八八三
IV	三、七〇二	三、八〇五	三、九八七
V	三、六五〇	三、七五四	三、七七〇
			三、六二四

即ち炒燥中淡色麥芽では殆んど増減はないが、黒色麥芽では仕上炒燥に際して幾分減少する。

以上の實驗によつて炒燥中淡色麥芽と黒色麥芽との化學變化の經過に相違のある事が知られる。此の相違は特に黒色麥芽の仕上炒燥に際して甚だしい。而して淡色麥芽ではその仕上炒燥温度が低いので色と香の生成に至らないが、これに反して黒色麥芽の高い仕上炒燥温度に於いて、アミノ酸は急に還元炭水化合物と作用して、黒色麥芽に特有の色と香を生ずる所謂メラノイヂンを作る。此の際一部のアミノ基と炭水化合物の還元基が失はれて、酸の性質を有する物質メラノイヂンを生じ、同時に此の反應によつて生じた炭酸瓦斯が逃がれる。そこで此の炭酸瓦斯を測定する事によつてその反應の實在を説明せんと欲した吾々はそれを實驗するために實驗用小炒燥器を作つた。これは底に金屬製の網を有する氣密に出来る乾燥鉢からなり、此の鉢を水又は濃厚食鹽水を有する温浴中に入れて炒燥の際の温度を加減した。鉢の下にある導管から炭酸瓦斯を去つて乾燥した熱せる蛇管を通して適當に温められた空氣を、麥芽層に送る。乾燥鉢の上には、麥芽層に達する寒暖計と麥芽を通ふた空氣を外に導く管とがある。此の空氣は更に、その中に含まれる炭酸瓦斯を定量するために、滴定バリタ水の一定量を有する二つの洗滌瓶に導かれる。一定時の後洗滌瓶を交代してその中に吸収された炭酸瓦斯の量を測定した。

二、三の豫備試驗によつて、麥芽が尙多くの水分を含む時は低い炒燥温度(三〇度—七〇度)では多量の炭酸瓦斯を生ずる事

を知る。例へば上部炒床から採取した一〇〇の麥芽を實驗用炒燥器で炒燥すると、一五時間に〇・七五瓦の炭酸瓦斯を生じたこれは代謝作用が上部炒床では尙未だ甚だ強く進んでる證據である、然しながら麥芽が乾燥されて下部炒床で炒燥温度が上昇されると、生成する炭酸瓦斯の量が次第に減少して、遂には〇の價に至る。一例として温度上昇前に下部炒床から取った淡色麥芽八〇瓦を、前述の炒燥鉢に入れて炒燥した實驗結果を示すと次の如くである。

生成炭酸瓦斯量		炒燥温度		成炭酸瓦斯量		炒燥温度	
第一時間中	一、一mg	四五—五〇°C		第四時間中	〇、〇mg	七三°C	
第二時間中	〇、八〃	五〇—六〇°C		第五時間中	〇、〇	七三°C	
第三時間中	〇、八〃	六〇—七二°C		第六時間中	〇、〇	七三°C	

此の際一時間に二〇立の割合で空氣を通した。此の實驗によつて七三度の仕上炒燥温度の淡色麥芽は仕上炒燥に於いて、炭酸瓦斯を少しも發生しない事を知る。即ちメラノイチンの生成は起らない。

此くの如くにして出來上つた麥芽の性質は淡色麥芽として、普通の淡色麥芽と比して何等の差もない。即ち、

粉狀體の狀態		化學分析	
粉 狀	八九	水分	五、六%
弱く焦げたもの	一	エキス	七二、七八%
強く焦げたもの	〇	エキス(乾燥物に計算して)	七六、九四%
固いがガラス狀でないもの	四	糖化時間	一五
半ガラス狀	五	色	〇、一七五
全ガラス狀	一		

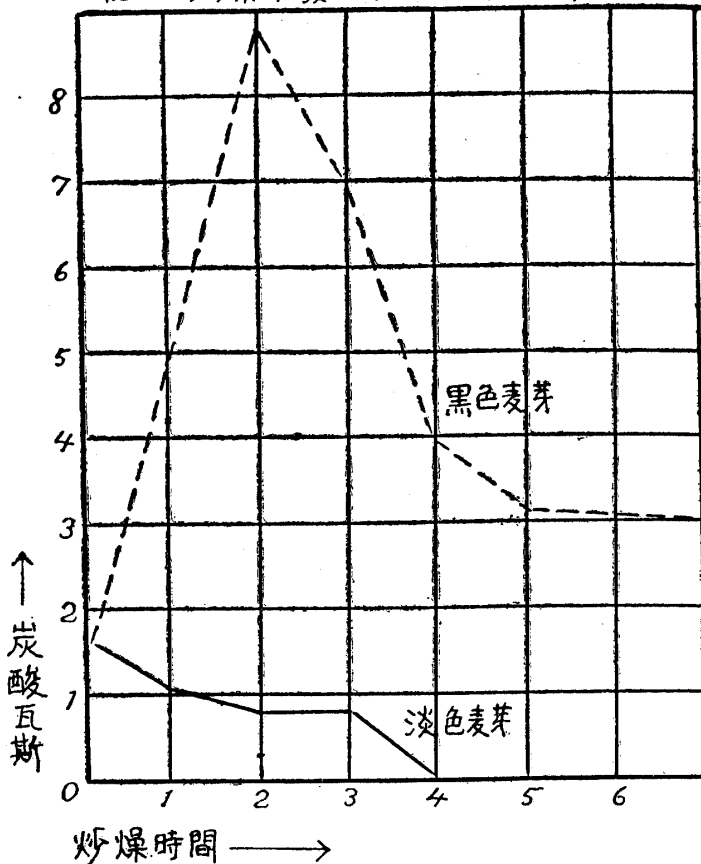
これに反して黒色麥芽に於ける實驗は全く他の結果を生じた。温度上昇前に下部炒床からとつた黒色麥芽の試料一〇〇瓦を乾燥鉢で炒燥した。こゝに於いても炭酸瓦斯の發生は一旦殆んど〇に達するが、仕上炒燥温度が一〇〇度—一〇三度に達した時に、再び炭酸瓦斯の發生を始めた。即ち次の如くである。

生成する炭酸瓦斯		炒燥温度		生成する炭酸瓦斯		炒燥温度	
始めの半時間	三、一mg	一〇〇°C		第五時間中	三、一mg	一〇三°C	
第二時間中	八、八	一〇二°C		第六時間中	三、五	一〇三°C	
第三時間中	七、〇	一〇二°C					
第四時間中	四、〇	一〇三°C		計	二九、五mg		

[493]

圖 八 第

仕上炒燥中發生する炭酸瓦斯



麦芽炒燥中の化學變化に就いて

では、只黒色麦芽に於いて、高い仕上炒燥温度で黒色麦芽特有の焦色が生ずるのみで、その他には殆んど變化がない。

此際一時間に四立の空氣を通したばかりで、淡色麦芽と黒色麦芽との仕上炒燥に於ける特徴のある區別を模倣する事が出来た。此くして出来上つた麦芽は黒色麦芽に特有の性質を有する。即ち

粉狀體の狀態
粉 狀
弱く焦げたもの
強く焦げたもの
固いがオラス狀でないもの
半オラス狀
全オラス

化學分析
水分
エキス
糖化時間
色

一五
一〇
一
二

二、八六％
七三、七八％
七六、〇〇％
二〇
〇、六五

總 括

以上の實驗によつて、麦芽炒燥中如何なる化學變化が起るか、又淡色麦芽と黒色麦芽との相違を系統的に知る事が出来た。

炒燥中千粒重量には殆んど變化がないので物質の損失は起らない。であるから炒燥の進に従つて、珣重量の増加するのは、粒容積の縮少する事を意味する。幼芽は炒燥中でも水分の蒸發甚だしくなく、炒燥温度のあまり高くない炒燥の初期に於いては幾分成長を續けるが、その度は炎色麦芽よりも黒色麦芽に於いて大である。粉狀體の狀態について

化學分析中、含窒物については、含窒素、可溶性、凝固性、アミノ各窒素、何れも炒燥中著しい變化はないが、全窒素を除いた他の各窒素は仕上炒燥に於いて幾分減少する。此の減少は黒色麥芽に於いて大である。酸價は炒燥の進むに従つて幾分増加する。炭水化合物中轉化糖は減少し、甘蔗糖は増加し、澱粉には殆んど變化がない。

酵素の作用は仕上炒燥に際して減少するが、特に黒色麥芽の高い仕上炒燥温度で著しい。麥芽の水溶性物質の量には著しい變化がない。

最後に實驗用炒燥裝置によつて黒色麥芽製造の場合の高い仕上炒燥温度で、アミノ酸と糖分とからメラノイデンと稱する物質の成生されると云ふリントナー氏の説を、實驗的に證明した。

實際麥芽製造に際して實行されてる方法は、麥芽の性質に如何なる影響を及ぼすか、科學上から明かにされたのである。即ち淡色麥芽に於いては炒燥中。早く水分を減少せしめて物質の分解作用を制限し、低い仕上温度で酵素特にジアスターゼの力を多く弱めしめないで以て、品質のよい淡色ビールを造らんとするのである。黒色麥芽に於いては、比較的多く水分を保たしめて物質の分解を促進せしめ、最後の高い仕上炒燥温度で黒色麥芽に特有な色と香を與へ、尙酵素の作用を弱めしめ以て、黒色ビールに濃厚な味と香を與へんとするのである。

右論文は Die urssenschaftliche Station für Brauerei (in München) に於つて Prof. Dr. H. Lüers と共に實驗したものである。原文は Wochenschrift für Brauerei 1925. XLII. 7. にある。