

OBSERVACIONES INDUSTRIALES.

POR EL SEÑOR DON JOSÉ MARÍA VIVAR, PROFESOR DE QUÍMICA ORGÁNICA Y FISIOLÓGICA.

(Continuación).

Habiendo tratado en general de los dos productos más nobles que naturalmente ofrecen los vegetales encargados de la elaboración de la sacarosa, necesario es descender á los pormenores, pues, sólo así podremos apreciar la importancia del artículo que nos ocupa, y veremos si sea posible entre nosotros perfeccionar con utilidad manifiesta dicha industria.

AZÚCAR CRISTALIZABLE.

Estado natural.—El azúcar cristalizable ó prismático, llamado más comunmente; azúcar de caña, y, en término químico, sacarosa ($C^{12} H^{22} O^{11}$) se forma, como es sabido, en el organismo vegetal; y, según M. Corenwinder lo ha demostrado experimentalmente, es la hoja el órgano principal para la formación del azúcar; ella es en la remolacha, como también en la mayor parte de los vegetales sacaríferos, el laboratorio de donde toman origen los hidratos de carbono, para ser distribuidos en las diversas partes del vegetal y, según todas las probabilidades, merced á los influjos físico químicos, fórmase el azúcar por la combinación del agua con la materia gomosa; de modo que se encuentra sumamente repartido en la naturaleza y, muy especialmente, en las cañas ó tallos de gran número de gramíneas como, por ejemplo: la caña dulce, el sorgo y el maíz; en algunas raíces; en varios troncos; en ciertas palmeras; y en muchísimas frutas.

El azúcar, que se produce durante la maduración de las frutas, es siempre la sacarosa; pero un fermento particular que contienen éstas y la presencia de ciertos ácidos, como tendríamos ocasión de ver, lo invierten en parte ó totalmente, de modo que dichas frutas contienen ó los dos azúcares juntos, ó solamente el invertido (mezcla de glucosa y levulosa, que ya tenemos visto en otro lugar). Se ha encontrado también la sacarosa en la miel de las abejas así como en la de una abispa denominada *Polybia apicipennis*. Según Berthelot, el maná del Sinai, procedente del *Tamarix manífera*, y el que se encuentra en la encina de agallas, producidos ambos bajo la influencia de la picadura de ciertos insectos, contienen gran cantidad de azúcar cristalizable.

Propiedades físicas y químicas.—El estudio de las propieda-

des físicas y químicas del azúcar es de grande importancia, por que algunas de ellas constituyen la base de su preparación y refinación, como hemos de ver más adelante y al ocuparnos en particular de esas operaciones.

Por la evaporación lenta de las disoluciones de azúcar, se forman grandes cristales transparentes, que caracterizan la especie que vulgarmente se llama azúcar-candi; mientras que enfriando con prontitud una disolución concentrada del mismo, se obtienen pequeños cristales areniformes. Los cristales formados por la evaporación lenta, son duros y tienen por densidad 1,606; al frotarlos en la obscuridad presentan el fenómeno de la fosforescencia; triturados largo tiempo en un mortero, pierden cierta cantidad del sabor característico; no conteniendo agua de cristalización, son inalterables al aire seco. Una disolución de azúcar calentada por algunas horas á 90° pierde poco á poco la propiedad de cristalizar, y tanto más fácilmente, cuanto más concentrada se encuentra.

El azúcar cristalizable es muy soluble en el agua, y es así que le basta la mitad próximamente de su peso en agua fría, y menor cantidad de agua caliente para su completa solución. Las disoluciones concentradas tienen una consistencia espesa, por cuya razón les llaman almibar y, en Farmacia, jarabe. El mismo azúcar es insoluble en el éter, y en el alcohol absoluto y frío, á la temperatura de la ebullición disuelve el segundo 1,25 por ciento próximamente; el alcohol acuoso lo disuelve con tanto mayor facilidad, cuanto mayor sea la cantidad de agua y más alta la temperatura á que se opera. Las soluciones acuosas de azúcar tienen un sabor francamente dulce, y desvían á la derecha el rayo de la luz polarizada; (V.P. 424) cuando son concentradas, pueden conservarse durante largo tiempo sin alterarse en vasijas apropiadas, y, además, permiten la conservación de otros objetos; los que sin su protección serían alterados, como por ejemplo los frutos carnosos.

El carbonato, sulfato, oxalato, citrato y fosfato básico de cal, son menos solubles en la disolución sacarina que en el agua pura, y tanto menos cuanto más concentrada sea la primera; el carbonato de magnesia hace excepción.

La sacarosa, así como toda otra especie química fija, aumenta la densidad del vehículo en el que se encuentra en solución y para determinar en estos casos la cantidad de azúcar que dicho líquido contiene, nos servimos ordinariamente, ó del procedimiento óptico por medio del sacarímetro, ó del peso específico: teniendo el primero por inconveniente la necesidad del aparato especial, es preferible el segundo, por que para ello basta un aerómetro con escala para el peso específico, un termómetro c. y la tabla arreglada por Gerlach, á la temperatura de 17° 5. c. la que, creyéndola necesaria, la ponemos á continuación.

Tabla de relación entre el peso específico y la cantidad por ciento.

Peso específico.	Cantidad por ciento	Peso específico.	Cantidad por ciento	Peso específico.	Cantidad por ciento
1,000.000	0	1,110.646	26	1,238.293	51
1,003.880	1	1,115.330	27	1,243.877	52
1,007.788	2	1,120.048	28	1,249.500	53
1,011.725	3	1,124.800	29	1,255.161	54
1,015.691	4	1,129.586	30	1,260.861	55
1,019.686	5	1,134.406	31	1,266.600	56
1,023.710	6	1,139.261	32	1,272.379	57
1,027.764	7	1,144.150	33	1,278.197	58
1,031.848	8	1,149.073	34	1,284.054	59
1,035.961	9	1,154.032	35	1,289.952	60
1,040.104	10	1,159.026	36	1,295.890	61
1,044.278	11	1,164.056	37	1,301.868	62
1,048.482	12	1,169.121	38	1,307.887	63
1,052.716	13	1,174.221	39	1,313.946	64
1,056.982	14	1,179.358	40	1,320.046	65
1,061.278	15	1,184.531	41	1,326.188	66
1,065.606	16	1,189.740	42	1,332.370	67
1,069.965	17	1,194.286	43	1,338.594	68
1,074.356	18	1,200.269	44	1,344.860	69
1,078.779	19	1,205.589	45	1,351.168	70
1,083.234	20	1,210.945	46	1,357.918	71
1,087.721	21	1,216.339	47	1,363.910	72
1,092.240	22	1,221.771	48	1,370.345	73
1,096.792	23	1,227.241	49	1,376.822	74
1,101.377	24	1,232.748	50	1,383.342	75
1,105.995	25				

El azúcar se funde á 160° en un líquido claro, y se solidifica por el enfriamiento, en una masa amorfa trasparente llamada vulgarmente, *azúcar de cebada* que se vuelve poco á poco opaco y cristalizado, como lo hace el anhídrido arsenioso. El azúcar seco calentado á 100° en un tubo cerrado á la lámpara, se colora al cabo de un día; en treinta días, próximamente, se vuelve líquido, espeso, y después del enfriamiento, resulta semejante al azúcar de cebada. Calentado á 153° en tubo cerrado á la lampara, el azúcar se cambia al cabo de ocho días, poco más ó menos, en una masa pardo-negra, en la cual domina el caramelo; si en las mismas condiciones, se calienta á más de 160°, se trasforma en una mezcla de *glucosa y levulosa* á expensas de una parte de la misma sacarosa, la que, descomponiéndose, cede los elementos del agua, para esa reacción, y su carbono, puesto en libertad, es el que va colorando cada vez más el producto.

Si se calienta hasta unos 250°, la descomposición es ma-

yor; parte del agua se desprende y el rezago se convierte en una sustancia parda llamada *caramelo*, y también azúcar quemado, que es una masa amorfa muy soluble en el agua, delicuescente y de sabor amargo; calentando aun más fuertemente, se descompone todo el azúcar, entra en destilación seca, produciendo sus derivados pirogenados en forma de humo con olor agradable, y quedando un residuo de carbón poroso y brillante.

La disolución sacarina, en contacto con la levadura de cerveza, y á una temperatura media de 15° á 25°, entra en fermentación, produciendo anhídrido carbónico, alcohol, glicerina, y ácidos succínico y acético. Antes de verificarse la fermentación, ya lo hemos dicho, el azúcar cristalizable se convierte en azúcar invertido ó de frutas ácidas, inversión que parece ser favorecida por la naturaleza ácida del fermento. Con efecto, todos los ácidos débiles minerales y la mayor parte de los orgánicos producen también dicha inversión, siendo más rápida ésta en caliente que en frío y por los ácidos minerales que por los orgánicos, tales como el ácido tártrico, cítrico, oxálico, málico, acético &^a, sin que deje de ser tan completa y eficaz en el primer caso como en el segundo.

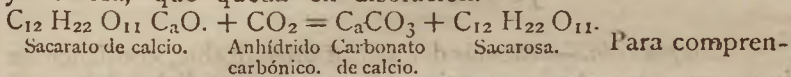
Esta descomposición del azúcar cristalizable ó sacarosa, en glucosa y levulosa, ó azúcar invertido, explica la presencia constante de estas dos últimas variedades en las frutas ácidas, siendo preciso buscar la sacarosa en las plantas, cuyo jugo tenga reacción neutral. Por esta misma reacción, se explica el hecho tan conocido, de que las frutas secas presentan en la superficie del pericarpio, muchas veces, granos blancos, (ciruelas, higos, uvas secas &^a), que no son otra cosa que glucosa, mientras que en el interior de las expresadas frutas se encontrará el azúcar invertido y reductor.

La sacarosa no reduce la solución cupro-alcalina de Fehling, como sucede con la glucosa, que produce una reducción enérgica (*) tanto más pronta cuanto mayor cantidad de álcali cáustico contenga el líquido. Esta reacción es tan segura y sensible, que se ha vuelto la base de un procedimiento de análisis para los azúcares.

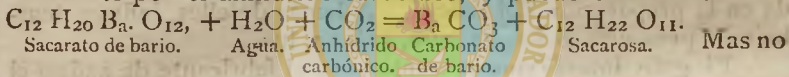
El azúcar cristalizable se combina con los álcalis, tierras alcalinas y óxidos metálicos, haciendo el papel de ácidos y formando los llamados impropriamente, *sacaratos*; de todos ellos, los de cal tienen un especialísimo interés para el fabricante de azúcar, por cuyo motivo vamos á ocuparnos de estas sales. Cuando se pone

(*) Los químicos llaman reducir, la reacción en virtud de la cual se separan los metales de sus combinaciones, ya en forma de óxidos, ó ya en la de metal puro: es así que, del licor de Fehling se precipita el óxido rojo de cobre: del óxido blanco de bismuto, el bismuto metálico en polvo de color negro: del nitrato de plata amoniacal, la plata pura y brillante; propiedad que viene prestando un servicio inmenso en la industria de los espejos, ya por la facilidad con que se puede trabajar en todo tamaño y figura de objetos de vidrio, ya también porque, con este nuevo procedimiento no se encuentran los operarios expuestos á las emanaciones tan peligrosas del mercurio.

en contacto de una disolución de azúcar cristalizable el hidróxido de calcio, ó cal hidratada: $C_a O_2 H_2$, se disuelve esta en gran cantidad, resultando un líquido claro, donde se encuentra la combinación $C_{12} H_{22} O_{11} C_a O + H_2 O$, que no es otra cosa, que el monosacarato de calcio; esta disolución se enturbia cuando se la calienta y acaba por coagularse completamente, como sucede con la albúmina, presentándose una masa con aspecto de engrudo; esta combinación es un sacarato básico de calcio $C_{12} H_{22} O_{11}, 3 C_a O$ que se disuelve de nuevo en el agua, por enfriamiento reproduciéndose el primer sacarato. Si se hace pasar una corriente de anhídrido carbónico al través de la disolución del sacarato monobásico de calcio, se forma carbonato de cal insoluble, que se precipita, y sacarosa, que queda en disolución.



der toda la importancia que, la presencia de la cal tiene en la fabricación del azúcar cristalizable, baste decir que una disolución de ésta que se haga hervir durante veinticuatro horas con una milésima de aquélla, no sufre la menor alteración, mientras que una disolución análoga, pero sin cal y tratada de igual manera, pierde casi todo su azúcar. El sacarato de bario, es también descompuesto fácilmente por el anhídrido carbónico, y puede sustituirle.



por esto digamos que, absolutamente son inofensivos los álcalis para la sacarosa; pues ya vimos en otro lugar que también son agentes de hidratación para los hidratos de carbono, y, aun cuando sobre las disoluciones de azúcar cristalizable, no despliegan su acción con la misma energía, que sobre las glucosas, lo hacen y profundamente, cuando se ponen en contacto en estado seco ó en soluciones muy concentradas.

La acción de las sales sobre la sacarosa, varía no solamente según el genero y la especie de la sal, sino también, según el estado de saturación y neutralidad de aquellas. Las sales que previenen la transformación glucósica de la sacarosa son generalmente las llamadas antisépticas; de todos modos, para que la transformación se verifique, es necesaria cierta elevación de temperatura. El agua azucarada se conserva sin alteración cuando contiene cloridos de zinc y de calcio, hasta tal punto que resiste mejor en este caso á la acción del calor que si la disolución fuera en el agua pura. Algunas sales, como el sulfato de calcio, clorido de amonio, nitrato de potasio, impiden también esta transformación, á la temperatura ordinaria; el sulfato de magnesia no la impide, pero la retarda. Si se calienta á 88° el agua azucarada, á la que se haya añadido sulfato de calcio, nitrato de potasio ó sulfato de magnesio, se forma, al cabo de algunos días, cierta cantidad de glucosa.

Si en la página 422 de este periódico, dimos la composición

procéntica de la caña de azúcar, según el Señor Popp; esa composición, por término medio, se refiere á la caña de azúcar cultivada con ciencia, y no á la que se podría llamar silvestre, en atención á nuestra actual agricultura. En la página 478 de este artículo, hemos visto que, no sólo es la caña dulce la que contiene la sacaroso, sino que muchísimos otros vegetales la suministran igualmente, y alguno de ellos en tal cantidad y condición, que se ha vuelto un nuevo ramo de industria; pero en todos ellos, ya por causas naturales ya por falta de cultivo, se encuentra mezclada con muchas otras sustancias, cuyo influjo debemos conocer en lo posible, para el fin que nos proponemos.

JUGOS SACARINOS.

Composición.—Además del azúcar cristalizabile, contienen los jugos sacarinos otras sustancias, como ya hemos dicho; tales son: materias hidro-carbonadas (féculas, dextrina, goma, glucosa); principios pécticos más oxigenados; materias grasas y sustancias resinosas, esencias más ó menos aromáticas, agradables ó desagradables; fermento y sustancias albuminóideas; ácidos y bases orgánicas; sales minerales, vegetales ó mixtas; materias colorantes, &^a. Todas estas sustancias tienen una influencia más ó menos marcada en la preparación del azúcar. Además de ellas, influye también la presencia del agua, aire, calor y luz.

El gran interés que presenta para el fabricante de azúcar el conocimiento de la influencia de estas sustancias heterogéneas sobre los jugos sacarinos, es inútil tratar de demostrarlo, por ser evidente. Será, pues, conveniente que digamos algo sobre dicha influencia y, en particular, sobre la de las sustancias que deben tomarse en consideración para la elaboración y refinación de los azúcares.

Materias hidro-carbonadas.—Los principales cuerpos hidro-carbonados que pueden encontrarse en los jugos sacarinos son la fécula, dextrina, goma y glucosa.

No debe darse grande importancia á la presencia del almidón, ó féculas en los jugos sacarinos, sino cuando se trata de extraer el azúcar cristalizabile de una materia vegetal, que contenga mucha fécula, en cuyo caso, el tratamiento ó extracción del azúcar se hará en frío, por intermedio del agua; (*) debiendo operar sobre los frutos triturados pero no pulverizados, para no arrastrar con los líquidos los pequeños granos de fécula, que no se depositan pronto; la acción de la cal y del tanino, está muy indicada (según el Señor Balaguer y Primo) para hacer desaparecer la fécula del seno de los líquidos azucarados.

(*) Es tan bueno este procedimiento de la *difusión*: que hoy en día la extracción del azúcar aun de los vegetales que le contienen todo formado y en abundancia, se verifica en aparatos especiales, cuyas ventajas manifiestas tendremos ocasión de ver en el lugar correspondiente.

La presencia de la dextrina en el jugo, aun cuando sea en pequeña cantidad, trae funestas consecuencias. Para evitarla, deben recolectarse las plantas sacaríferas en estado de madurez industrial, así como poner todos los cuidados necesarios en la recolección y preparación para evitar ciertas alteraciones que pueden dar origen á la formación de dextrina.

La materia gomosa, que se encuentra en casi todos los vegetales, presenta, bajo el punto de vista del azúcar, una influencia análoga á la de la dextrina, y los accidentes de fermentación que resultan, son poco más ó menos semejantes. Esta materia gomosa, es muy difícil de eliminar y, como la dextrina, aumenta la proporción de residuos ó melazas. Todavía no se conoce medio industrial que facilite la separación de estas materias, cuya cantidad es, por fortuna, muy pequeña relativamente.

La glucosa es también una causa de pérdida en el azúcar prismático, por el hecho mismo de que se forma á expensas de aquel, y por que impide notablemente su cristalización y el agrupamiento de los cristales ya formados. Es además una de las causas de aumento de las melazas ó residuos, y se la debe considerar como la causa más poderosa de la coloración de los productos; es ella la que directamente reacciona en presencia de los álcalis, ácidos, óxidos, sales, aire, luz, calor &c. &c.

Materias péclicas.—La pectosa, que existe en casi todas las materias vegetales, es insoluble en el agua fría; por lo tanto, los jugos no la contendrán cuando se los haya trabajado bien; en el caso de que en los jugos exprimidos haya indicios de tejido vegetal, puede haber en aquellos algo de pectosa. Por la acción de los ácidos y á cierta temperatura, la pectosa se convierte en pectina, que es soluble en el agua y de la cual es precipitable por el tanino, ó por el agua de cal, con los que forma combinaciones insolubles. Por lo tanto no hay motivos para temer la presencia de la pectosa, sobre todo, repetimos, si se trabaja bien en la fabricación ó extracción preliminar.

Materias grasas, resinas y esencias.—La presencia de las materias grasas no tiene importancia, sino cuando hubiesen sido alterados por otras causas los jugos sacarinos, porque en tal caso producen degeneraciones en la fermentación y determinan la formación de productos lácticos, butíricos, manílicos ó viscosos. De los jugos sanos pueden ser eliminados por la cal, formando compuestos insolubles, á excepción de la glicerina, que queda en libertad y pasa con los residuos, arrastrando cierta cantidad de azúcar.

Como las materias resinosas, que pueden existir en los jugos, son insolubles en el agua, su acción puede considerarse como nula, siempre que no tengan mal olor, ó algún color que pudieran comunicarles.

Si los principios, ó aceites, esenciales son de olor fétido, como sucede en la remolacha, se debe tratar de eliminarlos. Las esen-

cias, por lo demás, desaparecen en gran parte por los tratamientos ulteriores de la fabricación.

Materias nitrogenadas.—Las materias nitrogenadas, tales como la albúmina, legumina, el glúten, la fibrina, la caseína &ⁿ &ⁿ, atendida su composición, podrían dividirse en dos grandes grupos. Las primeras, más ricas en carbono y menos en nitrógeno; las segundas, menos ricas en carbono que las precedentes y más ó igualmente ricas en nitrógeno que las mismas: unas y otras, son las que más pueden perjudicar en la fabricación del azúcar; y de aquí es que todos los autores más notables protestan contra el empleo de los abonos muy nitrogenados en el cultivo de las plantas sacaríferas.

Sabida es ya, la acción destructora de los fermentos sobre el azúcar, en presencia del agua, aire y cierta temperatura; y como el fermento, siendo nitrogenado, exige para crecer y reproducirse de una manera asombrosa, la presencia de materias albuminóideas, nitrogenadas ó protéicas solubles, se comprende cuánto interés debe tener el fabricante, en destruir ó eliminar de los jugos sacarinos todas estas sustancias nitrogenadas; empleando para conseguirlo, todos los medios físicos y químicos que la ciencia le suministra. La acción del fermento se puede paralizar por medio del calor; se le destruye por los ácidos y por los álcalis, y se precipita por el tanino y por la cal.

Las materias albuminóideas pueden dividirse en dos grupos con relación al tratamiento de los jugos sacarinos, según que sean solubles ó insolubles. La albúmina es soluble, pero se coagula por el calor y pasa en parte al estado insoluble; la legumina es muy soluble y no coagulable; el glúten, la fibrina y la mayor parte de las otras sustancias nitrogenadas, son relativamente insolubles; así, pues, parece á primera vista que, á excepción de la legumina, los principios albuminóideos son fáciles de eliminar. Sin embargo, nada más difícil que esto. Las materias nitrogenadas insolubles se disuelven en caliente, por la sola acción del agua, y aun más con el concurso de ciertos hidratos de carbono; pudiendo pasar todas al estado de gelatina en más ó menos tiempo, y pudiendo ser activada esta transformación, aun en frío, por los ácidos y también por los álcalis. Por muy bien que se trabaje en la fábrica no se conseguirá eliminar completamente estas materias y á ellas se deben las espumas persistentes que dificultan la cocción y concentración de los jarabes.

Ácidos vegetales.—Aparte de lo que ya dijimos al hablar de las propiedades del azúcar cristalizable, debemos decir algo en particular de algunos ácidos vegetales. El ácido acético que no tiene una acción directa sobre el azúcar del jugo, favorece la fermentación manítica ó viscosa. El ácido láctico, como disuelve las materias protéicas, aun después de precipitadas por el tanino, es un obstáculo para que los jugos alterados puedan dar toda la cantidad de azúcar que darían sin su presencia. Los ácidos cítrico, málico, tártrico, y otros, invierten el azúcar como ya sabemos.

Bases vegetales.—Las bases vegetales contenidas en la caña de azúcar, no son conocidas; en la remolacha se ha encontrado un alcaloíde llamado *betaina*, muy soluble en el agua y precipitable por el tanino.

Materias minerales.—La acción de las bases minerales en los jugos sacarinos, lo mismo que la de algunas bases y sales, la conocemos ya por haberla explicado al hablar de las propiedades del azúcar prismático; sin embargo, como en nuestros terrenos abundan las sales de potasio, y en los de la costa, las correspondientes de sodio; preciso es saber que los principios azucarados contraen combinaciones múltiples, toda vez que se encuentran en esfera de acción con las ya referidas sales alcalinas, dando productos solubles y hasta delicuecentes.

Materias extractivas.—Estas materias, sobre ser muy poco conocidas para que se puedan deducir consecuencias aplicables, es indudable que son muy alterables, y que presentando ninguna, ó muy poca, influencia en el jugo sacarino, pasarán á formar el reza-go. Las materias colorantes son en su mayor parte eliminadas.

Aire, luz y calor.—La luz y el calor ejercen también cierta acción sobre el jugo en determinadas circunstancias. Del calor ya hemos dicho bastante al tratar de la sacarosa, y aun podemos repetir, que, su influencia sobre los jugos extractivos es más pronunciada.

En cuanto á la luz, se ha observado, que el jugo de remolacha, después de pocos momentos de su extracción, va tomando color cada vez más intenso hasta ponerse negro; (*) y si no llega á tanto, pero si en parte, todo jugo sacarino sufre alteración manifiesta, cuando no se lo priva de la luz. El influjo del aire, no hay para que ponerlo en duda, y para comprobar, basta el experimento siguiente; tómense dos botellas llenas de un mismo jugo; la una, tapada con algodón, colóquese en una vasija con agua y hágase hervir por 30 minutos y déjese en reposo, se observará que el jugo de ésta, no experimenta ningún fenómeno durante muchos días; mientras que el de la que no ha sido calentada y que, por consiguiente, está en contacto con el aire, manifiesta rápidamente su alteración, y esto, tanto más pronto cuánto más húmedo sea el aire que la rodea.

(Continuará).

(*) Antes de hoy nos habría parecido fuera de propósito el ocuparnos del cultivo de la *Remolacha*; mientras en la provincia de Imbabura sus inmensos valles nos proporcionaba con toda seguridad la caña de azúcar, para la elaboración de todo lo que se podía consumir en el país. Mas hoy que por desgracia la plaga de *Langostas* se multiplica cada año, y que por consiguiente, no tiene seguridad el Agrónomo en su cosecha; nos parece llegado el tiempo de hacer ensayos con algún estudio, acerca del cultivo de la *Remolacha*; teniendo en cuenta que, cuanto más pronto se comience, menos sentiríamos la invasión de la *Langosta* sobre la caña de azúcar.