

Laboratorio de Fisiología Animal de la Facultad de Ciencias
Universidad de Barcelona.
Prof. F. Ponz

La absorción de azúcares en función del pH intestinal

por Francisco Ponz y Jesús Larralde*

(Recibido para publicar, el día 30 de noviembre de 1950)

En un trabajo previo (4) hemos demostrado, mediante el método de Sols y Ponz, que la absorción de soluciones de glucosa al 5,4 % por el intestino de rata, no se modifica por la adición de fosfatos en mezclas amortiguadoras a pH 7. Este resultado era contrario a los de Magee y Reid (7), y Wildbrandt y Laszt (13), que afirmaban una fuerte aceleración por los fosfatos no comprobada por Cajori y Karr (1) y Westenbrink (12) con otras técnicas y diferentes animales. Laszt (5) había explicado la supuesta aceleración por los fosfatos como efecto de la acción amortiguadora a pH 7, y no del ión fosfato; y efectivamente puso de manifiesto que se presentaban grandes diferencias en la absorción de glucosa según el pH de la mezcla amortiguadora en la que el azúcar se disolvía, se tratara o no de buffer fosfatos; la xilosa, en cambio, no era afectada por el pH. Su interpretación era la de que al amortiguar a pH 7 se favorecía un proceso enzimático, que tendría lugar en el epitelio intestinal con óptimo a ese pH, imprescindible para la selectividad de absorción y que no se daría con los azúcares no selectivos.

Al no encontrar nosotros aceleración de la absorción por los fosfatos, se hizo necesario aclarar si el pH tenía realmente tanta influencia o si la amortiguación experimental a pH 7 era superflua por conservarse el pH de la solución de azúcar en la neutralidad y por lo tanto ya en el pH óptimo. Por otra parte, Gellhorn y

* Con una Beca del Patronato «Juan de la Cierva».

Moldavsky (2) investigaron simultáneamente a Laszt el mismo problema de la influencia del pH sobre la absorción de azúcares por su método de doble perfusión, obteniendo resultados completamente opuestos a los de Laszt ya que encuentran un mínimo de absorción a pH 7 y notables aumentos con muy pequeñas desviaciones hacia el lado ácido o alcalino.

Nuestras experiencias han ido encaminadas a ver la capacidad del intestino para neutralizar la acidez o alcalinidad de soluciones de glucosa amortiguadas a diferentes pH, introducidas en el asa; y a revisar el problema de las relaciones entre el pH del contenido intestinal y la absorción selectiva.

Métodos

Las experiencias se han hecho en ratas blancas de 100 a 180 gr. de peso. La absorción intestinal en asas «in situ» se ha investigado por el método de absorciones sucesivas de Sols y Ponz (9) con presión de repleción de 12 cm. de agua y asas de 15 a 30 cm. El tiempo de absorción adoptado ha sido de 30 minutos para la glucosa y 45 minutos para la xilosa. La glucosa se utilizaba al 5,4 % y la xilosa al 4,5 %, ambas disueltas en las soluciones amortiguadoras. Se ha mantenido la temperatura de los animales de modo que no hubiese oscilaciones superiores a 0,3° C.

Las soluciones amortiguadoras que se han empleado han sido: mezcla de ácido cítrico-fosfato disódico (McIlvaine) para pH comprendidos entre 2,2 y 8; mezcla de fosfato disódico-fosfato monopotásico (Sørensen) para pH de 5,5 a 8; mezcla de ácido bórico-tetraborato sódico (Palitzsch) para pH 7 a 9 y carbonato-bicarbonato sódico para pH 10.

El pH se controlaba electrométricamente, después de disolver en las soluciones amortiguadoras el monosacárido a la concentración deseada.

La determinación de azúcares se hizo por el método colorimétrico de Sols (10), modificación del de Folín y Wu, con reactivo de cobre según Somogy, adaptado a nuestras condiciones de trabajo. Según se comprobó, la presencia de sustancias amortiguadoras no modifica la determinación de azúcares.

Se ha utilizado d-glucosa, y d-xilosa. El azúcar absorbido se expresa en micromoles por centímetro de longitud fisiológica de intestino. Como aconsejan Vidal-Sivilla, Sols y Ponz (11) para conseguir mayor constancia en la medida del asa, se practica ésta después de colgar una pinza de Kocher (25 gr.) de uno de sus extremos, con lo que, según nuestra experiencia, se provoca una

distensión a la que corresponde un coeficiente de aumento de longitud de aproximadamente 1,6; por lo que el valor obtenido lo multiplicamos por 0,6 para referir la absorción a longitud fisiológica de intestino.

Resultados

1 — PODER AMORTIGUADOR DE LA MUCOSA INTESTINAL

En ratas operadas como se indica en el método de Sols y Ponz, se introduce en el asa intestinal la disolución de glucosa a diferentes pH condicionados por las distintas soluciones amortigua-

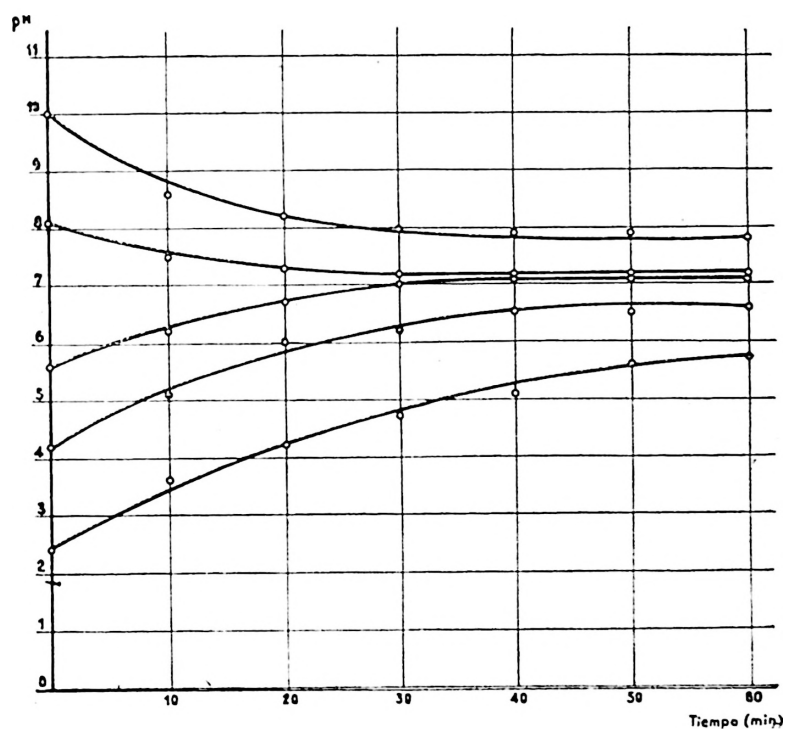


Fig. 1

Neutralización de soluciones amortiguadoras de diferentes pH introducidas en asas de yeyuno de rata, en función del tiempo de permanencia. Cada curva representa la media de los valores obtenidos con tres animales.

doras. Para saber la variación de pH en función del tiempo de permanencia en el asa, se tomaban muestras de aproximadamente 0,03 c. c. por medio de un fino capilar que se introducía a través

de la pared del intestino. La determinación de pH se hacía en estos casos con papel indicador «Johnson & Sons» y «Vira» con escalas de 0,2 en 0,2 unidades. Las muestras se obtenían a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos de quedar la solución en el asa. Los resultados de las experiencias se resumen en la figura 1, en la que cada curva representa la media de los valores obtenidos en tres animales. A tales medias corresponden desviaciones individuales máximas de 0,15 de pH.

Con las soluciones de glucosa amortiguadas a un pH inicial de 2,4 (tampón ácido cítrico-fosfato disódico 0,1-0,2 M), se observa que el pH en el líquido intestinal va elevándose con el tiempo, alcanzando a la media hora un valor de 4,7 aproximadamente; la capacidad de neutralización no parece sin embargo suficiente para conseguir llevar la solución introducida en el asa hasta pH 7, ni al cabo de 60 minutos. Los animales tratados de esta forma presentan intensa motilidad intestinal, claramente apreciable por el amplio desplazamiento del nivel superior del líquido en la tubuladura de entrada y un aumento de tono que hace disminuir el volumen de solución contenida en el asa. Al final de la experiencia los líquidos residuales se muestran con abundante contenido mucinoso.

Las experiencias con soluciones amortiguadoras a pH 4,2 ponen también de manifiesto la tendencia que tiene el intestino de llevarlas hasta pH neutro. Al cabo de 30 minutos ya se alcanza el pH 6,2 y en adelante sólo aumenta muy lentamente el pH para llegar al cabo de una hora a pH 6,6. Los efectos sobre la motilidad intestinal, son también apreciables aunque se manifiesten con menor intensidad.

Un comportamiento semejante se encuentra partiendo de un pH inicial de 5,6; a los 30 minutos ya se ha alcanzado el pH 7,0 que queda prácticamente inmodificado en los 30 minutos siguientes.

El intestino presenta también capacidad de neutralización de las soluciones amortiguadas a pH alcalino. Con tampón de fosfatos (M/15) a pH 8,1, las soluciones de glucosa introducidas en el asa se van neutralizando de modo que a los treinta minutos se ha conseguido llevarlos a pH 7,2 que se conserva ya en lo sucesivo. Otras experiencias verificadas con soluciones de glucosa amortiguadas a pH 10 con tampón carbonato-bicarbonato M/10, revelan que también en este caso se tiende a neutralizar las soluciones; a los treinta minutos el pH es ya de 8,0 y a los 60 se ha hecho de 7,8.

Por último, se han hecho experiencias en las que se introducía en el asa glucosa al 5,4 % en agua bidestilada, comprobando que el pH 7 no se modificaba apreciablemente en los 60 minutos de absorción.

2 — LA ABSORCIÓN DE AZÚCARÉS EN FUNCIÓN DEL pH

En cada animal se practicaban por lo general tres pruebas sucesivas de absorción en el mismo tramo de intestino, con soluciones de azúcares preparadas disolviéndolos en las mezclas amortiguadoras correspondientes.

Las absorciones a pH 7 solían hacerse en la primera prueba de cada animal para conocer su valor normal de absorción, dado que las soluciones ácidas o alcalinas podrían alterar el estado funcional de las células de la mucosa, influyendo en la ulterior capacidad absorbente del intestino. Con el mismo criterio se ha ordenado la sucesión de las pruebas de modo que las más alejadas de la neutralidad fuesen las últimas. Como es sabido (8), la absorción de un mismo azúcar en igualdad de condiciones experimentales se mantiene constante a lo largo de pruebas sucesivas durante un período total de unas 2 y 1/2 a 3 horas cuando menos. En la tabla I aparece esta constancia en las absorciones sucesivas a pH 7 con los dos primeros animales. Las desviaciones que se presentan al variar aquellas condiciones han de atribuirse al efecto provocado por los nuevos factores introducidos.

a) *Absorción de glucosa*

Los resultados obtenidos se reúnen en las tablas I, II y III, en las que se indican los sistemas amortiguadores utilizados y los pH iniciales de las soluciones en cada prueba de absorción. El azúcar absorbido se expresa en micromoles por cm. de intestino.

TABLA I

Absorción intestinal de glucosa al 5,4 % en presencia de soluciones amortiguadoras de ácido cítrico-fosfato sódico a pH comprendidos entre 2,4 y 7. Tiempo de absorción, 30 minutos.

Peso	Long. intest.	Prueba	pH	Absorción real μ M/cm	Absorción referida μ M/cm
134	21	1. ^a	7	38,3	—
		2. ^a	7	41,5	—
		3. ^a	7	37,2	—
153	17	1. ^a	7	48,1	—
		2. ^a	7	45,7	—
		3. ^a	7	48,8	—
170	25,2	1. ^a	7	47,2	43
		2. ^a	4,3	26,0	23,7
		3. ^a	2,4	10,5	9,6
170	15	1. ^a	7	44,3	43
		2. ^a	4,3	41,5	40,3
		3. ^a	2,4	26,0	25,2
142	25	1. ^a	7	38,3	43
		2. ^a	4,3	23,8	26,6
		3. ^a	2,4	12,3	13,8
162	22	1. ^a	7	43,1	43
		2. ^a	4,3	25,2	25,1
		3. ^a	2,4	14,5	14,5
153	23	1. ^a	7	41	43
		2. ^a	3,5	17,9	18,7
		3. ^a	5,5	23,4	24,3
110	25	1. ^a	7	36,9	43
		2. ^a	3,5	14,7	17,2
		3. ^a	7	27,6	32
		4. ^a	5,5	23,2	26,3
135	19	1. ^a	7	39	43
		2. ^a	5,5	33,2	36,6
		3. ^a	3,5	22,7	25
147	16	1. ^a	7	48,2	43
		2. ^a	5,5	41,6	36,9
		3. ^a	3,5	24,2	21,6

TABLA II

Absorción intestinal de glucosa al 5.4 % en presencia de soluciones amortiguadoras de fosfato disódico-fosfato monopotásico a pH comprendidos entre 5,5 y 8. Tiempo de absorción, 30 minutos.

Peso	Long. intest.	Prueba	pH	Absorción real μ M/cm	Absorción referida μ M/cm
122	25	1. ^a	7	41,7	43
		2. ^a	6,4	44	45,3
		3. ^a	5,5	39,1	40,2
		4. ^a	7	41,5	43
102	30	1. ^a	7	22,6	43
		2. ^a	6,4	21,1	40
		3. ^a	6	19,4	36,9
100	21	1. ^a	7	42	43
		2. ^a	6,4	44	45
		3. ^a	6	35	35,8
131	24	1. ^a	7	38,1	43
		2. ^a	6,4	35,1	39,6
		3. ^a	6	34,3	38,6
105	26	1. ^a	7	50	43
		2. ^a	6	40,8	35
		3. ^a	7	40,2	34,5
		4. ^a	6,4	44	37,8
180	17	1. ^a	7	41,8	43
		2. ^a	6	39,8	40,8
		3. ^a	7	44,6	45,7
119	19	1. ^a	7	39,7	43
		2. ^a	6,4	36,5	39,3
		3. ^a	6	32,1	34,7
130	11	1. ^a	7	31,4	43
		2. ^a	6,4	29,3	40,1
		3. ^a	6	25,2	34,5
185	20	1. ^a	7	40,5	43
		2. ^a	6	32,7	34,6
		3. ^a	7	34,2	36,3
		4. ^a	6,4	32,8	34,8
121	26,5	1. ^a	6	28	
		2. ^a	6,6	30,7	
		3. ^a	7,5	31,8	

Peso	Long. intest.	Prueba	pH	Absorción real μ M/cm	Absorción referida μ M/cm
117	14,5	1. ^a	6	36	
		2. ^a	6,6	37,7	
		3. ^a	7,5	37,7	
175	27	1. ^a	7	55,1	43
		2. ^a	7,5	47,2	36,8
		3. ^a	8	41,9	32,7
178	22	1. ^a	7	44,7	43
		2. ^a	7,5	43	41,4
		3. ^a	8	40	38,5

TABLA III

Absorción intestinal de glucosa al 5,4 % en presencia de soluciones amortiguadoras de ácido bórico-tetraborato sódico (7 a 9) y carbonato-bicarbonato sódico (pH 10). Tiempo de absorción, 30 minutos.

Peso	Long. intest.	Prueba	pH	Absorción real μ M/cm	Absorción referida μ M/cm
165	15	1. ^a	7	65,1	43
		2. ^a	8	36	23,7
		3. ^a	9	20	13,4
		4. ^a	7	54	35,6
155	18	1. ^a	7	59,1	43
		2. ^a	8	51,2	37,5
		3. ^a	9	32	23,2
		4. ^a	7	51,2	35,6
120	14,5	1. ^a	7	45,6	43
		2. ^a	8	31,6	29,7
		3. ^a	9	27,5	25,9
114	15	1. ^a	7	54,3	43
		2. ^a	8	43	34
		3. ^a	9	33,7	27,5
127	11	1. ^a	7	50,4	43
		2. ^a	10	22,2	19,1
		3. ^a	7	53,3	45,4
141	18	1. ^a	7	46,5	43
		2. ^a	10	21,3	19,6
164	22	1. ^a	7	43	43
		2. ^a	10	16,3	16,3

Las experiencias con sucesión de absorciones a pH 7; 4,3 y 2,4 manifiestan con claridad el marcado descenso de la absorción al ir aumentando la acidez. A pH 2,4 se absorbe por término medio un tercio nada más de lo que a pH 7.

En las series a pH 7, 5,5 y 3,5 se aprecia asimismo el descenso de absorción correlativo al aumento de acidez. Menos claros son los resultados comparando entre sí absorciones a pH comprendidos entre 6 y 7,5; aunque a pH 6 es constante un descenso de absorción respecto del pH 7 su cuantía es muy variable: en general es de un 10 a un 25 %, pero a veces apenas se revela. Diferencias entre 6,4, 7 y 7,5 no son estadísticamente valorables.

Por el contrario la absorción de glucosa vuelve a reducirse con el aumento de la alcalinidad del medio. Bien claro aparece en las series a pH 7, 8 y 9 y en las absorciones comparativas a pH 7 y 10.

Podemos concluir que la absorción de glucosa se ve afectada profundamente por el pH, con un óptimo difícil de delimitar en la zona de pH 6,5 a 7,5 e inhibición progresiva de la velocidad de absorción al apartarse hacia medios más o menos ácidos o alcalinos.

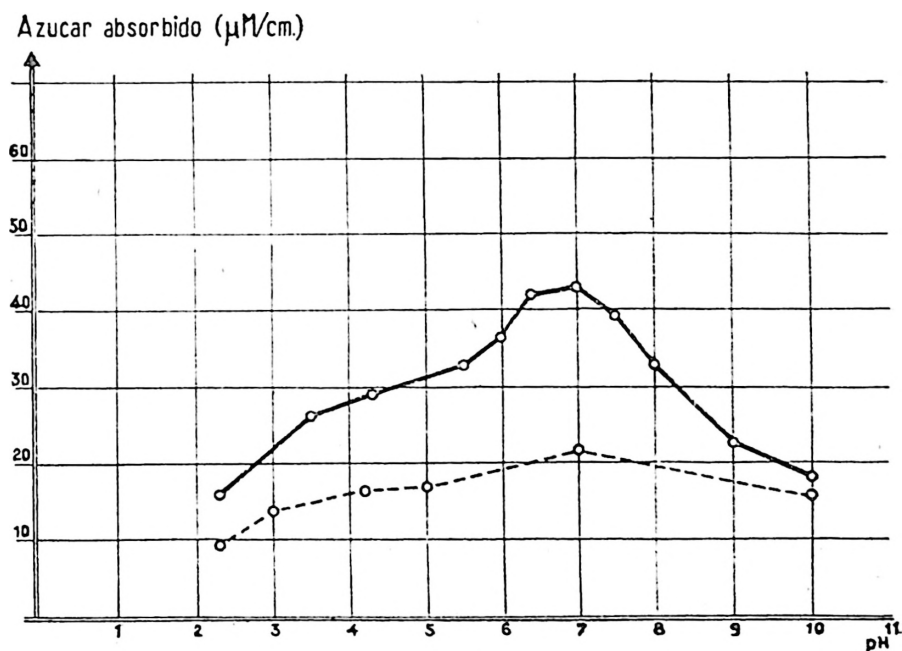


Fig. 2

Influencia del pH sobre la absorción de d-glucosa (5,4 %) y d-xilosa (4,5 %) para el intestino de rata. Tiempo de absorción de glucosa, 30 minutos; de xilosa, 45 minutos. Valores medios obtenidos con los datos de las tablas I a IV. d-glucosa —; d-xilosa

Esto hemos querido reflejar en la Fig. 2 que se ha obtenido como sigue: la media aritmética de todas las absorciones de glucosa a pH 7 según nuestros protocolos es de 43,3 micromoles por centímetro. Se han transformado los resultados de las experiencias admitiendo que en todas las ratas la absorción a pH 7 fuera de 43 μ M cm y se han calculado proporcionalmente los valores de absorción a los otros pH. En la última columna de las tablas se incluyen estos valores referidos a la absorción a pH 7. Con las medidas aritméticas de estos últimos datos para cada pH se ha dibujado la curva aproximada de absorción en función del pH. Mientras fuera de la zona de pH 6,4-7,5 las diferencias son plenamente significativas, ya hemos dicho que dentro de ella no puede apreciarse un punto óptimo, si bien en la gráfica aparece ser el 7.

En algunos animales hemos practicado inmediatamente después de las pruebas, otra absorción a pH 7 para saber si el efecto de las soluciones ácidas o alcalinas era pasajero o afectaba durante algún tiempo al menos, la capacidad absorbente del intestino. En casi todos los casos se ha comprobado que mejoraba la absorción respecto de la más ácida o más alcalina investigada en la serie, pero sólo muy rara vez se recuperaba totalmente la absorción y ello cuando no se habían ensayado soluciones muy alejadas de la neutralidad.

b) — Absorción de xilosa

Ensayamos la d-xilosa al 4,5 % en soluciones amortiguadoras a diferentes pH. En unos animales se ha ensayado la serie: 7, 4,2 y 2,3; en otros la de 7, 5,3 y 3,4 y en algunos se ha comparado 7 y 10. La tabla IV incluye los resultados obtenidos en experiencias de absorción de 45 minutos, para que fuera mayor la cantidad de azúcar absorbida. Se ha empleado siempre amortiguador citrato-fosfato excepto para pH 10 que se utilizó el de bicarbonato-carbonato. La gráfica de absorción de xilosa a diferentes pH de la fig. 2 se obtuvo del mismo modo que para la glucosa.

En los ensayos a pH ácido, la d-xilosa se absorbe en menor proporción que a pH 7 y los descensos son más intensos cuanto más ácido es el medio. El tono intestinal aumenta considerablemente durante las absorciones de xilosa a cualquier pH, lo que se pone bien de manifiesto por la elevación del nivel del líquido por encima de la llave del embudo de entrada.

TABLA IV

Absorción intestinal de xilosa al 4,5 % en presencia de soluciones amortiguadoras de ácido cítrico-fosfato disódico (2'3 a 7) y carbonato-bicarbonato (10). Tiempo de absorción, 45 minutos.

Peso	Long. intest.	Prueba	pH	Absorción real μ M/cm	Absorción referida μ M/cm
150	23	1. ^a	7	23	22
		2. ^a	4,2	18	17
		3. ^a	2,3	12	11,5
126	27	1. ^a	7	19	22
		2. ^a	4,2	15	17,3
		3. ^a	2,3	18	9,2
135	26	1. ^a	7	21	22
		2. ^a	4,2	16	16,7
		3. ^a	2,3	9	9,4
129	20	1. ^a	7	26	22
		2. ^a	4,2	18	15,2
		3. ^a	2,3	8	7,5
145	33	1. ^a	7	24	22
		2. ^a	5	20	18,3
		3. ^a	3	17	15,6
135	21	1. ^a	7	22	22
		2. ^a	5	15	15
		3. ^a	3	12	12
178	30	1. ^a	7	19	22
		2. ^a	5	16	18,5
		3. ^a	3	14	16,2
135	27	1. ^a	7	25	22
		2. ^a	5	18	15,8
		3. ^a	3	13	11,4
147	29	1. ^a	7	19	22
		2. ^a	10	14	16,2
163	25	1. ^a	7	24	22
		2. ^a	10	16	14,6
128	23	1. ^a	7	20	22
		2. ^a	10	15	16,2

Discusión

Los resultados obtenidos revelan que la mucosa intestinal ejerce una poderosa acción amortiguadora respecto del pH del líquido que ocupa el intestino, tendiendo a mantenerlo constante dentro de un estrecho margen en torno a la neutralidad. Soluciones ácidas y soluciones alcalinas introducidas en el intestino van siendo neutralizadas durante su permanencia en el asa. Era conocido que el jugo gástrico se neutralizaba a su paso por el duodeno, pero en nuestras experiencias se pone bien de manifiesto la capacidad de neutralización del yeyuno en ausencia de toda acción posible de los jugos pancreáticos y biliar, incluso sobre sistemas amortiguadores. Su eficacia es tal que las soluciones amortiguadoras (aproximadamente M/10) para pH 2,3 y pH 10 son llevadas hasta pH próximo a 7 en 40 ó 50 minutos y que ya a los 15 minutos se ha conseguido desplazar el pH hasta 4 y 8,7, respectivamente.

La supuesta activación de la absorción de azúcares por amortiguar sus soluciones a pH 7 con fosfatos u otros buffer (5), carece así de justificación, dado que el intestino posee, de por sí, intensa capacidad amortiguadora para pH 7. Y hemos comprobado en efecto, que no se desplaza el pH de las soluciones de glucosa en agua durante su absorción. Esto explica que no hayamos obtenido nosotros aumento alguno de absorción por los fosfatos, como dejamos claramente establecido en otro trabajo (4): la amortiguación experimental a pH 7 resulta ineficaz porque se consigue ya lo mismo sin ella, de modo fisiológico, por las secreciones de la mucosa.

Observando las gráficas de la fig. 1 se aprecia que en todos los casos se tiende a un mismo valor de pH. La velocidad de neutralización es rápida al principio, pero luego va siendo más lenta. Cuanto más extremo es el pH de la solución amortiguadora introducida, tanto más tiempo se requiere para llevarla a pH 7; la capacidad neutralizadora de la mucosa resulta en tales casos insuficiente para alcanzar dicho pH en el tiempo estudiado.

El pH, sin embargo, influye de modo considerable sobre la absorción de azúcares. Se ha comprobado que la zona de pH en torno a 7 es la óptima y que al apartarse de la neutralidad, tanto en el campo ácido como en el alcalino, la capacidad de absorción disminuye. Como el tiempo de absorción adoptado ha sido de 30 minutos, las soluciones alejadas de la neutralidad sólo se han aproximado algo a ella y, por tanto, aun cuando se vaya produciendo la neutralización, en toda o gran parte del tiempo de absorción, el pH habrá sido ácido o alcalino más o menos acentuado, según la acidez o alcalinidad inicial y las características de los sis-

temas amortiguadores. Es una cuestión de competencia entre la capacidad amortiguadora físico-química, pasiva, de la solución introducida y la capacidad amortiguadora fisiológica, activa de la mucosa, ejercida, especialmente mediante la secreción de proteínas que, actuando como anfolitos, tienden a llevar el pH hacia la neutralidad.

Se comprende que no se pueda precisar un óptimo bien definido y que encontremos una «zona» de pH con máxima absorción entre 6,5 y 7,5. Con estas amortiguaciones iniciales, puede preverse que al cabo de muy corto tiempo de permanecer las soluciones en el asa serán muy parecidos los pH correspondientes. Confirmamos así este punto de vista que habíamos expuesto con motivo de algunas experiencias realizadas hace algún tiempo. (Sols y Ponz, 8.)

Los resultados de Gellhorn y Moldavsky (2) son difícilmente interpretables. Dada la fuerte capacidad amortiguadora del intestino que hemos encontrado, es muy poco probable que variaciones de tan sólo 0,4 unidades de pH hacia el lado ácido o de 0,9 hacia el alcalino en el contenido intestinal puedan ejercer una influencia tan grande que se duplique o triplique la cantidad de glucosa absorbida al separarse del pH 7, según se desprende de sus protocolos. Claro que hay que tener en cuenta que trabajan con ranas y que substituyen la circulación natural por la perfusión con un líquido artificial que puede modificar profundamente las condiciones experimentales. Nuestros resultados no dejan lugar a duda de que la glucosa, como decía Laszt, se absorbe más rápidamente a pH 7 que a otros ácidos o alcalinos.

Kokas y Ludany (3) indican un aumento de la absorción de glucosa por adición de C1H diluido a las soluciones de azúcar, que atribuyen a la acción de la villiquinina; pero tal resultado no pudo ser confirmado por Loew, Gray e Ivy (6).

La fig. 2, que representa la intensidad de la absorción en función del pH inicial, muestra cómo disminuye la glucosa absorbida al irse alejando de la zona óptima, dentro del amplio campo de pH investigado (2,2 a 10). En relación con los datos aportados por Laszt en una zona más restringida (3,9 a 8,0), se aprecian algunas diferencias cuantitativas, en el sentido de no ser tan acusada la inhibición de la absorción en las zonas ligeramente ácidas o alcalinas.

La d-xilosa tampoco se absorbe con independencia de la acidez del medio, sino que también disminuye la cantidad absorbida al alejarse de la neutralidad. Precisamente se admite que esta pentosa se absorbe con cierta selectividad.

En todo caso, la glucosa a cualquier pH investigado, se absorbe en mayor proporción que la xilosa, lo que parece indicar que no se ha suprimido totalmente el proceso de selectividad.

El efecto del pH sobre la absorción de azúcares hace pensar en que la acidez o alcalinidad del contenido intestinal provocase junto con posibles anomalías en el proceso de selectividad, una reducción de la permeabilidad de la membrana o alteraciones epiteliales que supusieran un efecto equivalente

Resumen

Se estudia con el método de absorciones sucesivas de Sols y Ponz la influencia del pH intestinal en la absorción de azúcares, así como la velocidad de neutralización de soluciones ácidas o alcalinas introducidas en un asa de yeyuno de rata.

El intestino delgado posee gran capacidad de neutralización. Soluciones amortiguadoras M 5 a M/15 de pH comprendidos entre 2,4 y 10,0 van siendo neutralizadas durante su permanencia en el asa; tanto más lenta es la neutralización cuanto más ácida o más alcalina sea la solución utilizada. Partiendo de pH 2,4 se llega a los 60 minutos hasta 5,7 y desde 10,0 se alcanza el 7,9 a los 40 minutos aproximadamente. Soluciones neutras de glucosa en agua no cambian de pH.

Disolviendo la glucosa en diferentes soluciones amortiguadoras, se demuestra que su absorción está notablemente influida por el pH. Entre pH 6,5 y 7,5 hay un óptimo de absorción; a pH más ácidos (hasta 2,3) o alcalinos (hasta 10,0), disminuye la absorción tanto más cuanto más alejados estén de la neutralidad.

La absorción de d-xilosa se ve también influida por el pH en el mismo sentido que la d-glucosa.

Summary

In a previous paper the authors had shown that absorption of glucose is not altered by addition of phosphates at pH 7, in spite of the general belief that glucose absorption may be increased by different buffers at the mentioned pH. In the present paper the capacity of the intestine to keep the neutrality of glucose solutions has been investigated and the pH influence on the absorption of sugars has been revised.

Sols' and Ponz' method was utilized in rats, three or four successive experiments of absorption being practiced in the same jejunal loop of each animal (30 minutes for d-glucose and 45 minutes for d-xilose). Glucose was dissolved at 5.4 per cent and d-xilose at 4.5 per cent, both in different buffer solutions. Citric acid-phosphate (Mellvaine, pH between 2.2 and 8.0), phosphates (Sörensen, pH between 5.5 and 8.0), boric acid-sodium baborate (Palitzsch, pH between 7.0 and 9.0) and carbonate- bicarbonate (pH 10.0) buffers were employed. pH was tested by electrometric and colorimetric methods.

The jejunum showed great capacity of neutralizing the buffer solutions in the loop, neutralization being slower as the acid or alkaline degree of solutions was greater. pH changed from 2.4 to 5.7 in 60 minutes and from 10.0 to 7.9 in 40 minutes. Neutralization curves of solutions at pH 2.4, 4.2, 5.6, 8.1 and 10.0 remaining for an hour in the intestinal loop were obtained. No variation was produced in buffer solutions at pH 7 and glucose solutions were also main-

tained at pH 7 during 60 minutes, thus showing that the buffer action of intestine is sufficient to maintain this pH, addition of buffer solutions not being necessary. As a consequence the supposed increase of glucose absorption by phosphates could not be explained as a effect of its buffer action.

Absorption experiments of d-glucose dissolved in buffers at different pH, showed a notable influence of the pH: in the limits of pH 2.3 and 10.0 there was an optimum of glucose absorption between 6.5 and 7.5, diminishing progressively towards the acid or alkaline side. A curve of glucose absorption as per pH was obtained. At pH 3.5 and pH 9.0 the absorption was only 50 per cent of the optimum.

Contrary to what has been asserted, d-xilose absorption also depended on pH but not so much as that of d-glucose. It must be pointed out that d-xilose absorption is to a certain degree selective.

Bibliografía

- (1) CAJORI, F. A. y KARR W. G.: *J. Biol. Chem.*, **109**, XIV. 1935.
- (2) GELLHORN, E. y MOLDAVSKY, L. E.: *Amer. Journ. Physiol.*, **109**, 638. 1934.
- (3) KOKAS, E. y LUDANY, G.: *S. r. Soc. Biol.*, **119**, 283. 1935.
- (4) LARRALDE, J. y PONZ, F.: *R. esp. Fisiol.* **6**, 169. 1950.
- (5) LASZT, L.: *Biochem. Z.* **259**, 398. 1935.
- (6) LOEW, E. R., GRAY, J. S. e IVY, A. C.: *Amer. J. Physiol.*, **128**, 298. 1940.
- (7) MAGEE, H. E. y REID, E., *J. Physiol.* **73**, 181. 1931.
- (8) SOLS, A. y PONZ, F.: *R. esp. Fisiol.*, **2**, 283. 1946.
- (9) SOLS, A. y PONZ, F.: *R. esp. Fisiol.*, **3**, 207. 1947.
- (10) SOLS, A.: *R. esp. Fisiol.*, **5**, 149. 1949.
- (11) VIDAL-SIVILLA, S., SOLS, A. y PONZ, F.: *R. esp. Fisiol.*, **6**, 195. 1950.
- (12) WESTENBRINK, W.: *Acta brev. Néer. Physiol.*, **6**, 36. 1936.
- (13) WILBRANDT, W. y LASZT, L.: *Biochem. Z.*, **259**, 398. 1933.

