

CONSTANTES BIO-FISICOQUÍMICAS DEL LÍQUIDO SINOVIAL DE BOVINOS. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA.

Carrozza ⁽¹⁾, Jesús S.W. ; Noia ⁽²⁾, Miguel A. ; Frígoli ⁽³⁾, Alicia E³.

¹ Profesor Asociado a cargo de la Cátedra de Química Inorgánica y Orgánica de la Facultad de Ciencias. UNLPam

² Cátedra de Física Biológica de la Facultad de Ciencias Veterinarias. UNLPam.

³ Introducción a la Biofísica y de Física y Química Aplicadas de la Facultad de Ciencias Veterinarias. UNLP

RESUMEN

En el presente trabajo se ha determinado la conductividad eléctrica (conductividad específica) del líquido sinovial de bovinos, clínicamente sanos, a temperaturas comprendidas entre $20,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, efectuándose a intervalos de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se ha encontrado una aceptable dependencia lineal entre la conductividad eléctrica y la temperatura, cuya pendiente vale $2,0 \cdot 10^{-4}$. Por interpolación gráfica se ha determinado el valor de la conductividad eléctrica a la temperatura media de esta especie animal ($38,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) que resulta ser: $K \cdot 10^2 = 1,66 \pm 0,02\text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, donde k es la conductividad eléctrica. La energía de activación, E_a , del proceso estudiado, se obtiene mediante la representación gráfica del $\log. k$ en función de la inversa de la temperatura absoluta, de acuerdo a lo que establece la ecuación de Arrhenius. El valor obtenido para E_a es: $2,4\text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$

Palabras claves: Fluido Sinovial; Conductividad Eléctrica

SUMMARY

The specific conductivity, k , of the synovial fluid of bovine has been investigated in the temperature range from $20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $45,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, at intervals of $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. More than three hundred experiments were performed. Plotting the experimental results of the specific conductivity as a function of temperature, a linear relationship is seen to be satisfactorily obeyed. The slope of the straight line is $2,0 \cdot 10^{-4}$. The value of the specific conductivity at the mean temperature of this species ($38,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) obtained from graphical interpolation is: $k \cdot 10^2 = 1,66 \pm 0,02\text{ (ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1})$. The apparent energy of activation, E_a , obtained by plotting $\log. k$ against the reciprocal value of the absolute temperature has a value of $2,4 \pm 0,2\text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Key words: Synovial fluid, electrical conductivity

INTRODUCCION

Distintos autores (Davidoff y Sautier, 1952, De Vega F., 1969, Sunderman, F.W., 1945) han demostrado que existe una estrecha relación entre la conductividad eléctrica o conductividad específica del plasma sanguíneo, tanto humano como de algunas especies de animales domésticos, y su correspondiente iono-proteinograma. El objeto de este trabajo es determinar si el líquido sinovial, que como indicáramos en nuestro trabajo anterior, (Carrozza, J.S.W., Noia M.A. y col. 1999), que en adelante indicaremos l.s., se cumple aquella relación y de ser así, establecer la interrelación existente entre los distintos parámetros involucrados. Se trata además de determinar cuales son los valores medios de la conductividad eléctrica de esta especie animal. Los datos existentes en la literatura a nuestro alcance son escasos o prácticamente nulos, razón por la cual nos vimos incentivados a abordar el estudio de este parámetro fisicoquímico de la forma más completa posible.

MATERIALES Y METODOS

1) Obtención de la muestra.

En todas las experiencias realizadas, el líquido sinovial se obtuvo de la misma forma y con las mismas precauciones que las indicadas en nuestro anterior trabajo, (Carrozza, Noia y col.). En todos los casos las muestras corresponden a animales clínicamente sanos y las mismas fueron sometidas a idéntico tratamiento - previo a la determinación propiamente dicha - que la indicada en la Parte I: Ionograma y proteínas totales, (Carrozza, Noia y col).

Todas las determinaciones experimentales se efectuaron empleando un puente y una celda de conductividad marca Philips, modelo PW 9501/01, empleándose la misma técnica que la utilizada en anteriores trabajos, (Carrozza, Frigoli, 1990, Carrozza, Frigoli, en prensa, Moscato, Pagel y Carrozza, 1977) La constante de la celda de conductividad se determinó de la forma clásica, con soluciones de cloruro de potasio (Haned y Owens, 1950), siendo su valor medio de $0,725 \text{ cm}^{-1}$ a $20,0 \text{ }^\circ\text{C}$. A fin de poder calcular la energía de activación de este proceso, todas las determinaciones se efectuaron a temperaturas constantes y a intervalos de $5,0 \text{ }^\circ\text{C}$ entre los límites de $20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ y $45,0 \text{ }^\circ\text{C}$. La constancia térmica se consiguió con un termostato marca Lauda, modelo NB 08/17 provisto de bomba aspirante-impelente. En todos los casos los valores de temperatura se pueden indicar con la precisión de la décima de grado. Todas las medidas se efectuaron por duplicado una vez alcanzado la constancia térmica y a dos frecuencias distintas: 200 y 2.000 cps, que son los valores con que permite trabajar el equipo anteriormente mencionado. En total se realizaron más de trescientas determinaciones, los datos obtenidos figuran en la tabla I y su dependencia con la temperatura puede verse en la figura 1. El tratamiento estadístico¹ de los resultados se han volcado en la tabla II.

2) Resultados Obtenidos

Los valores obtenidos para la conductividad eléctrica o conductividad específica del l.s., muestran dentro del rango de temperatura estudiado y dentro de los límites del error experimental, una aceptable dependencia lineal con la temperatura.

Los valores extremos son: para 20,0 °C de $1,28 \times 10^{-2} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \pm 0,03 \times 10^{-2} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ y para 45,0 °C vale $1,79 \times 10^{-2} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \pm 0,04 \times 10^{-2} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. El valor a 38,5 °C, temperatura media de esta especie animal, obtenido por interpolación de los resultados obtenidos, resulta ser: $k = 1,66 \times 10^{-2} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

De acuerdo con lo que muestra la figura 1, la conductividad eléctrica se incrementa en un 0,8 % por cada grado que aumenta la temperatura. A fin de poder calcular la energía de activación del proceso estudiado, se hace una representación de la ecuación de Arrhenius, es decir el log. de la conductividad eléctrica en función de la inversa de la temperatura absoluta. Los datos representados se encuentran en la tabla III y la representación gráfica se muestra en la figura 2. De aquí surge que la dependencia resulta ser nuevamente lineal, de pendiente negativa, cuyo valor es de - 0,522. Con este valor se puede usar la ecuación de Arrhenius (Glasstone, Lewis y Col. 1980, Moelwyn-Hughes, 1993.)

$$k = A \cdot e^{-E_a / RT} \quad (1)$$

donde: k es la conductividad específica en $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$; el factor pre-exponencial A es una constante que se puede calcular gráficamente; e es la base de los logaritmos naturales; E_a es la energía de activación en $\text{kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$, T la temperatura absoluta en grados kelvin y R es la constante universal de los gases cuyo valor es $1,987 \text{ cal} \cdot \text{°K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$. Aplicando logaritmos naturales a ambos miembros de la ecuación (1) se tiene:

$$\ln k = \ln A - E_a / RT \quad (2)$$

y efectuando el cambio de base, tenemos:

$$\log k = \log A - \frac{E_a}{2,303 R} \cdot \frac{1}{T} \quad (3)$$

esta última expresión corresponde a la ecuación de una recta que no pasa por el origen del sistema de coordenadas y cuya pendiente vale $E_a / 2,303 \cdot R$. Dicha pendiente se obtiene al representar el $\log k$ en función de $1 / T$ de acuerdo con los datos de la tabla III. Como fuera indicado anteriormente el valor de la pendiente resulta ser de $- 0,522 \times 10^3$. Luego se puede calcular E_a con la ecuación (3) de la siguiente manera:

$$E_a = 2,303 \cdot 1,987 \cdot 0,522 \cdot 10^3 = 2,303 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

CONCLUSIONES

Los fluidos de naturaleza biológica pueden, en general, ser considerados, bajo el punto de vista fisicoquímico, como disoluciones de polielectrolitos en medio acuoso, donde además de los cationes y aniones, sodio, potasio, calcio, magnesio y cloruro, fosfatos y bicarbonatos respectivamente, se incluyen a las distintas especies iónicas de naturaleza proteica (polianiones). Todos ellos contribuyen en mayor o menor medida a la conductividad eléctrica del líquido estudiado en el presente trabajo.

De acuerdo con los datos de las concentraciones de las distintas especies iónicas presentes en el líquido sinovial de bovinos, se concluye, nuevamente, que los iones cloruro y sodio son los mayores responsables de la conducción iónica, sin ignorar, como es lógico

suponer, la contribución de los restantes aniones y cationes presentes en el líquido sinovial de esta especie animal.

Conductividad específica del líquido sinovial de bovinos normales, en función de la temperatura						
Muestra	20,0 °C	25,0 °C	30,0 °C	35,0 °C	40,0 °C	45,0 °C
1	1,25	1,30	1,40	1,54	1,68	1,78
2	1,20	1,34	1,46	1,55	1,65	1,77
3	1,20	1,35	1,42	1,58	1,66	1,75
4	1,28	1,32	1,40	1,55	1,62	1,76
5	1,30	1,35	1,45	1,60	1,78	1,82
6	1,28	1,34	1,42	1,50	1,67	1,75
7	1,30	1,36	1,44	1,59	1,66	1,74
8	1,29	1,34	1,46	1,50	1,65	1,76
9	1,35	1,45	1,57	1,65	1,72	1,82
10	1,41	1,40	1,44	1,60	1,66	1,77
11	1,32	1,42	1,52	1,62	1,67	1,72
12	1,30	1,35	1,42	1,62	1,71	1,85
13	1,34	1,44	1,52	1,64	1,70	1,79
14	1,30	1,36	1,44	1,58	1,67	1,78
15	1,28	1,32	1,45	1,54	1,66	1,74
16	1,27	1,34	1,42	1,56	1,72	1,81
17	1,30	1,35	1,44	1,55	1,65	1,75
18	1,27	1,36	1,43	1,59	1,66	1,76
19	1,30	1,38	1,48	1,60	1,70	1,85
20	1,28	1,35	1,40	1,58	1,65	1,79
21	1,25	1,32	1,44	1,59	1,68	1,78
22	1,22	1,38	1,45	1,55	1,66	1,76
23	1,25	1,40	1,48	1,58	1,74	1,84
24	1,30	1,45	1,55	1,62	1,66	1,76
25	1,27	1,34	1,47	1,57	1,67	1,75

Tabla II: Datos estadísticos de los valores de conductividad específica del líquido sinovial de bovinos normales

Temp. °C	k . 10 ² (ohm . cm)	desv. standard
20,0	1,28	± 0,03
25,0	1,37	± 0,04
30,0	1,47	± 0,04
35,0	1,59	± 0,05
40,0	1,69	± 0,04
45,0	1,79	± 0,04

Tabla III: Cálculo de la Energía de Activación

Temp. °C	Temp. °K	10 ³ / T °K ⁻¹	k . 10 ² (ohm . cm)	log. k
20,0	293,15	3,411	1,28	- 1,89
25,0	298,15	3,354	1,37	- 1,86
30,0	303,15	3,299	1,47	- 1,83
35,0	308,15	3,245	1,59	- 1,80
40,0	313,15	3,193	1,69	- 1,77
45,0	318,15	3,143	1,79	- 1,75

$$\begin{aligned} \text{Cálculo de la pendiente} &= \Delta y / \Delta x \\ &= - 0,522 \end{aligned}$$

Ea = energía de activación

$$Ea = 2,303 \cdot R \cdot \text{pendiente}$$

$$Ea = 2,39 \text{ kcal / mol}$$

Fig. 1 Conductividad Específica del Líquido Sinovial de Bovinos en Función de la Temperatura

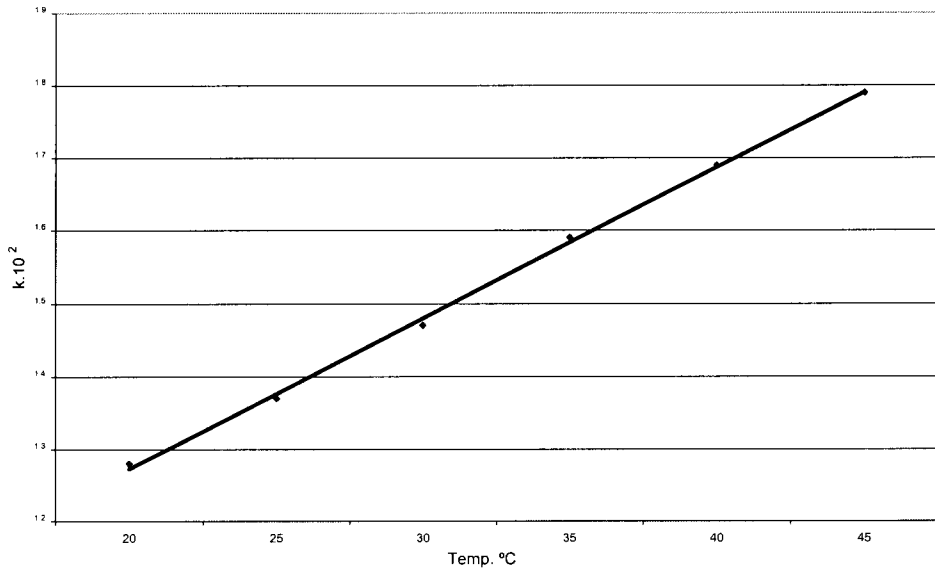
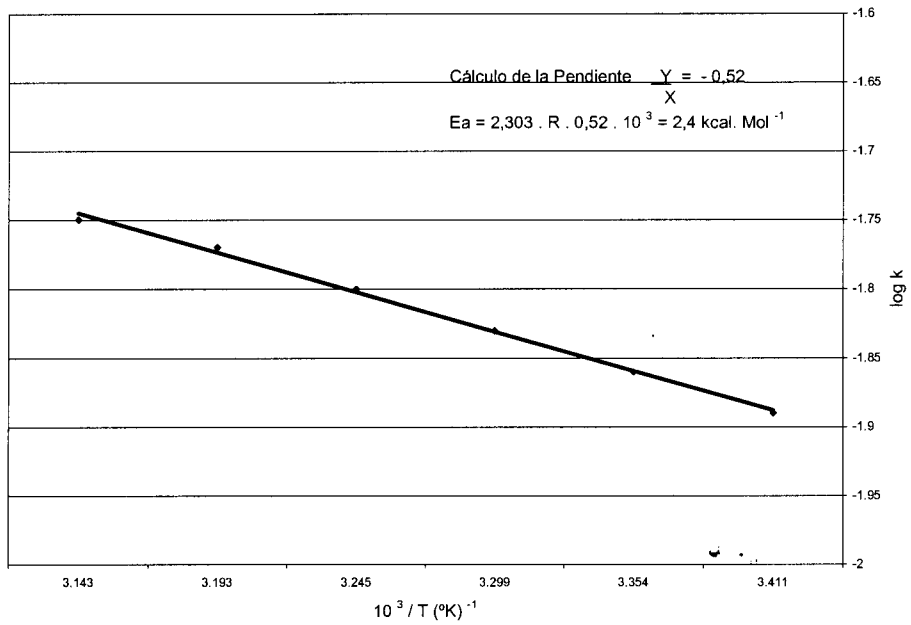


FIG.2 Representación de Arrhenius para el cálculo de Energía de Activación



BIBLIOGRAFÍA

1. Bancroft, H. Introducción a la Bioestadística. Ed. Eudeba. (Bs. As.) 1960. pag.72.
2. Carrozza, J.S.W.; Frígoli, A. E. "Constantes bio-fisicoquímicas del humor vítreo de bovinos. Parte IV : Conductividad eléctrica a distintas temperaturas". Rev. Med. Vet. 71 N°4 (1990) pág. 184
3. Carrozza, J.S.W. y Frígoli, A. E. "Constantes bio-fisicoquímicas del humor vítreo de porcinos. Parte IV : Conductividad eléctrica a distintas temperaturas". Rev. Med. Vet. (en prensa).
4. Carrozza, J.S.W. ; Noia, M.A. ; Frígoli, A.E. ; Miguel, M.; Gonzalez, G.; Anconitani, M.; Cura, S. "Constantes bio-fisicoquímicas del líquido sinovial de bovinos. Parte I: Ionograma y proteínas totales".
5. Davidoff y Sautier. Ann. Biol. Clin. 549, 1952. Citado por De Vega, F. en Bioquímica. Clin. 3, 166 (1969).
6. De Vega, F. Bioquim. Clin. 3, 166 (1969).
7. Glasstone, S.; Lewis, D. Química-Física. Ed. Médico Quirúrgica. Bs.As. 1980 pág. 750.
8. Harned, H.; Owen, S. The Physical Chemistry of Electrolytic Solutions. Reinhold Publishing Co. New York. Cap. 6° (1950).
9. Moelwyn-Hughes, e.a. Fisicoquímica. Ed. Addison-Wesley. Ed. Iberoamericana.
10. Wilmington. Delawerw. U.S.A. 1987 pág. 856.
11. Moscato, E. T.; Pagel, S.; Carrozza, J.S.W. "Constantes bio-fisicoquímicas del humor vítreo de bovinos. Parte III: Conductividad eléctrica. Rev. Med. Vet. 58, 3. 229 (1977).
12. Sunderman, F.W. Am. J. Clin. Path. 15, 219 (1945).