

Cadena de Transporte de Electrones

Cianuro y yuca

Es finales del siglo 16, y un grupo de exploradores españoles se encuentra en una expedición en las selvas de Suramérica buscando riquezas y gloria. Los hombres entraron en la selva con la esperanza de encontrar oro y tesoros, pero a medida que los peligros del entorno los liquidaban uno a uno, los sueños de riqueza material desaparecieron y la única meta era la supervivencia.....



El hombre pálido y sudoroso tropezó y apoyó las dos manos en un montón de hojas en descomposición. El olor de la selva lo rodeaba. Creyó oír su nombre, pero debió de ser un mono o un pájaro: ninguno de sus compañeros estaba vivo para decirlo. Caimanes y pirañas habían atrapado a Vásquez atravesando el río. Javier había caído víctima de los dardos envenenados de tres hombres que no se habían creído la historia de que era un dios del otro lado del mar. Un jaguar saltó sobre San Germano cuando se levantó para aliviarse en mitad de la noche. Ahora sólo quedaba él, Morales, con vida para acabar la expedición. Pero a medida que el hambre debilitaba su cuerpo y confundía su mente, la supervivencia se había convertido de una esperanza fugaz en un sueño imposible. Sus dedos escarbaron en la tierra y sintieron algo como una corteza. Raíces – ¡podían ser comestibles! Excavó frenéticamente, estiró la raíz gruesa y marrón del suelo, y gruñó decepcionado: era aquella que la gente en el último pueblo les había dicho a los

extranjeros que nunca debían comer. “Te pone enfermo y pierdes control de ti mismo,” les habían explicado a través del intérprete, “y después te mueres.” Morales lo aprendió personalmente cuando Miguel, otro de sus compañeros, la había consumido a causa del hambre. Al principio Miguel estaba bien, pero poco después de volverse débil y confundido lo dejaron atrás para que se muriera. Una muerte rápida por envenenamiento parecía mucho mejor que ser devorado por animales o asesinado por los nativos. Morales, sonriendo al pensar que podía liberarse de esa pesadilla y unirse a sus amigos, limpió la raíz en lo que le quedaba de túnica y probó un bocado minúsculo: amarga como los celos y dura como una bota vieja. Escupió la raíz asqueado. A lo mejor guisarla ayudaría. Por lo menos podía morir con una última buena comida. Tenía yescas pero nada para cocinar – sus mochilas estaban en el fondo del río con los huesos de Vásquez. Se quitó el casco de hierro, lo llenó con agua de un charco cercano, y encendió una hoguera debajo. Cuando la raíz se puso blanda, la sacó y la miró. Si le mataba,



su sufrimiento se acabaría. Si vivía, se encargaría de hacer que esta tierra terrible pagara por todo. Tomó un mordisco – era insulsa, pero en su boca hambrienta tenía mejor sabor que el pan casero de su madre. El hambre le venció y devoró el resto. Con el estómago lleno de momento, sin importarle ya si vivía o moría, Morales se fue a dormir al pie del árbol en un estado de paz que no había sentido desde que entró en la selva. Su primer pensamiento cuando se despertó fue alegría: ¡Sigo vivo! Día tras día, Morales siguió cocinando su estofado hasta que se sintió lleno de fuerzas de nuevo. Con tiempo salió de la selva dándose cuenta de que la vida era más valiosa que cualquier cantidad de oro y ansioso por compartir con el mundo la comida que le había salvado la vida.

Conexión científica

El estofado que Morales cocinó se conoce hoy como tapioca, y esta historia de desastres e intento de suicidio es una de las leyendas sobre el descubrimiento de esta delicia. La tapioca es una fécula que se extrae de la raíz de la yuca. Las féculas son extractos de plantas ricos en carbohidratos que se usan normalmente como espesantes en la cocina, parecidos a la fécula de maíz que puedes encontrar en tu supermercado. Sin embargo, a diferencia del maíz, la yuca puede estar cargada de cianuro. En muchas plantas, incluyendo la yuca, el cianuro va ligado a cadenas de glucosa formando lo que se conoce como glucósidos cianogénicos. Siempre que el cianuro se mantenga ligado a esas cadenas de glucosa no hay peligro, pero si el cianuro se libera de esos azúcares te envenenará. Como regla general, a los seres vivos no les gusta ser comidos, y la yuca no es una excepción. Cuando las células vegetales de la yuca son aplastadas – por dientes, por ejemplo – las células destruidas liberan proteínas que cortan el vínculo entre el cianuro y las moléculas de azúcar, precipitando su toxicidad.

El cianuro es un potente inhibidor de la respiración celular e inhibe la producción de ATP bloqueando la cadena de transporte de electrones en las mitocondrias. Los electrones son cosechados a partir de nutrientes moleculares (como azúcares, grasas y aminoácidos) por el ciclo de Krebs. Esos electrones se transmiten a la cadena de transporte de electrones donde son finalmente aceptados por oxígeno. A medida que los electrones pasan por la cadena, iones de hidrógeno se bombean en el espacio entre las membranas mitocondriales interna y externa. La generación de este gradiente de iones de hidrógeno es

realmente la parte más importante de la respiración celular porque como más iones de hidrógeno puedas encajar entre las membranas mitocondriales interna y externa, más ATP puedes producir. La ATP sintasa es como un pequeño molino de agua: cuando los iones de hidrógeno pasan por él, empujan el molino y lo hacen girar. El giro del molino es lo que genera la energía para producir ATP a partir de ADP y fosfato inorgánico. El cianuro bloquea la cadena de transporte de electrones, evitando el flujo de electrones y la formación del gradiente de iones de hidrógeno, y conduciendo a una disminución en la producción de ATP potencialmente letal. Es parecido a una central hidroeléctrica, en las que cascadas gigantes empujan turbinas. La fuerza de la cascada hace girar las turbinas y la energía mecánica de esas turbinas puede convertirse en suficiente energía eléctrica para un pueblo entero. Sin embargo, si la poderosa cascada se reduce a un chorrillo las turbinas dejan de girar y no se produce más electricidad.

ATP es energía biológica acumulada que se usa para hacer funciones biológicas esenciales. Como más tiene que trabajar un tejido, más ATP se necesita para mantenerlo en funcionamiento. Los tejidos del sistema nervioso contienen células muy trabajadoras llamadas neuronas que requieren una cantidad significativa de ATP para funcionar. Aunque no puedes ver reducciones en la producción de ATP físicamente, puedes observar los efectos de un tejido que no funciona. Precisamente porque el cianuro inhibe la producción de ATP, tejidos como el sistema nervioso que dependen de altos niveles de producción de ATP sufrirán los primeros. Una intoxicación aguda por cianuro, como en el caso de Miguel, causa confusión, agitación y desorientación porque perjudica el sistema nervioso e impide la cognición (pensamiento) normal. Si el sistema nervioso se ve significativamente perjudicado, la muerte ocurrirá poco después porque controla el ritmo respiratorio y el latido del corazón. Como los venenos de serpiente en historias anteriores, cuando el latido del corazón y la respiración paran, la muerte sigue rápidamente. Morales, en cambio, parece no haber sido afectado en absoluto ¿Qué hizo que Miguel no hizo?

El secreto yace en la cocción del estofado, Morales aplastó la raíz, la secó y la hirvió en una cacerola. El proceso de secado y hervido destruyó la proteína que libera el cianuro de las cadenas de glucosa y facilitó la eliminación de cualquier cianuro volátil (fácilmente evaporado) que se había liberado durante el proceso de aplastamiento. Cocinando el estofado, Morales desactivó las defensas de cianuro de la yuca y la convirtió en segura para comer. La forma correcta de manejar y preparar la yuca es una cuestión de salud mundial, porque es un producto importante en el hemisferio sur, especialmente África, que produce 30 millones de toneladas de yuca al año. En las regiones rurales de África, la yuca representa una porción importante y a veces es un componente exclusivo de la dieta especialmente en tiempos de guerra, hambruna y sequía. La yuca que se vende en tiendas de los Estados Unidos tiene un bajo contenido en cianuro y no es ni de cerca tan peligroso comerla cruda. En lugares donde se cultiva yuca con un alto contenido en cianuro, una mala preparación y procesamiento puede conducir a brotes de enfermedades graves. La exposición crónica al cianuro que resulta de consumir yuca mal procesada afecta principalmente el sistema nervioso causando dos enfermedades bien conocidas: el Konzo y la Neuropatía Atáxica Tropical.

Esbozo de historia de konzo

Un chico joven necesita un bastón para andar. Incluso con el bastón le cuesta bastante y casi hace un trípode con él cuando anda cojeando. Ambas piernas son rígidas y se mueven sin doblarse en las rodillas. Las piernas parecen muy débiles.

Konzo significa “piernas cansadas” y está muy vinculado a una dieta rica en yuca con un alto contenido en cianuro en un contexto de poco consumo de proteína en la dieta. Resulta en una parálisis espástica (rígida) irreversible de ambas piernas. Parece atacar a niños de unos 2-3 años de edad o mujeres en edad fértil. Tu cuerpo, aunque no es inmune al cianuro (CN-), puede neutralizarlo convirtiéndolo en tiocianato (SCN-), pero se requiere azufre en la dieta para hacerlo, y el azufre en la dieta viene de comida rica en proteínas. La yuca es una comida rica en carbohidratos que tiene muy pocas proteínas y por lo tanto su consumo exclusivo es un escenario perfecto para esta situación.

Esbozo de historia de neuropatía atáxica tropical

A un hombre de 70 años con poca visión y oído le cuesta sentir cosas que tocan su piel. Le cuesta sentir dolor y se ha quemado varias veces sin darse cuenta. Puede andar si tiene los ojos abiertos, pero si los cierra e intenta andar tropieza incluso cuando no hay nada con lo que tropezar. Con los ojos cerrados es extremadamente inestable y corre el riesgo de caerse, pero cuando los abre es bastante más estable.

Esto es la neuropatía atáxica tropical, que se cree que está causada por muchos años de comer yuca mal procesada en el contexto de una dieta pobre en proteínas. A diferencia del Konzo, que resulta de un mayor consumo en un corto periodo de tiempo, se cree que la neuropatía atáxica tropical resulta de un menor nivel de exposición durante un periodo de tiempo mucho mayor. El sistema nervioso también está afectado, pero en el konzo el efecto es paralítico y en la neuropatía atáxica tropical es algo así como una destrucción de los sentidos. Signos asociados de neuropatía atáxica tropical: neuropatía sensorial (la incapacidad de sentir sensaciones físicas como ser tocado o quemado), atrofia óptica bilateral (disminución seria de la visión en ambos ojos), sordera bilateral (incapacidad de oír por ninguno de los dos oídos debido a daño en los nervios) y ataxia sensorial (incapacidad de andar con los ojos cerrados porque todos los otros sentidos que te ayudan a coordinarte, como el tacto, están ausentes debido a daño en los nervios. La capacidad de ver dónde vas lo corrige.)

-Moraleja-

El cianuro inhibe la respiración celular y puede causar disminuciones letales en la producción de ATP. Los glucósidos cianogénicos se encuentran en muchas plantas además de la yuca, como las semillas de la manzana y el hueso del melocotón.