



Cuaderno N° 74: VACUNAS COMESTIBLES

Vacunas sin pinchazos

Dicen los especialistas que después del agua potable, las vacunas son el método que más ha prevenido las enfermedades infecciosas. Las vacunas tradicionales son preparadas con el agente patógeno vivo, aletargado o muerto. El principio en que se basa la vacunación es que el agente patógeno modificado no provoque la enfermedad, pero estimule la respuesta inmunológica que dejará en “alerta” al sistema inmune en caso de que el agente extraño en su estado natural ingrese al organismo.

Se demostró que en muchos casos no es necesaria la presencia del microorganismo completo para la inmunización y que basta con introducir en el cuerpo alguna de las proteínas del agente extraño responsables de desencadenar la respuesta inmune. Entonces se comenzaron a utilizar técnicas para fabricar estas proteínas antigénicas, en lugar de proporcionar al cuerpo el agente patógeno entero (ver Cuaderno N° 71).

En la década de 1980, con el desarrollo de la biotecnología, fue posible identificar y aislar del patógeno el fragmento de ADN que codifica para la proteína que desencadena la respuesta inmune. Una vez aislado el fragmento de ADN, se consiguió que un microorganismo no-patógeno produjera en el laboratorio la proteína correspondiente. La ventaja de este método es que se evita el contacto con el patógeno, incluso durante la producción de la vacuna.

Mediante este procedimiento, en 1986 surgió la primera vacuna recombinante contra la Hepatitis B, a través de la producción en levaduras de un antígeno del virus causante de esta enfermedad.

En la actualidad, los científicos están agregando una nueva posibilidad para el diseño de vacunas: hacerlas comestibles! La idea de estas investigaciones en ingeniería genética que utilizan frutas o bacterias lácticas, es desarrollar una manzana, una banana o un yogurt que posea una única diferencia con los productos homólogos que se consumen habitualmente: la presencia de una proteína capaz de iniciar la respuesta inmune en el organismo.

Vacunas en plantas comestibles

De la misma forma en que la biotecnología introduce ciertos genes en los vegetales para hacerlos tolerantes a herbicidas o resistentes a sequías y plagas, actualmente se está ensayando la modificación del genoma de algunas plantas comestibles de manera que produzcan ciertas proteínas inmunogénicas (antígenos) del patógeno. De esta forma, cuando las plantas son ingeridas, desencadenan la respuesta inmune que confiere inmunidad contra los agentes patógenos específicos. A través de este procedimiento el tejido vegetal puede emplearse como vacunas comestibles para seres humanos y otros animales.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.

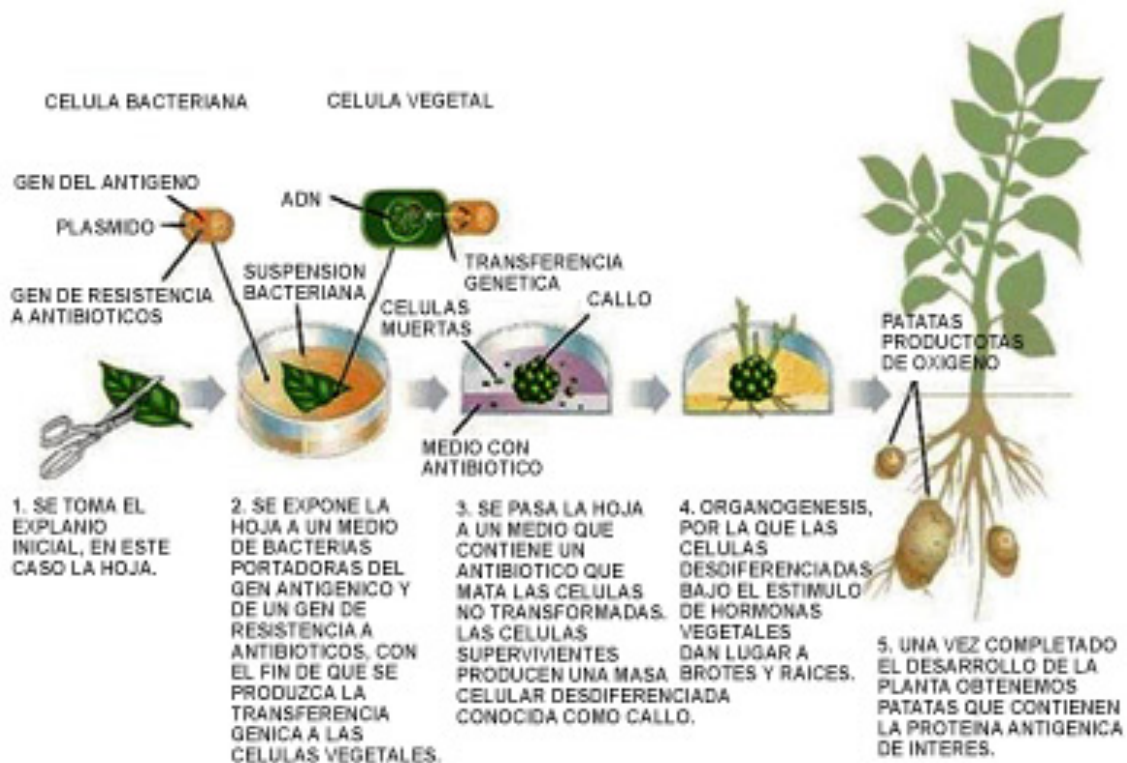


Se ha demostrado que esta idea es viable usando diversas proteínas bacterianas y virales. De hecho, hace ya algunos años que se producen diversos antígenos en plantas modificadas por ingeniería genética.

En muchos casos, se ha demostrado que los antígenos expresados en plantas transgénicas han inducido respuestas inmunes cuando fueron administrados tanto con inyecciones, como por vía oral en animales de laboratorio. También dieron buenos resultados las pruebas clínicas realizadas en voluntarios humanos en las cuales los antígenos consumidos por vía oral a partir de tejido vegetal fueron capaces de inducir una importante respuesta inmune. Por esta razón se considera que las vacunas preparadas en plantas tienen un gran potencial.

¿Como se hace una vacuna comestible?

Debido a que en las plantas es posible expresar genes de cualquier origen, inclusive aquellos provenientes de virus o de bacterias que desencadenan una respuesta inmune en humanos y otros animales, estos organismos pueden ser usados exitosamente como fábricas de vacunas. Los pasos a seguir para la obtención de una vacuna comestible, se resumen en la siguiente imagen y se explican a continuación:



"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



Fig. 1: Pasos para la obtención de una planta transgénica que expresa un antígeno y que, al ser consumida, aporta inmunización.

Paso 1 y 2: identificación de la proteína antigénica de un virus o bacteria capaz de desencadenar una respuesta inmune, y aislar el gen que lo codifica. A continuación se clona (inserta) dicho gen junto a otro que le confiere resistencia a algún antibiótico en un vector (por ejemplo, un plásmido) y se introduce en bacterias, para obtener múltiples copias. El plásmido con el gen que codifica para el antígeno debe ser transferido a las células vegetales. Los métodos que se emplean para transformar plantas pueden ser: el bombardeo con microproyectiles o la transformación mediada por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* (ver Cuaderno N° 28).

Paso 3: se realiza el reconocimiento y aislamiento de las células transformadas, es decir, aquellas que sobrevivieron en un medio que contiene antibiótico, por poseer el gen que les confiere resistencia a ese medicamento específico. La presencia del gen de resistencia al antibiótico indica que también el gen de interés entró en las células vegetales.

Paso 4: las células vegetales se multiplican y se obtienen masas de células (callos) que se cultivan en medios nutritivos con hormonas. De esta forma se estimula el crecimiento de raíces y tallos que dan lugar a plantas completas, un proceso denominado *organogénesis*.

Paso 5: Finalmente, se obtienen plantas que expresan el antígeno en su parte comestible (por ejemplo el tubérculo en las papas). Las plantas transgénicas obtenidas se pueden multiplicar para obtener un gran número de ellas, mediante la técnica de micropropagación (ver cuaderno N° 35 y N° 56).

Un parámetro importante a tener en cuenta es la elección de la planta a transformar, ya que debe ser simple de cultivar, de crecimiento rápido y preferentemente, debe ser ingerida cruda ya que el calor podría disminuir la capacidad de inmunización.

Algunas vacunas en desarrollo

Actualmente, los sistemas de producción de fármacos a partir de proteínas recombinantes emplean bacterias, levaduras y células de mamífero en cultivo.

Por el momento, la mayoría de las vacunas comestibles se encuentran en proceso de desarrollo y evaluación, por lo que se deberá esperar un tiempo para que estos productos se encuentren disponibles en el mercado. Se espera que dentro de un tiempo las papas, los tomates, las bananas, la lechuga y la espinaca puedan prevenir enfermedades como la diarrea infantil, la hepatitis B y E, el SIDA, la rabia y la fiebre aftosa, entre otras.

A continuación, se mencionan algunos ejemplos de vacunas comestibles:

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



Tomates

Los científicos desarrollan vacunas contra el SIDA y la hepatitis B en tomates. A diferencia de las vacunas comestibles generadas en papa, los tomates se consumen crudos, lo que evita la pérdida de su potencial terapéutico durante la cocción. Estas vacunas comestibles han sido probadas en animales, con buenos resultados: los ratones que comieron raciones con estos tomates-vacunas desarrollaron una respuesta inmune contra las proteínas virales introducidas en la vacuna. Sin embargo, aún faltan los ensayos en humanos, lo que demandará varios años.

Durante 2005 en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, se publicaron los resultados de la modificación genética de plantas de tomate que servirían como vacunas para prevenir el SARS (Síndrome Respiratorio Severo Agudo), una enfermedad contra la que aún no existen vacunas. Estas plantas anti-SARS producen un fragmento de una de las proteínas del virus que causa el SARS, llamada S1. Para determinar la eficacia de la vacuna, los científicos alimentaron a ratones de laboratorio con estos tomates y determinaron que los ratones produjeron anticuerpos específicos contra la proteína S1.

Otro grupo de investigación desarrolló tomates transgénicos contra el virus Norwalk que provoca una enfermedad gastrointestinal común en el mundo desarrollado, pero que en los países en desarrollo es causa frecuente de muerte por diarrea y deshidratación, sobre todo en niños. La vacuna consiste en píldoras que contienen el polvo seco obtenido de los tomates transgénicos.

Papas

La hepatitis B es una enfermedad vírica que mata cada año a un millón de personas en todo el mundo, a pesar de la existencia de una vacuna inyectable efectiva. El *Roswell Park Cancer Institute de Buffalo* (EEUU) ha ensayado con éxito en humanos papas transgénicas transformadas con una proteína de la cubierta del virus de la hepatitis B, que funciona como una vacuna contra esta enfermedad. En el estudio se administró papa transgénica en trocitos por vía oral a los voluntarios, encontrándose una marcada respuesta inmune al virus de la hepatitis B en un 60% de los casos. Estos resultados se han logrado sin emplear las sustancias coadyuvantes que normalmente llevan las vacunas orales, con los que presumiblemente se incrementaría aún más la eficacia del método nuevo. Según los autores, los siguientes pasos serán congelar y desecar las papas transgénicas para encapsular la vacuna recombinante en comprimidos de gelatina.

Bananas

Un grupo de Estados Unidos está desarrollando bananas que vacunan contra la hepatitis B. Los científicos aseguran que el costo será muy inferior al de la vacuna actual. Si bien este fruto es de fácil ingesta, se está pensando en administrarlas en forma de pasta, debido a que el fruto madura rápidamente.

Otro grupo de investigadores de la Universidad de Ciencias de la Salud en Bethesda, Maryland, anunció que está desarrollando una vacuna comestible contra las formas más virulentas de la bacteria *Escherichia coli*, entre las que se encuentra la temible cepa E. coli O157:H7. Estas "El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



bacterias, debido a las toxinas que producen, causan diarreas hemorrágicas y son responsables del síndrome hemolítico urémico, caracterizado por deficiencia renal, daño cerebral y a veces la muerte. Los investigadores transfirieron una versión modificada del gen que produce una de las toxinas a plantas de tabaco. Esta vacuna resultó efectiva en ratones. El próximo paso en la investigación será pasar los genes bacterianos a cultivos comestibles como bananas o maíz, para probarlos en humanos y en otros animales.

Alfalfa

En la Argentina, la fiebre aftosa causa daños económicos y pérdidas de mercados internacionales, es por ello que se pretende erradicarla definitivamente. El Instituto de Virología del INTA Castelar está desarrollando una vacuna para la fiebre aftosa mediante la utilización de plantas de alfalfa transgénica para transformarlas en "vacunas comestibles para ganado".

Se realizó mediante la introducción de la proteína VPI -que es la provoca mayor respuesta inmune- en plantas de tabaco. Los extractos de las plantas transgénicas inoculados a ratones generaron inmunidad contra la enfermedad. Sin embargo, el objetivo final es desarrollar una nueva generación de vacunas para los bovinos. Para ello, se debe superar un problema importante, puesto que en los rumiantes, debido a su digestión particular, la proteína viral ingerida sufre distintos procesos de degradación y no alcanza a generar un adecuado proceso inmunogénico que proteja al animal contra la enfermedad. Los estudios continúan con cerdos, que al tener una digestión proteica más simple, permiten que la proteína VPI incorporada a la alfalfa transgénica genere una protección adecuada contra la aftosa. De alcanzarse este objetivo, el INTA hará una nueva contribución en la lucha actual contra esta enfermedad.

Las ventajas de las vacunas comestibles

Actualmente, la vacunación a gran escala enfrenta una serie de dificultades: por un lado los altos costos de las vacunas y por el otro el riesgo de que la distribución en lugares remotos y de difícil acceso no sea adecuada. Es por ello que la Organización Mundial de la Salud ha recomendado en diversas ocasiones buscar vacunas alternativas para disminuir los costos y los problemas de conservación y distribución. En relación a esto, las ventajas de las vacunas comestibles son enormes, ya que las plantas pueden ser cultivadas localmente, utilizando para ello los cultivos tradicionales de una región. Éstas subsanan, además, los problemas del transporte y la conservación, ya que ambos se llevarían a cabo como se procedería normalmente con esos vegetales.

Otra ventaja de esta forma de inmunización aún en experimentación, es que las vacunas comestibles serían estables a temperatura ambiente, económicas y podrían ser administradas en forma oral, lo que evitaría los molestos pinchazos y, más importante aún, el uso de jeringas no esterilizadas que aún ocurre en algunos países.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



ACTIVIDADES

OBJETIVOS:

- Rever los conceptos introducidos en la sección teórica.
- Relacionar el texto con temas vinculados a la salud, la inmunología y a la prevención de enfermedades mediante la vacunación.
- Conocer la utilidad y las ventajas del empleo de técnicas de ingeniería genética para el desarrollo de productos útiles para la salud humana.

DESTINATARIOS:

El tema abordado en este cuaderno se aplica a alumnos de EGB y de Polimodal con diferentes niveles de profundidad. Es posible incluirlo al estudiar conceptos vinculados con el ser humano: salud y enfermedad, prevención y tratamiento de enfermedades, la biotecnología aplicada a la salud y la medicina, el sistema inmunológico, la respuesta inmune primaria y secundaria, la inmunidad pasiva e inmunidad activa, el origen y desarrollo de la vacunación, la prevención y tratamiento de enfermedades.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS:

El modo de acción de las vacunas se suele incluir en el aula al estudiar temas vinculados con la salud y la enfermedad. Por esto, se sugiere introducir en clase (con alumnos de EGB y de Polimodal) una discusión que habitualmente resulta muy interesante referida a qué se considera “salud” y qué se considera “enfermedad”. Habitualmente se piensa que tener salud significa no estar enfermo. Sin embargo, la noción de *salud* es más amplia. Según la definición adoptada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1958, la salud es “*el completo bienestar físico, psíquico y social, y no sólo la ausencia de enfermedad o accidente*”. Es decir que una persona sana es aquella que se siente bien físicamente, se relaciona de manera positiva con otras personas y puede desempeñar las tareas físicas y mentales, individuales y colectivas, que demanda la vida cotidiana. Es interesante indagar en las ideas de los alumnos acerca de la salud y la enfermedad a partir del planteo de situaciones como las siguientes:

- una persona diabética realiza el tratamiento adecuado y lleva una vida corriente, ¿dirían que es enferma o sana?
- Una persona sorda que estudia y trabaja, ¿es una persona enferma?

También se sugiere ahondar en los diferentes factores que influyen en la salud: factores ambientales, estilo de vida, características del organismo y atención sanitaria. A partir de esto se puede trabajar con los alumnos cuáles de estos factores pueden controlarse y ayudan a prevenir o mejorar la salud del individuo y de la población. En esta etapa se incorpora el concepto de prevención, y el concepto de vacunas. Otros aspectos interesantes a trabajar en este tema son las campañas públicas de prevención de enfermedades (analizar afiches o avisos en medios masivos

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



de comunicación), y la rotulación de alimentos (por ejemplo, envases que indican si son aptos para fenilcetonúricos o para personas celíacas, etc.).

Este cuaderno, al igual que el N° 71 se centra en las aplicaciones de la biotecnología moderna en la salud humana, por lo cual se sugiere al docente trabajar con ambos cuadernos y relacionar los temas en ellos abordados.

Este aspecto de las aplicaciones biotecnológicas es uno de los más valorados ya que repercute directamente en el bienestar individual y comunitario. Aunque, es comúnmente aceptado que las vacunas son unos de los mayores logros de la medicina, provocando un descenso de la mortalidad infantil, la disminución de la incidencia de enfermedades infecciosas, e incluso la erradicación de algunas de ellas, la obtención de estas vacunas a partir de sistemas novedosos, como los son las plantas transgénicas, es un tema que genera controversia en la sociedad. En este sentido, se sugiere fomentar el debate entre los alumnos sobre las nuevas aplicaciones de la biotecnología en el área de la salud y la percepción pública que estos generan. En general, por tratarse de la salud, estos desarrollos resultan menos controvertidos que los alimentos transgénicos. La información que aporta este cuaderno basada en conocimientos científicos puede contribuir a la comprensión y una evaluación informada de estas nuevas tecnologías para el desarrollo de las llamadas “vacunas del futuro”.

Actividad 1. Repaso de conceptos

- a. Explicar cómo está preparadas las vacunas. *Rta. Están preparadas con el agente patógeno vivo, aletargado o muerto, o con las proteínas del agente extraño responsables de desencadenar la respuesta inmune.*
- b. Explicar por qué la vacunación se considera un método preventivo. *Rta. A través de la vacuna se obliga al sistema inmune a generar una respuesta que deja al organismo “alerta” en caso de que el agente extraño en su estado “salvaje” ingrese al organismo. En ese caso, se desencadena una respuesta inmune rápida y eficaz, que elimina al agente patógeno antes de que pueda generar la enfermedad.*
- c. Explicar por qué cada vacuna es específica para prevenir una enfermedad determinada y no sirve contra otras enfermedades diferentes. *Rta. La respuesta inmunológica es específica y genera anticuerpos y linfocitos “memoria” específicos para cada tipo de antígeno o patógeno con el que entró en contacto.*
- d. ¿Cuál es el aporte de la biotecnología en la producción de vacunas? *Rta. Las vacunas se producen a partir del ADN que codifica para los antígenos, identificado, aislado y clonado en bacterias en el laboratorio. Además de preparar una vacuna que contiene el factor específico que desencadena la respuesta inmune, se evita el contacto con el patógeno completo.*
- e. ¿En que consisten las vacunas comestibles? *Rta. Alimentos (frutas, yogures, harinas, etc.) que contienen el antígeno que desencadena la respuesta inmune.*
- f. Mencionar las principales ventajas de las vacunas comestibles.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



Rta.

- Disminución de costos.
- Mayor accesibilidad ya que pueden ser cultivadas localmente utilizando para ello los cultivos tradicionales de una re
- Menores problemas de transporte y conservación de las vacunas (estables a temperatura ambiente).
- Evitaría los pinchazos.
- Evitaría el uso de jeringas no esterilizadas que aún ocurre en algunos países.

Actividad 2: El desarrollo de una vacuna comestible

En esta actividad se sugiere reordenar los pasos que se emplean en la obtención de una planta transgénica utilizada como vacuna.

1. Comprobación de la expresión de las proteína antigénicas recombinantes de origen viral, en los frutos de las plantas transgénicas.
2. Administración del fruto en forma oral para vacunar al paciente.
3. Transformar las plantas seleccionadas.
4. Aislar el gen que codifica a la proteína antigénica.
5. Identificar la proteína antigénica de un virus que provoca respuesta inmune.
6. Crecimiento de las células transformadas en un medio de cultivo conteniendo antibiótico.
7. Clonar el gen en un plásmido junto a un marcador de selección (por ejemplo, resistencia a algún antibiótico).
8. Tratamiento de los callos con hormonas vegetales.
9. Selección de los callos que crecieron en el medio de cultivo (aquellos generados a partir de las células vegetales transformadas, conteniendo el gen de interés y el de resistencia a dicho antibiótico)
10. Generación de raíces y tallos.

Rta: el orden correcto es: 5, 4, 7, 3, 6, 9, 8, 10, 1, 2.

Actividad 3: Comprensión de texto

Vacunas comestibles contra el sarampión.

(Fuente: Novedades en www.porquebiotecnologia.com.ar 08/04/2004)

Algún día los padres tendrán una razón más para hacer que sus hijos coman hortalizas y verduras. Además de todas las vitaminas y minerales que poseen, también podrían ser beneficiosas para la salud como vacunas comestibles. Un grupo de científicos australianos están desarrollando vacunas

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



comestibles contra el sarampión. Según los investigadores, las vacunas orales derivadas de cultivos que crecen fácil y localmente podrían mejorar la distribución, la administración e inclusive podrían provocar una respuesta inmune más eficiente que las vacunas convencionales. Ya han desarrollado plantas de tabaco transgénicas que tienen en sus hojas proteínas del virus del sarampión. Los ratones que se alimentaron con estas hojas desarrollaron anticuerpos capaces de inactivar al virus en pruebas de laboratorio. Uno de los investigadores, Ian Day, señaló: “Elegimos el tabaco porque es fácil de modificar genéticamente, pero el objetivo final es una planta que a los chicos les guste comer. Un grupo de Estados Unidos está desarrollando bananas que vacunan contra la hepatitis B. Dicen que el costo es de apenas unos centavos, comparado con los U\$100 o U\$200 de la vacuna actual”. Pero Day cree que las bananas son demasiado perecederas, a menos que se las procese y se las transforme en pasta. Otra posibilidad es usar arroz, pero la cocción podría arruinar la vacuna. En este sentido la harina de arroz sería mejor. Mientras la digestión destruye algunas vacunas, otras son resistentes o podrían hacerse resistentes fusionándolas a proteínas que normalmente residen en el tracto digestivo. En cuanto al sarampión, las vacunas tradicionales se basan en virus atenuados. La producción de esta vacuna es costosa, requiere de un freezer para el transporte y almacenamiento y de personas entrenadas para administrarlas. Este grupo está tratando de hacer una vacuna basada en un fragmento del virus que pueda ser insertado en una planta comestible. Esta vacuna sería barata, no requeriría cadena de frío y se administraría oralmente, sin la necesidad de personal especializado. Los investigadores dicen que esta vacuna podría estar disponible en diez años.

Preguntas para analizar el texto:

1. Según los investigadores, ¿Cuáles son las ventajas de las vacunas comestibles frente a las convencionales? Rta. las vacunas orales derivadas de cultivos que crecen fácil y localmente podrían mejorar la distribución, la administración e inclusive podrían provocar una respuesta inmune más eficiente que las vacunas convencionales
2. ¿Cuál es la planta transgénica que desarrollaron y que nueva característica posee? Rta: desarrollaron plantas de tabaco transgénicas que vacunan contra el sarampión.
3. ¿Por qué utilizaron esta planta? ¿Será administrada a los pacientes? Rta: Estas plantas fueron utilizadas como especie modelo (ver cuaderno N° 50) para comprobar la expresión de la proteína recombinante y que ésta, al ser administrada a ratones, les confiere inmunidad ante el virus del sarampión
4. ¿Cuál es la finalidad de la investigación? Rta: desarrollar una vacuna contra el sarampión en alguna planta que tenga fruto comestible, como por ejemplo, bananas.
5. ¿Cuáles son los pros y los contras de emplear bananas como vacuna comestible con el sarampión? Rta: esta vacuna sería barata, no requeriría cadena de frío y se administraría

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



oralmente, sin embargo tienen la desventajas de que las bananas se deterioran rápidamente. Debido a esto es que proponen administrarla de alguna forma procesada.

6. ¿Cómo se resolverían los inconvenientes que derivan de la inactividad debida a la cocción, o a la degradación enzimática en el tracto digestivo? **Rta.** Las vacunas se introducirían en harina de arroz en lugar de granos de arroz, y los antígenos se fusionarían a proteínas que resisten la acción digestiva.

Actividad 4: Cultivos que producen vacunas

La siguiente tabla muestra algunos cultivos utilizados para realizar vacunas comestibles, la parte de la planta comestible, algunas ventajas y desventajas de las mismas.

Se propone leer la sección teórica y completar el cuadro con los siguientes términos o frases:

Tabaco; sarampión; arroz; virus Norwalk; se conoce su genoma y se usa como especie modelo; alfalfa; papa; E. coli O157:H7; tomate; producto estable; fiebre aftosa; banana; HIV; maíz; SARS; necesidad de secar o congelar las hojas para el almacenamiento; lechuga; hepatitis B; espinaca; Hepatitis B y E; rabia; pueden ser consumidos crudos o parcialmente cocinados.

Órgano de la planta	Cultivos empleados	Ventajas y desventajas	Vacunas comestibles contra...
Hoja	----- ----- ----- -----	ü ----- ü Alto rendimiento. ü Producto inestable. ü -----	----- ----- ----- -----
Semilla	----- -----	ü Almacenamiento por mucho tiempo y a temperatura ambiente. ü ----- ü Menor rendimiento en la obtención de la proteína recombinante comparado con tabaco.	----- -----
Fruto o tubérculo	----- ----- -----	ü Pueden ser consumidos crudos o parcialmente cocinados	----- ----- -----

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



--	--	--	-------

Respuestas:

Órgano de la planta	Cultivos empleados	Ventajas y desventajas	Vacunas comestibles contra...
Hoja	Tabaco Alfalfa Lechuga Espinaca	<ul style="list-style-type: none"> ü Se conoce su genoma y se usa como especie modelo (tabaco). ü Alto rendimiento. ü Producto inestable. ü Necesidad desecar o congelar las hojas para el almacenamiento. 	Sarampión Fiebre aftosa Hepatitis B Rabia
Semilla	Arroz Maíz	<ul style="list-style-type: none"> ü Almacenamiento por mucho tiempo y a temperatura ambiente. ü Producto estable. ü Menor rendimiento en la obtención de la proteína recombinante comparado con tabaco. 	Sarampión E. coli O157:H7
Fruto o tubérculo	Papa Tomate Banana	<ul style="list-style-type: none"> ü Pueden ser consumidos crudos o parcialmente cocinados 	Hepatitis B y E virus Norwalk HIV SARS E. coli O157:H7

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



MATERIAL DE CONSULTA

1. “Producción de vacunas y compuestos farmacéuticos en plantas transgénicas”. Dr. Miguel A. Gómez Lims. México. www.cinvestav.mx/publicaciones/avayper/novdic/miguel.pdf
2. “Las plantas como fábricas de moléculas” www.e-campo.com/
3. Documento sobre las vacunas de nueva generación http://www.gen-es.org/02_cono/docs/VACUNAS.pdf
4. Vacunas. Tipos de vacunas y esquema de vacunación. www.salud.bioetica.org/vacunas.htm
5. “Cómo se modifica genéticamente una planta”. Argenbio. Textos, imágenes y animaciones. <http://www.argenbio.org/h/biotecnologia/10.php>
6. Inmunidad, sistema inmunológico, respuesta inmune, vacunas y sueros. Texto e imágenes. Sitio educativo español. http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/2BCH/B5_MICRO_INM/T52_INMUNOLOGIA/informacion.htm
7. Biotecnología y nutrición. www.porquebiotecnologia.com.ar/doc/documentos/pdf/BiotecnologiayNutricion.pdf
8. Animaciones sobre transformación de plantas con *Agrobacterium tumefaciens* y bombardeo con micropartículas. <http://www.agriculture.purdue.edu/agbiotech/images/Genegun1.html>
<http://www.agriculture.purdue.edu/agbiotech/images/leafdisk1.html>

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.