

# **FERMENTACIONES EN ESTADO SÓLIDO O SEMISÓLIDAS**

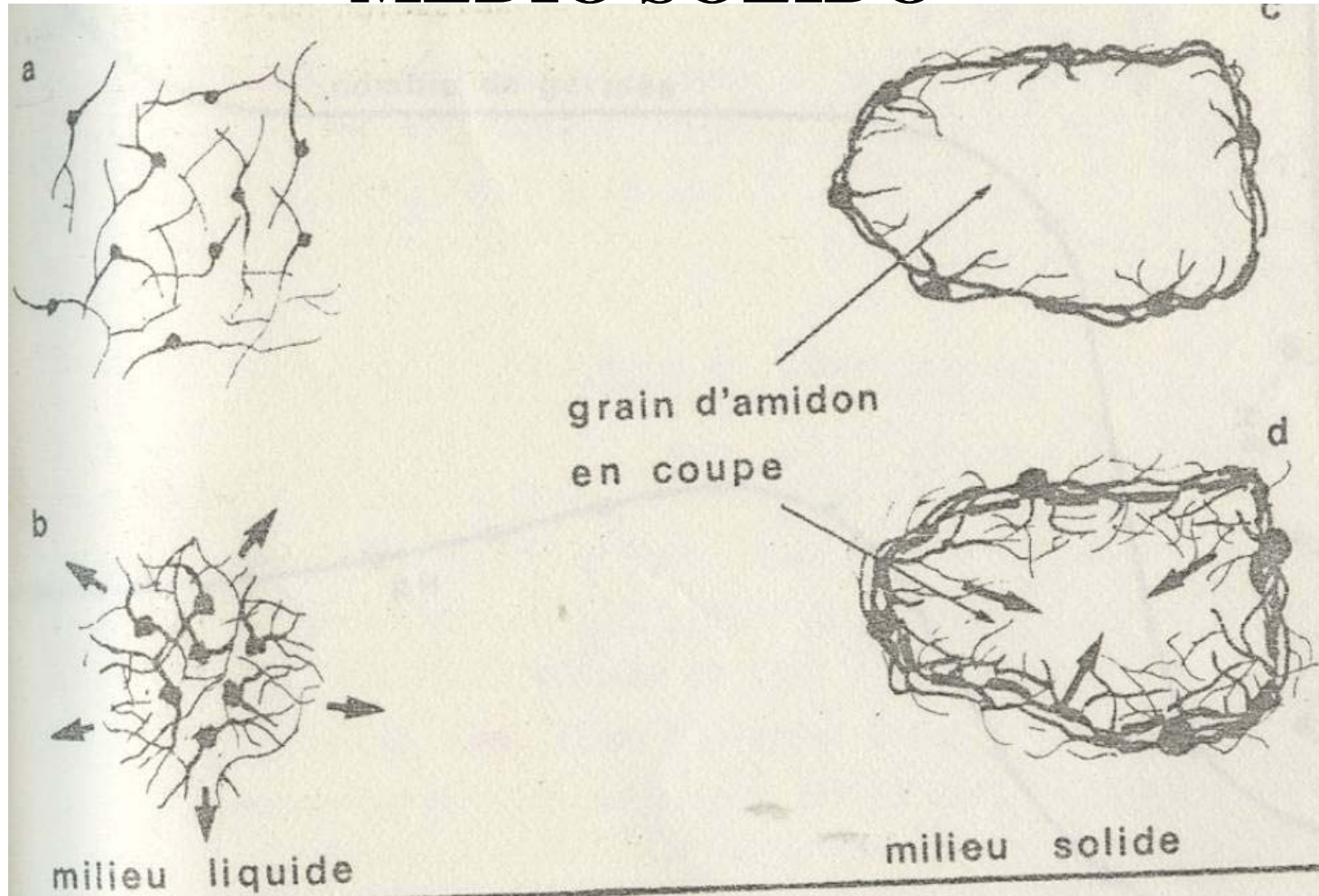
# FERMENTACIONES EN ESTADO SÓLIDO O SEMISÓLIDAS

- Fermentaciones de uno o mas sustrato con una cierta humedad.
- Ej.: 10% humedad  
90% sustrato
- Fermentaciones sumergidas utilizan 10-20% material sólido, el resto es solución conteniendo nutrientes.
- Se puede realizar en bandejas o en columnas.

# **FERMENTACIONES EN ESTADO SÓLIDO O SEMISÓLIDAS**

- Los microorganismos utilizados son fundamentalmente hongos, en algunos casos pueden ser : levaduras y bacterias.
- Dependiendo de la humedad del sustrato
- Se desarrollaron inicialmente para mejorar la conservación de alimentos.
- Para cambiar sus propiedades físicas
- Para eliminar factores antinutricionales
- Para mejorar digestibilidad

# DESARROLLO DEL MICELIO EN CULTIVOS SUMERGIDOS Y EN MEDIO SÓLIDO



# **FERMENTACIONES EN ESTADO SÓLIDO O SEMISÓLIDAS**

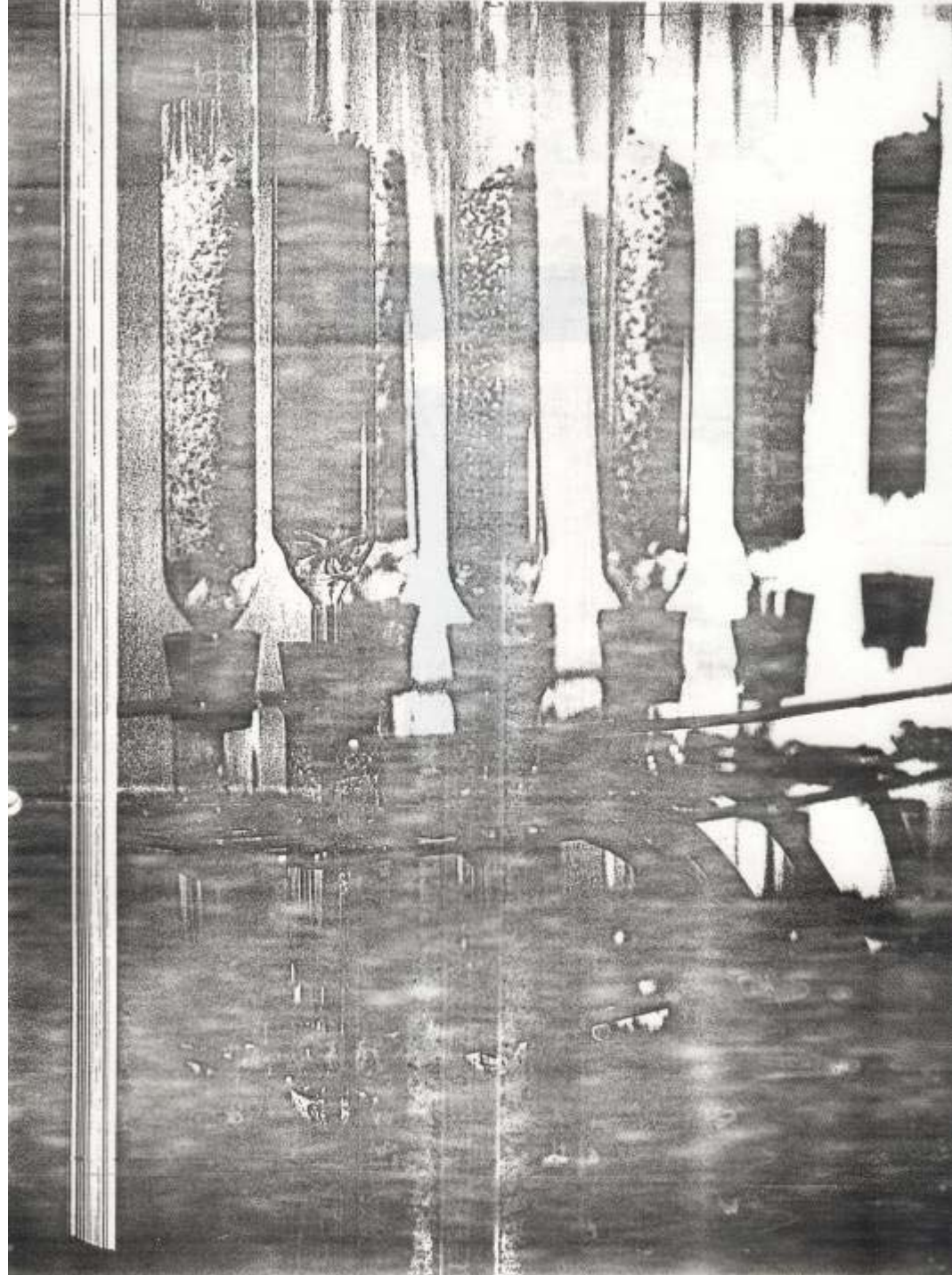
- Uso tradicional en oriente para producción de alimentos:
- Tempeh, Miso, Koji
- Debido a la baja disponibilidad de agua, en estas fermentaciones, no hay problemas de contaminación con bacterias, a pesar de que el sustrato no se esteriliza

# **FERMENTACIONES EN ESTADO SÓLIDO O SEMISÓLIDAS**

- Usos nuevos
- Producción de enzimas:
- Amilasas, celulasas, hormonas.
- Producción de ácidos:
- cítrico, gálico
- Producción de micotoxinas
- aflatoxina

# FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO







# CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE UN PROCESO DE FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO.

- Contenido de humedad:

$$a_w : 0.86 - 0.90$$

- $a_w = p. \text{ vapor solutos} / p. \text{ vapor solvente}$
- Debe ser determinada en cada caso

$$\begin{array}{ccccc} a_w & \longrightarrow & \text{bacterias} & \longrightarrow & 0.9 \longrightarrow \\ & & \text{hongos} & \longrightarrow & 0.7 \longrightarrow \end{array}$$

# CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE UN PROCESO DE FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO

Temperatura

- Ajustar pH (M.O)
- Hacer un pretratamiento al sustrato (poroso) debe quedar con una estructura granulosa.
- Agregar nutrientes (N, P)
- Inocular con alta concentración de esporas

# COMPARACIÓN ENTRE TIPOS DE FERMENTACIÓN

F. sumergida      F.s. sólida

- |                            |          |            |
|----------------------------|----------|------------|
| • Conocimiento fisiológico | numeroso | escaso     |
| • Conocimiento tecnológico | bastante | suficiente |
| • Mantención cond. óptimas | fácil    | difícil    |
| • Control de parám         | fácil    | difícil    |

# COMPARACIÓN ENTRE TIPOS DE FERMENTACIÓN

	F. sumergida	F.s. sólida
• Vol. de equipos	elevado	reducido
• Gasto de energía	elevado	reducido
• Inversión	elevada	reducida
• Productividad	alta	alta
• Rendimiento	alto	bajo

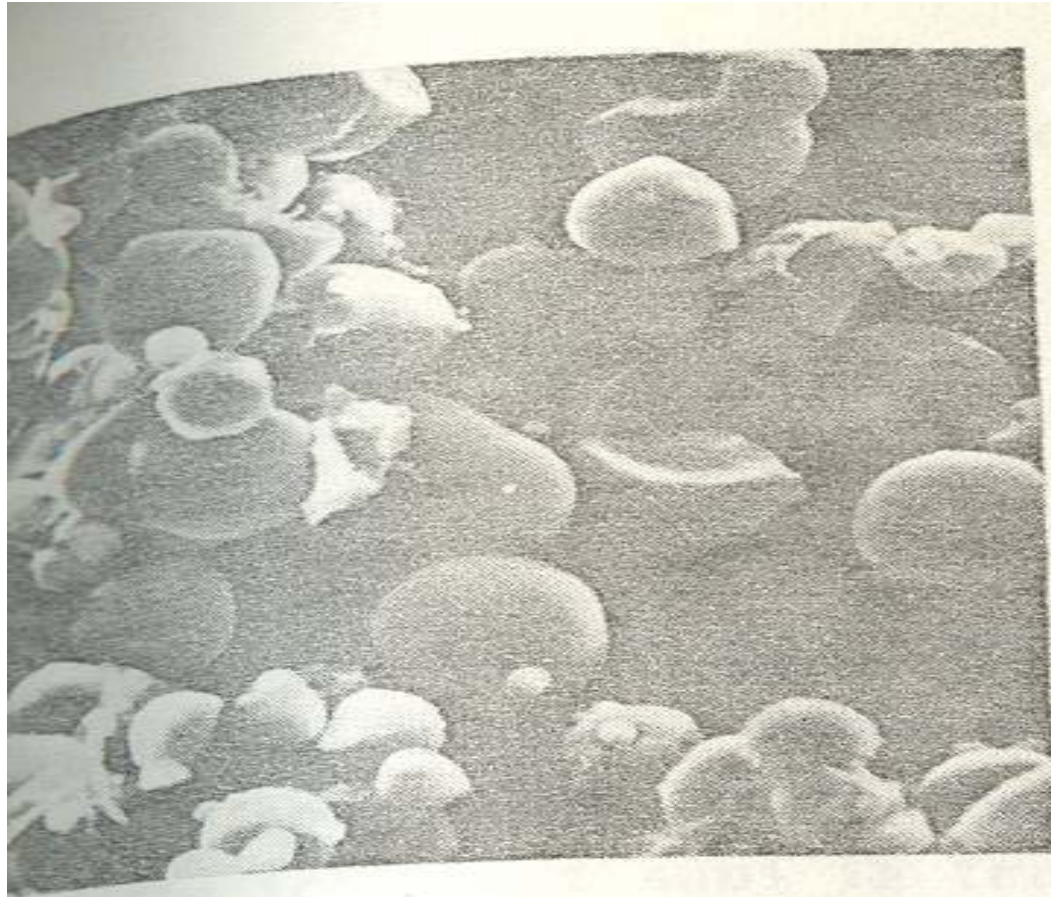
# VENTAJAS DE LAS F. SEMISÓLIDAS

- Con ayuda de tecnología se puede hacer a muy pequeña escala.
- No se producen residuos al final de la fermentación; en tempeh 25% de azúcares → proteína.
- Los requerimientos de agua son muy bajos y el producto se puede secar mas para estabilizarlo
- Aunque se produce contaminación esta es propia de los laboratorios, es limitada su extensión y fácilmente detectable.

# **VENTAJAS DE LAS F. SEMISÓLIDAS**

- En general los productos no requieren un tratamiento posterior.
- No requiere concentración, mas bien dilución.
- Sólido aglomerado
- Se produce una expresión diferencial de ciertos metabolitos que no se expresan en medios líquidos.
- Volumen limitado de efluentes

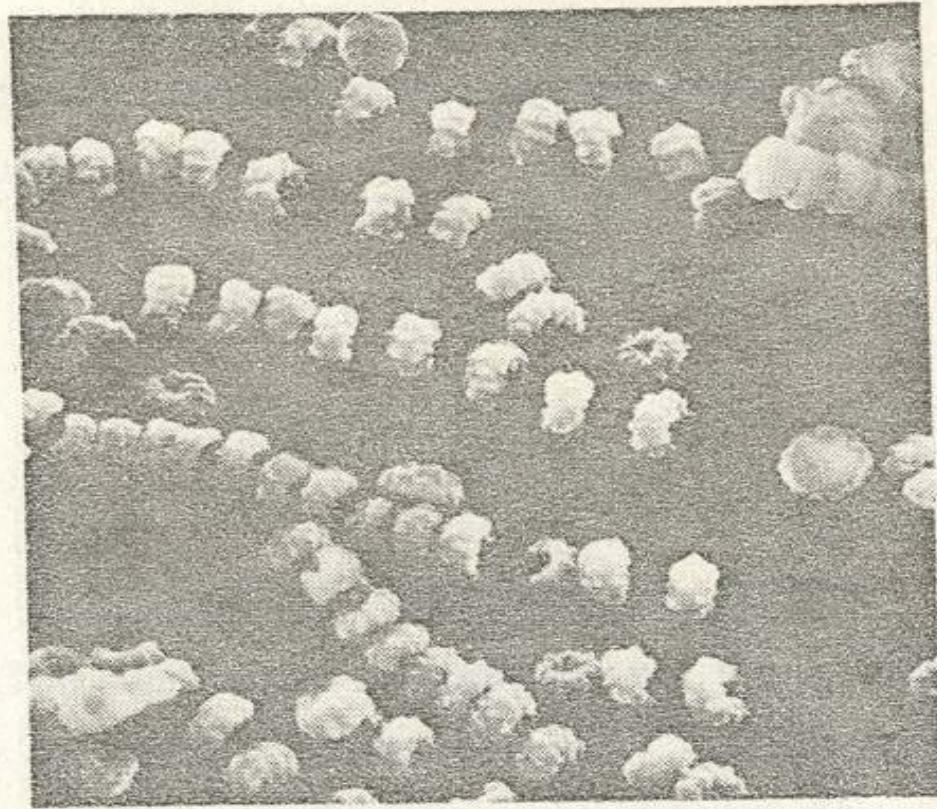
# GRANOS DE ALMIDÓN DE MANDIOCA CRUDA



a

65  $\mu$

# **ESPORAS DE *ASPERGILLUS* *HENNEBERGEI***

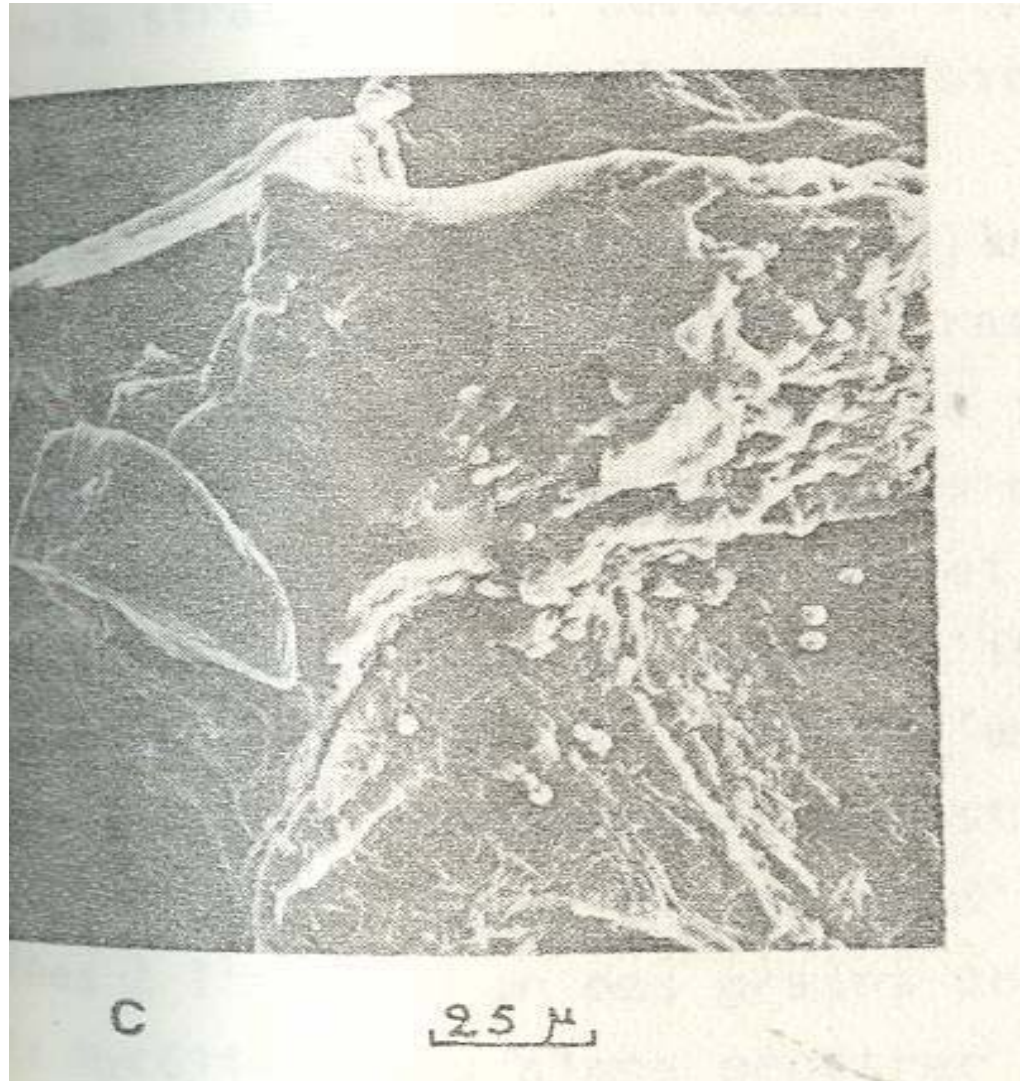


b

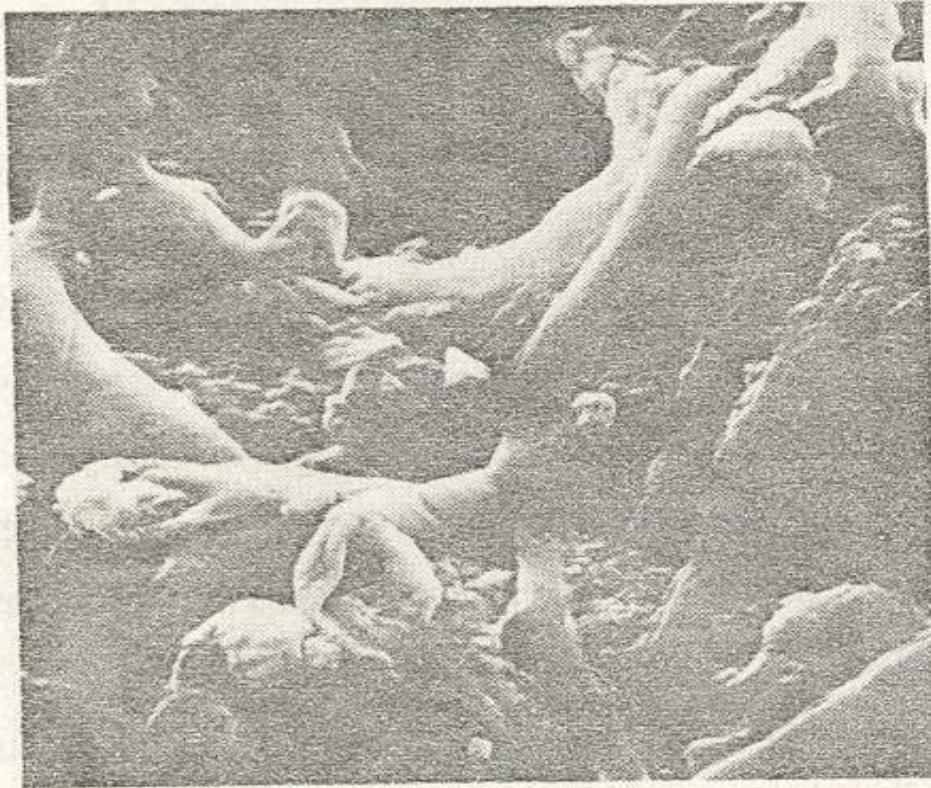
10  $\mu$



# GRANOS DE ALMIDÓN COCIDO INOCULADO CON LAS ESPORAS (T=0)



# GERMINACIÓN DE LAS ESPORAS (8 HORAS DE INCUBACIÓN)



d

10  $\mu$

# DESARROLLO DEL MICELIO EN LA SUPERFICIE DE LOS GRANOS DE ALMIDÓN (T= 10 HORAS)

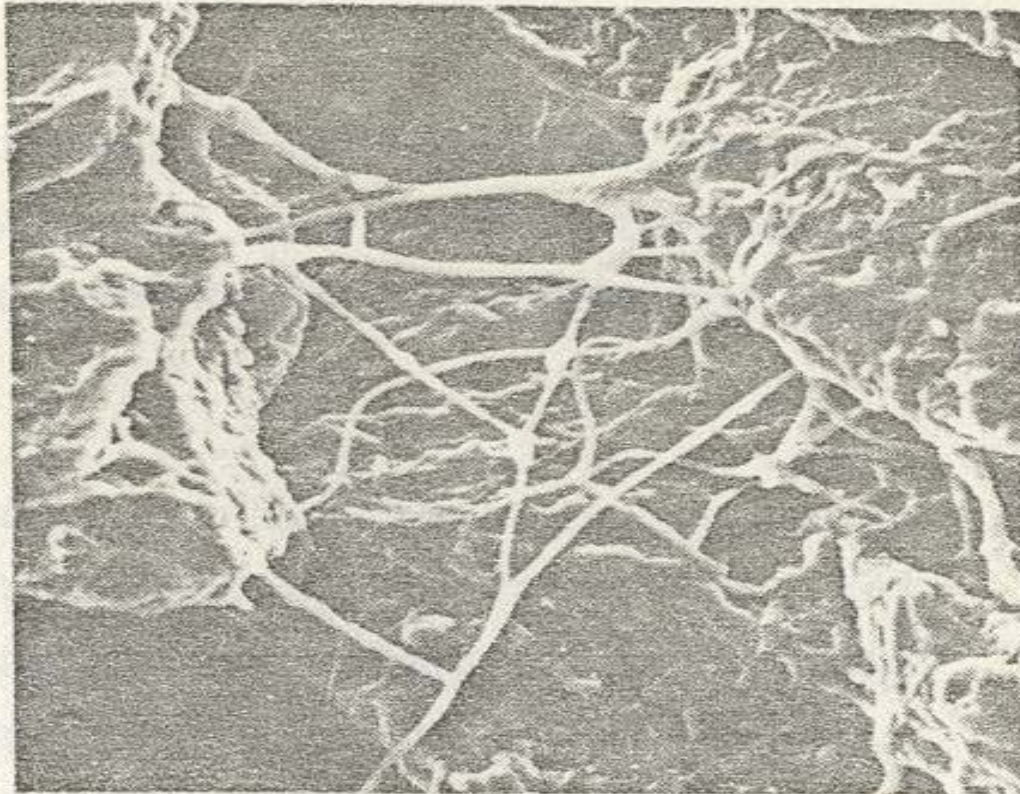


e

40  $\mu$



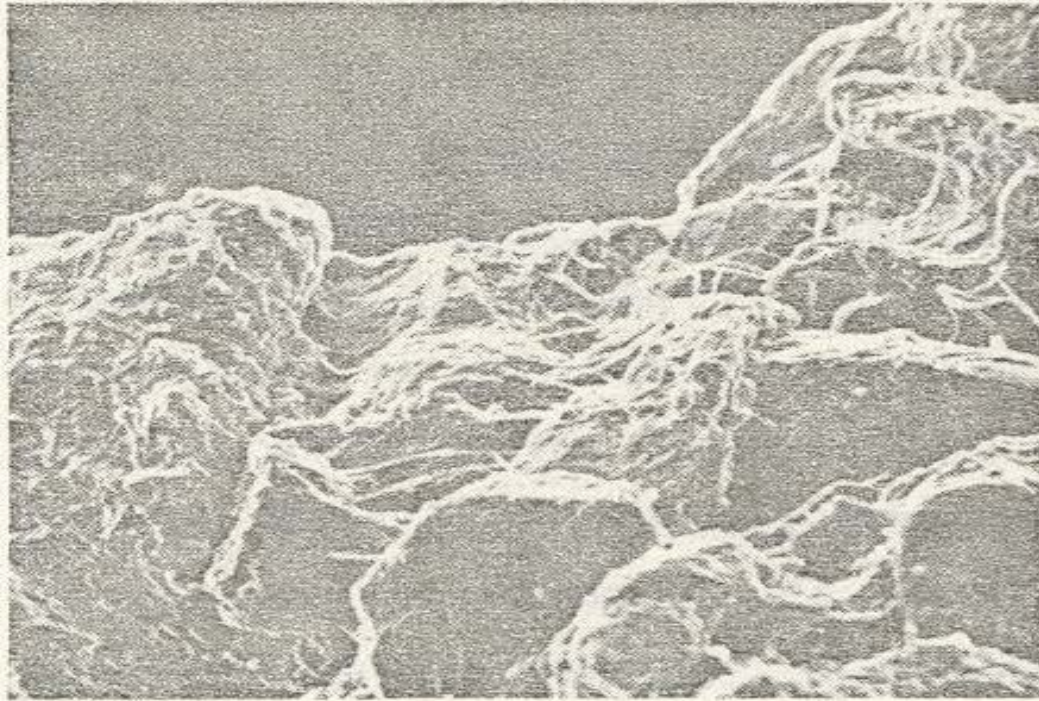
# CREACIÓN DE PUENTES DE MICELIO ENTRE LOS GRANOS DE ALMIDÓN (16H)



f

40  $\mu$

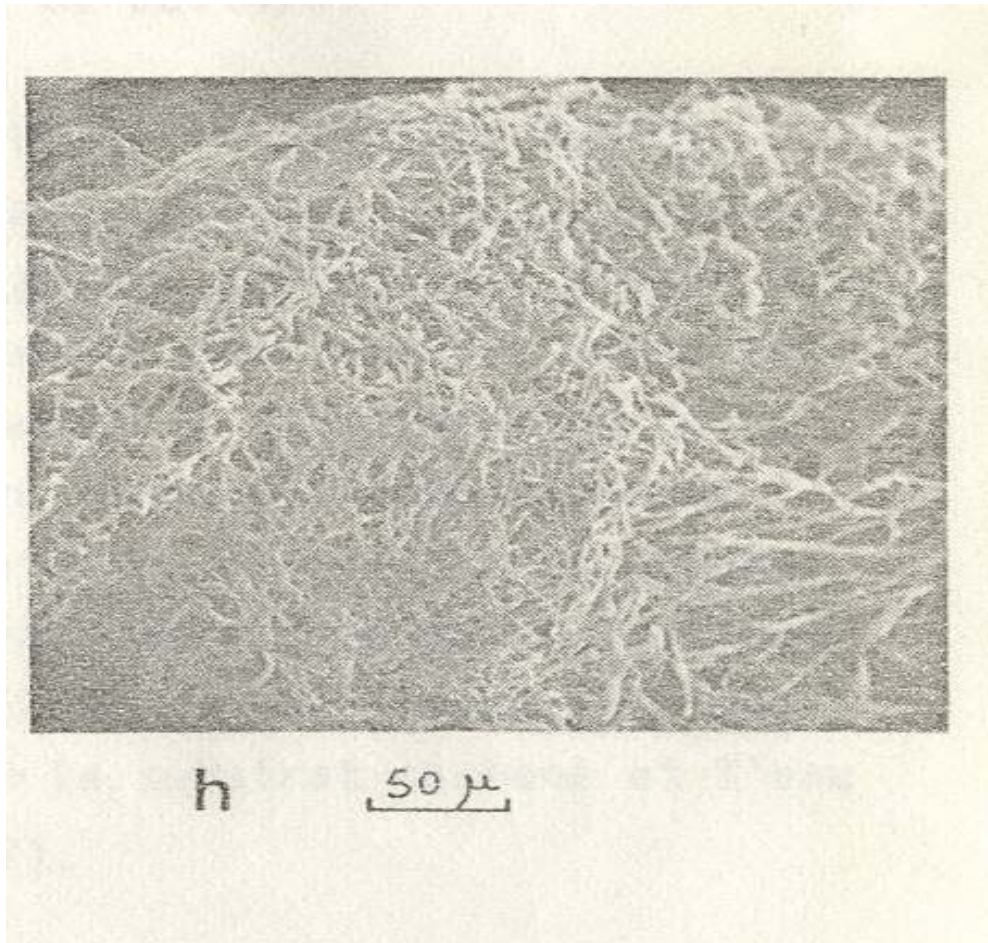
# ASPECTO GENERAL DEL PRODUCTO A LAS 20 HORAS DE INCUBACIÓN



g

100 μ

# COLONIZACIÓN TOTAL Y DIGESTIÓN DE LOS GRANOS DE ALMIDÓN (T=24HORAS)



# ALIMENTOS FERMENTADOS ORIENTALES: SALSA DE SOYA O SHOYU

- Original de china, tendría miles de años
- Se prepara a partir de porotos de soya, los que se remojan y se hierven.
- Se enfrían y mezclan con trigo tostado, lo que entrega nutrientes para el desarrollo del hongo.
- Se inocula inicialmente con *Aspergillus oryzae* el que convierte:
- Almidón —→ Azúcares fermentables (glucosa)



# SALSA DE SOYA: SHOYU

- El puré de azúcares fermentables se deja fermentar por 6-12 meses con una mezcla de bacterias del ác. Láctico y levaduras.
- Cuando los porotos se encuentran completamente colonizados con el hongo, se agrega salmuera → 20%
- Se producen enzimas que hidrolizan: proteínas, grasas, etc. y producen una solución que contiene el sabor típico de la carne y se denomina Salsa de Soya.
- Se consume con arroz cocido generando un buen alimento.



# SALSA DE SOYA: SHOYU

- El tamari es similar pero tiene un sabor ligeramente más fuerte y está hecho sin trigo (por lo tanto sin gluten). La fermentación del shoyu y el tamari lleva más o menos un año.
- La mayoría de la salsa de soja que se encuentra en supermercados convencionales no es salsa de soja real sino que se ha hecho mediante hidrólisis química partiendo de harina de soya desgrasada, colorante de caramelo y jarabe de maíz sin ningún proceso de fermentación.

# Miso

- Pasta de poroto soya con sabor a carne
- El miso es un condimento fermentado hecho de granos de soya, cereales (arroz o cebada), sal y agua.
- El shoyu-moho (*Aspergillus oryzae*) se crece en arroz o cebada para formar —→ koji conteniendo enzimas las cuales se combinan y muelen hasta formar una pasta con los porotos de soya cocidos.
- Se agrega sal

# Miso

- Para hacer miso hay que cocinar arroz pulido al vapor que luego se inocula con el hongo *Aspergillus oryzae* y se deja fermentar para así crear un producto llamado koji.
- Después el koji se mezcla con los granos de soya que previamente han sido calentados y extrusionados con agua y sal dando lugar a hebras. Todo esto se deja fermentar en grandes cubas.
- El sabor, color, textura y aroma del miso varia enormemente y depende de su origen y elaboración.

# Miso

- Se utiliza para dar sabor a sopas, potajes y salsas.
- En el miso se come todo, por lo que se tiene una excelente dieta, con alta concentración de proteínas.
- Se produce un aumento de la digestibilidad de los alimentos.
- Los japoneses lo comen o toman en forma de sopa al desayuno.

# TEMPEH

- Alimento original de Indonesia.
- El tempeh es una pasta de granos de soja fermentados que se hace inoculando un tipo de hongo llamado *Rhizopus oligosporous* a los porotos de soja cocidos.
- Este hongo forma un micelio que mantiene unidos los granos de soja y es responsable de esas manchas negras que se ven en el tempeh.
- Tiene una textura 'correosa' y un sabor muy peculiar. Puede sustituir a la carne en recetas que lo requieran. Se puede freír, preparar al horno o al vapor.

# TEMPEH

- El tempeh contiene vitamina \*B<sub>12</sub> la que se encuentra normalmente en carnes y otros alimentos de origen animal
- \* Cianocobalamina, su deficiencia produce anemia.
- Requerimientos: 1- 1.5 mg/al día
- Esta vitamina es producida por una bacteria, no por el hongo.
-

# TEMPEH

- Preparación de tempeh
- Poroto soya se remoja por dos horas en agua
- se cuecen por 30 minutos
- se escurren y enfrían
- se inoculan con *Rhizopus oligosporus*
- se colocan sobre bandejas
- se incuban a 30°C por 20-24 hrs.)
- se obtiene tempe (se fríe para comer)

# **PRODUCCIÓN DE UN FORRAJE ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA**

- **Proceso para la producción de un forraje enriquecido en proteína a partir de la fermentación en estado sólido de la caña de azúcar que comprende:**
- **Corte y molienda de la caña de azúcar, inoculación del sustrato y fermentación caracterizado porque se logra un proceso no estéril donde se muele**
- **Hasta un tamaño de partículas comprendido en un diámetro equivalente entre 0,3 - 5 mm.**



# **PRODUCCIÓN DE UN FORRAJE ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA**

- **Se inocula con un nivel de inóculo que oscila entre  $10^7$ -  $10^8$  esporas/g de caña y la fase de fermentación se desarrolla con una humedad que oscila entre 50-80%.**
- **La aireación de 1-10 l de aire /kg de caña a pH entre 3,5 - 6,0 y**
- **Temperatura entre 30 - 55°C que se logra mediante la remoción de calor con la**
- **Humedad de aire entre 10-80% de saturación.**

# **PRODUCCIÓN DE UN FORRAJE ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA**

- **Se obtuvo un producto final con las siguientes características:**
- **Peso Final: 130 Kg.**
- **% de Humedad Final: 79%**
- **% de Proteína bruta en el producto final: 8% (b.s.)**
- **Por este proceso se logró incrementar el contenido de proteína 4 veces.**

# PRODUCCIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO

- Ácido giberélico es una hormona vegetal que permite aumentar la maduración de la uva de mesa.
- Se puede producir a partir del cultivo en estado sólido del hongo *Gibberella fujikuroi*.
- Utilizando nutrientes, sales, urea, y algún sustrato de bajo precio, se hace crecer en amberlita, con una  $a_w$  de 0.985 en columnas de vidrio. Se obtuvo un desarrollo de biomasa de 40 mg/g de soporte y una producción de ácido giberélico de 0.73 mg/g soporte.

# ENRIQUECIMIENTO PROTEICO DE PAPA Y COSETA DE REMOLACHA

- Con el objeto de obtener un alimento animal rico en proteínas se cultivó *Aspergillus niger* en papa rallada, humedecida y precocida, agregándole algunas sales, a pH 4.5 y 55% de humedad.
- La concentración de proteínas aumentó de 8.9% a 19.6% en base seca.
- También se obtuvo un aumento en la calidad biológica de la proteína.
- No contenía aflatoxina.

# ENRIQUECIMIENTO PROTEICO DE PAPA Y COSETA DE REMOLACHA

- La coseta de remolacha un sustrato de muy bajo valor nutritivo, proveniente del proceso de obtención de azúcar de remolacha se utilizó para desarrollar mediante cultivo en estado sólido el hongo *Pleurotus ostreatus* (hongo ostra). Utilizando 70% de humedad.
- Se obtuvo también un alto enriquecimiento proteico.