

Biotecnología Alimentaria: PROTEINA UNICELULAR

Máster Universitario en Ingeniería Química

Prof. Marina Patricia Arrieta Dillon y Prof. M^a del Mar de la Fuente García-Soto

Esquema

1. Introducción y aspectos nutricionales
2. Sustratos y microorganismos utilizados
3. Fermentadores
4. Procesos de producción: ejemplos
 1. Gasoil y n-parafinas
 2. Metanol y etanol
 3. Lactosuero
 4. Melazas

1. Introducción y aspectos nutricionales. Definición

Proteína unicelular ~ Micoproteína ~
Biomasa microbiana ~ Bioproteína

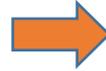
Proteína de organismos unicelulares

Aquella obtenida de **algas, bacterias, levaduras y hongos filamentosos**, cultivados en condiciones fermentativas apropiadas y controladas que garanticen una adecuada tasa de crecimiento, por medio del aprovechamiento de sustratos baratos.

SCP – Single Cell Protein – Estándar internacional

1. Introducción y aspectos nutricionales. Definición

Demanda proteínica de
la población
siete mil millones



Fuente de proteína
para alimentación
animal

Cambio climático

“Hay que modificar los hábitos de consumo”

1 Kg de Quorn  2 kg de trigo

1 Kg de Carne  12-24 kg de alimento



Fuente: <https://tracinggreen.uk/lifestyle/teeside-company-quorn-forefront-sustainable-food/>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:QUORN_LOGO_2_Full_Colour_NonKeyline_CMYK.jpg

1. Introducción y aspectos nutricionales. Definición



<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

1. Introducción y aspectos nutricionales. Definición

Aspectos nutricionales

Composición porcentual promedio

Componentes	Hongos filamentosos	Algas	Levaduras	Bacterias
			Soja	Pescado
Proteína (%)	30-50	40-63	45-56	50-83
Grasas (%)	2-8	7-20	2-6	1,5-3
Cenizas (%)	9-14	8-10	5-9,5	3-7
Ácidos Nucléicos (%)	7-10	3-8	6-12	8-16
Amino ácidos (%)	-	-	54	65
Humedad (%)	13	6	4,5	2,8

Fuente: A. CHACON. Perspectivas actuales de la proteína unicelular (SPC) en la agricultura y en la industria. Candida utilis: torula Agronomía mesoamericana. Vol. 15. 2004

1. Introducción y aspectos nutricionales. Definición

Aspectos nutricionales

Proteína de alto valor biológico

Aminoácidos esenciales promedio g/100 g de proteína

	Hongos				FAO
Amino ácidos (%)	filamentosos	Algas	Levaduras	Bacterias	recomendación
★ Lisina	3,9	4,6	7,7	7,6	4,2
★ Treonina	-	4,6	4,8	5,4	2,8
★ Metionina	1	1,4	1,7	2	2,2
Cisteina	-	0,4	-	-	-
★ Triptofano	1,25	1,4	1	-	-
★ Isoleucina	3,2	6	4,6	5,3	4,2
★ Leucina	5,5	8	7	7,3	4,8
★ Valina	3,9	6,5	5,3	7,1	4,2
★ Fenilalanina	2,8	5	4,1	4,6	2,8
★ Histidina	-	-	2,7	7,8	-
Arginina	-	-	2,4	6,4	-

★ Amino ácidos esenciales

1. Introducción y aspectos nutricionales. Definición

Aspectos nutricionales

Parámetros nutricionales de las SCP

Aspecto nutricional	Hongos Filamentosos	Algas	Levaduras	Bacterias
Valor Biológico	70-75	54-72	32-88	70-78
Utilización Neta de Proteína	-	35-60	64-82	47-64
Digestibilidad	-	65-84	71-90	67-84

Fuente: A. CHACON. Perspectivas actuales de la proteína unicelular (SPC) en la agricultura y en la industria. Candida utilis: torula Agronomía mesoamericana. Vol. 15. 2004

1. Introducción y aspectos nutricionales. Definición

Aspectos nutricionales

Contenido aproximado de vitaminas en mg/100g (base seca) de algunos microorganismos empleados como fuente de SCP.

Vitamina	<i>Morchella hortensis</i>	<i>Candida utilis</i>	<i>S. cerviciae</i>	<i>Methylomonas methanica</i>
Tiamina	0,52	0,53	5-36	1,81
Riboflavina	1,31	4,5	3,6-4,2	4,82
Niacina	12,4	41,73	80-100	15,9
Piridoxina	2,62	3,34	2,5-10	14,3
Ácido pantoténico	12,6	3,72	10	2,42
Ácido fólico	1,09	2,15	1,5-1,8	-
Inositol	1,78	-	-	-
Colina	4,61	-	-	968
Vitamina B12	0	0	0	0,95
Biotina	0,015	0,23	0,5-1,8	-
Ácido p-aminobenzoico	-	1,7	0,9-1,0	-

1. Introducción y aspectos nutricionales. Definición

Aspectos nutricionales

Ventajas

1. Elevado contenido vitamínico y proteico
2. Requerimientos de crecimiento sencillos
3. Altas tasas de crecimiento y productividad

Organismo	Tiempo necesario para duplicar la masa
Bacterias	10 -120 minutos
Levaduras	1 – 3 horas
Algas	2 - 6 horas
Hongos filamentosos	4 - 12 horas
Hierba y plantas	1 - 2 semanas
Pollos	2 - 4 semanas
Cerdos	4 - 6 semanas
Vacas	1 - 2 meses
Humanos	0,2 - 0,5 años

1. Introducción y aspectos nutricionales. Definición

Aspectos nutricionales

Ventajas

4. Eficiencia de alimentación:
1 kg células / 2 kg de glucosa
1 kg de carne de vaca / 18 kg de cereales
5. Crecen en sustratos baratos y de deshecho agroindustrial
6. Más fáciles de manipular genéticamente
7. La producción es independiente de factores estacionales o climáticos



<https://www.publicdomainpictures.net/es/view-image.php?image=212711&picture=astronauta>

Aplicación

Alimentación humana

Aplicación

Alimentación animal

1. Introducción y aspectos nutricionales. Definición

Aspectos nutricionales

Desventajas

1. Rechazo por el consumidor
2. Características organolépticas deficientes
3. Posible contaminación de los sustratos
4. Alto contenido en ácidos nucleicos libres: 10-16 % en bacterias, 6-10 en levaduras, 2,5-6 % en hongos
5. Obtención de proteína en concentraciones diluidas
6. Altos costes de producción



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spirulina_powdder_close.jpg

Spirulina

2. Sustratos y microorganismos utilizados

Factores de selección del microorganismo

- ✓ Sustrato y especificidad hacia el sustrato
- ✓ Requerimientos nutricionales
- ✓ Velocidad de crecimiento
- ✓ Estabilidad biológica y genética
- ✓ Bioseguridad
- ✓ Capacidad para crecer en un proceso continuo
- ✓ Tolerancia de pH y temperatura
- ✓ Aireación
- ✓ Facilidad de separación del medio de cultivo
- ✓ Calidad exigida a la biomasa
- ✓ Etc.

2. Sustratos y microorganismos utilizados

Microorganismos más usados en la producción de SCP

Fuente de Energía
o de Carbono
(Sustrato)

CO₂ →

Géneros **Ejemplos**

Spirulina, Scenedesmus, Chlorella

Celulósicos →

*Actinomucor, Aspergillus, Bacillus,
Gliocladim, Polyporus, Thermococcus*

Carbohidratos →

*Candida, Torula, Saccharomyces,
Kluyveromyces fragilis*

Hidrocarburos →

*Methylomonas,
Methanomonas,
Hydrogenomonas*

2. Sustratos y microorganismos utilizados

2.1. Hidrocarburos:

BP (British Petroleum) y ICI (Imperial Chemical Industry)

Toprina: *Candida lipolytica*, *C. tropicalis*, *C. oleophila*, y *Saccharomyces lipolytica*

- n-parafinas (12-20 nº C) y gasóleo
- Baja solubilidad / capacidad de emulsión
- No renovable y coste económico en alza
- Controversia de riesgo carcinogénico

2.2. Alcoholes: metanol y etanol:

ICI

Pruteen: *Methylophilus methylotrophus*

Torutein: *Torula* – *Candida utilis*

- Gran gama de fuentes
- No son económicamente rentables

2.3. Residuos industriales y agrícolas

- Aguas residuales: celulosa, café, almidón, alimentos, papel (aguas sulfúricas): *Candida utilis*, *C. tropicalis*, *Chaetomiun cellulolyticum* y *Paecilomyces varioti*
- Gases de deshecho industrial
- Melazas de la industria azucarera: *Saccharomyces cerevisiae* o *Fusarium graminearum*
- Residuos de la industria vinícola o vinazas: *Chaetomiun cellulolyticum*

2.3. Residuos industriales y agrícolas

- Desechos de la industria láctea o lactosuero: *Candida utilis*, *Kluyveromyces marxianus* y *K. fragilis*
 - Residuos de cáscaras de cítricos como bagazo de naranja: *Aspergillus niger*
 - Residuos forestales: *Candida utilis*
 - Etc.
-
- Residuos renovables y baratos
 - Pretratamientos térmicos, químicos e hidrólisis enzimática
 - Variaciones estacionales

Sustratos para la producción de proteína microbiana

Hidrocarburos

- Metano: disponible todo el año, sin pretratamientos y con rendimientos de 0,3 a 1,4 g/g sustrato
- n-parafinas: todo el año, pretratamientos de separación previa, rendimientos altos (1 g/g sustrato)

Alcoholes

- Metanol: disponible todo el año, sin pretratamientos y con rendimientos de 0,25 a 0,5 g/g sustrato
- Celulosa: todo el año, sin pretratamientos y rendimientos de 0,6 a 0,7 g/g sustrato

Sustratos para la producción de proteína microbiana

Sacáridos

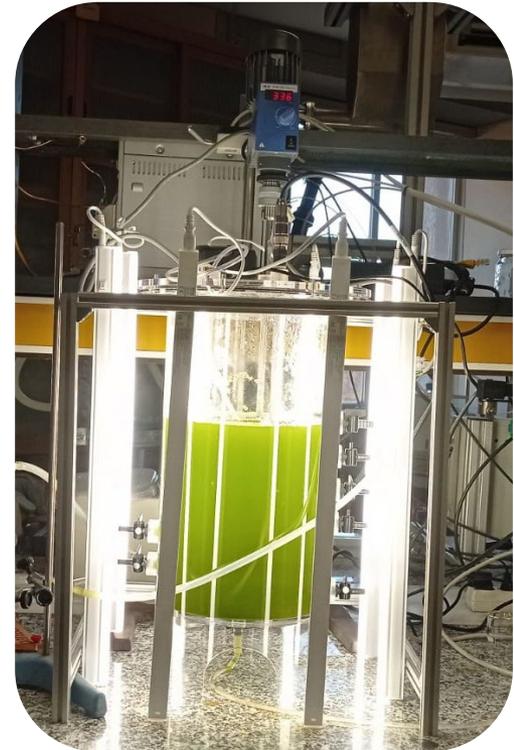
- Melazas: estacionales, pretratamientos sencillos y con rendimientos de 0,25 a 0,33 g/g sustrato
- Lactosueros: disponibilidad todo el año, sin pretratamientos, rendimientos bajos (0,03 g/g sustrato)
- Residuos de patata: disponibilidad todo el año, pretratamientos sencillos y rendimientos 0,5 g/g sustrato
- Fruta: estacionales, sin pretratamientos, rendimientos bajos (0,03 g/g sustrato)

Polisacáridos

- Almidón: estacionales, pretratamientos de hidrólisis y con rendimientos de 0,5 a 0,6 g/g sustrato
- Celulosa: disponibilidad todo el año, pretratamientos de hidrólisis y rendimientos bajos (0,03 g/g sustrato)

Esquema

1. Introducción y aspectos nutricionales
2. Sustratos y microorganismos utilizados
- 3. Fermentadores**
4. Procesos de producción
 1. Gasoil y n-parafinas
 2. Metanol y etanol
 3. Lactosuero
 4. Melazas



3. Fermentadores

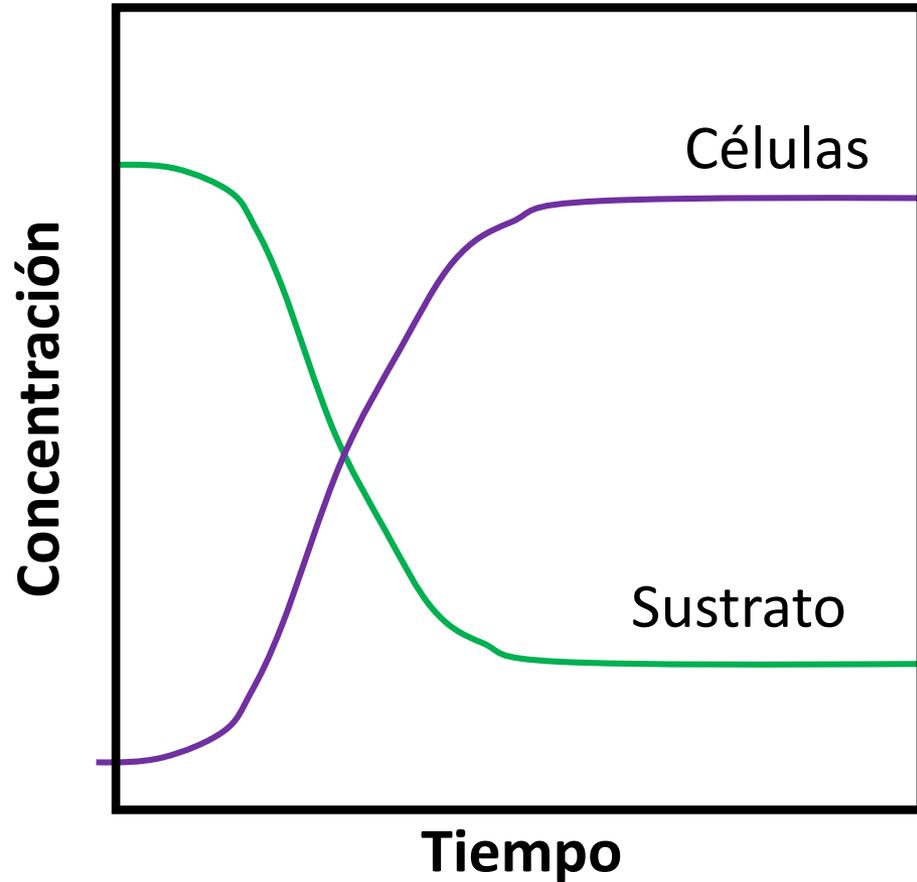
Al inicio:

1. Disolución estéril de nutriente y sustrato
2. Se inocula

Resto del tiempo

1. Oxígeno
2. Ácidos o bases

Fermentación Discontinua Batch



3. Fermentadores

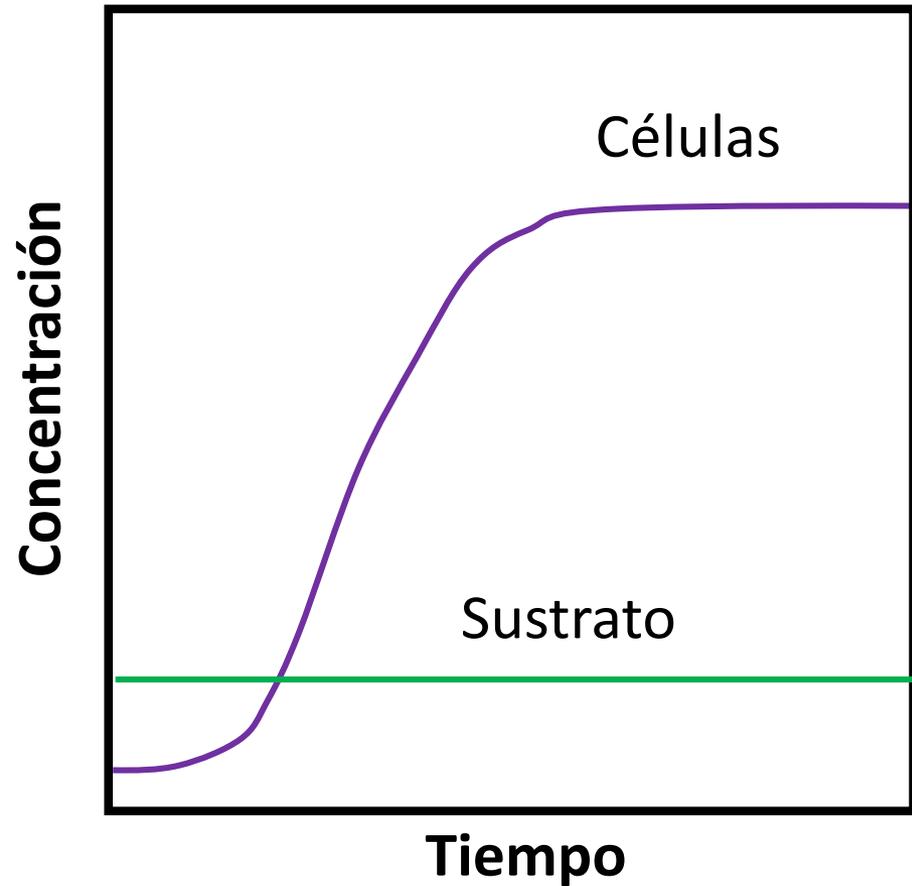
Al inicio:

1. Se inocula

Resto del tiempo

1. Oxígeno
2. Ácidos o bases
3. Los nutrientes y el sustrato se añaden escalonadamente

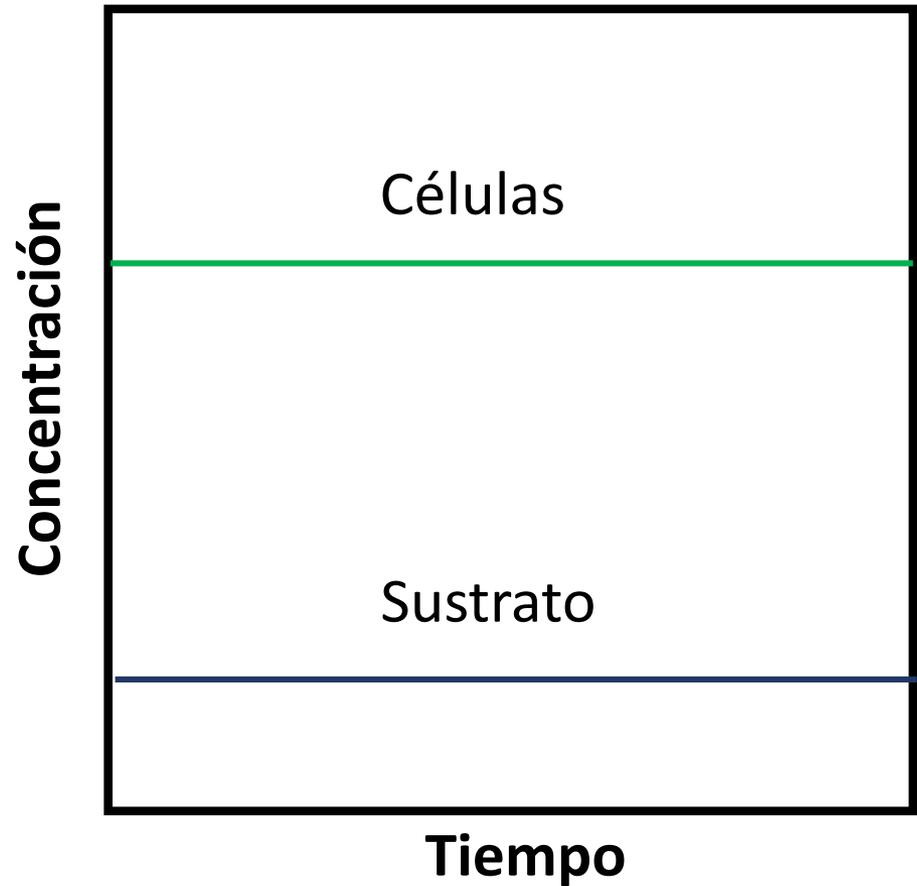
Fermentación alimentada Fed-Batch



3. Fermentadores

1. Solución nutritiva estéril se añade continuamente
2. Solución equivalente de nutrientes y microorganismos se saca simultáneamente

Fermentación continua



3. Fermentadores



Elevada velocidad de transferencia de oxígeno

Velocidades de respiración altas
Incremento de calor metabólico

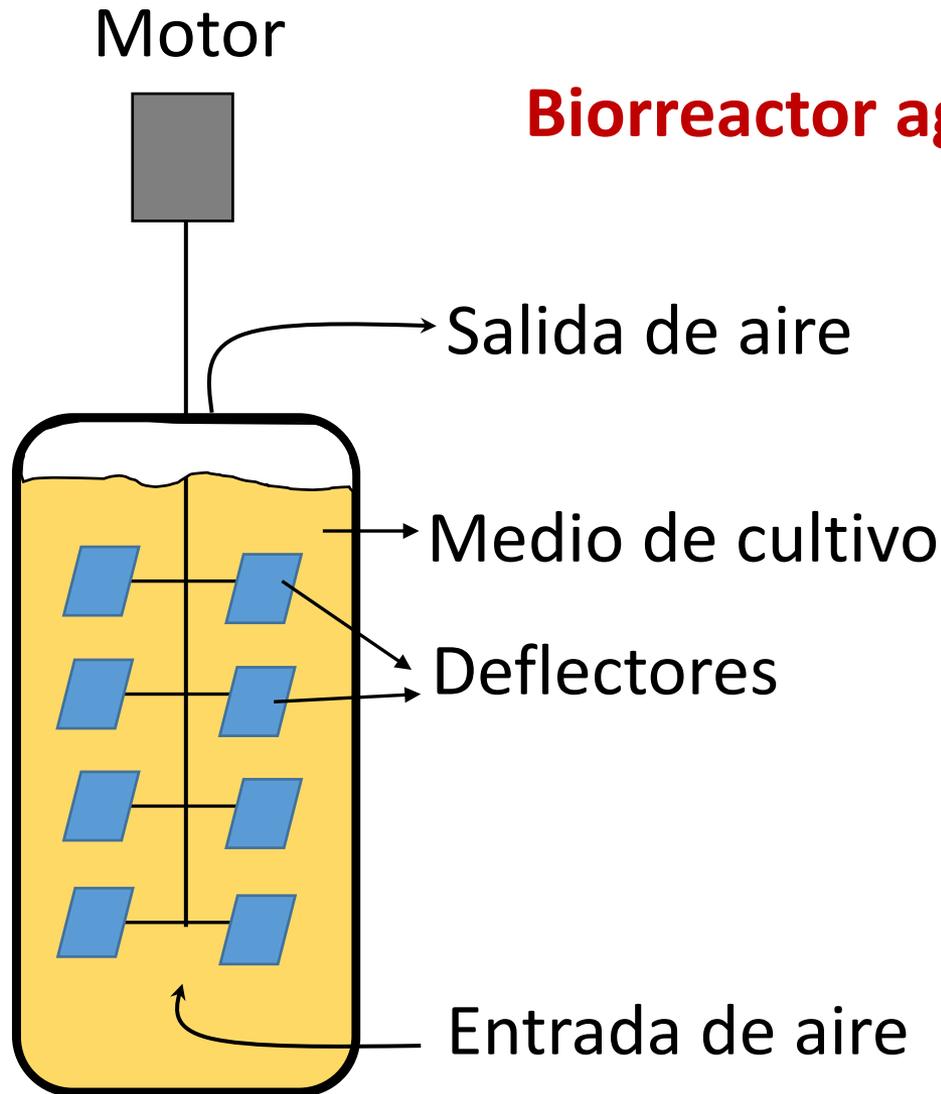
Control de temperatura
Refrigeración eficaz

Control de pH
Adición de ácidos o bases



Máxima producción
Biorreactor continuo
Tiempo de residencia corto

3. Fermentadores. Ejemplos

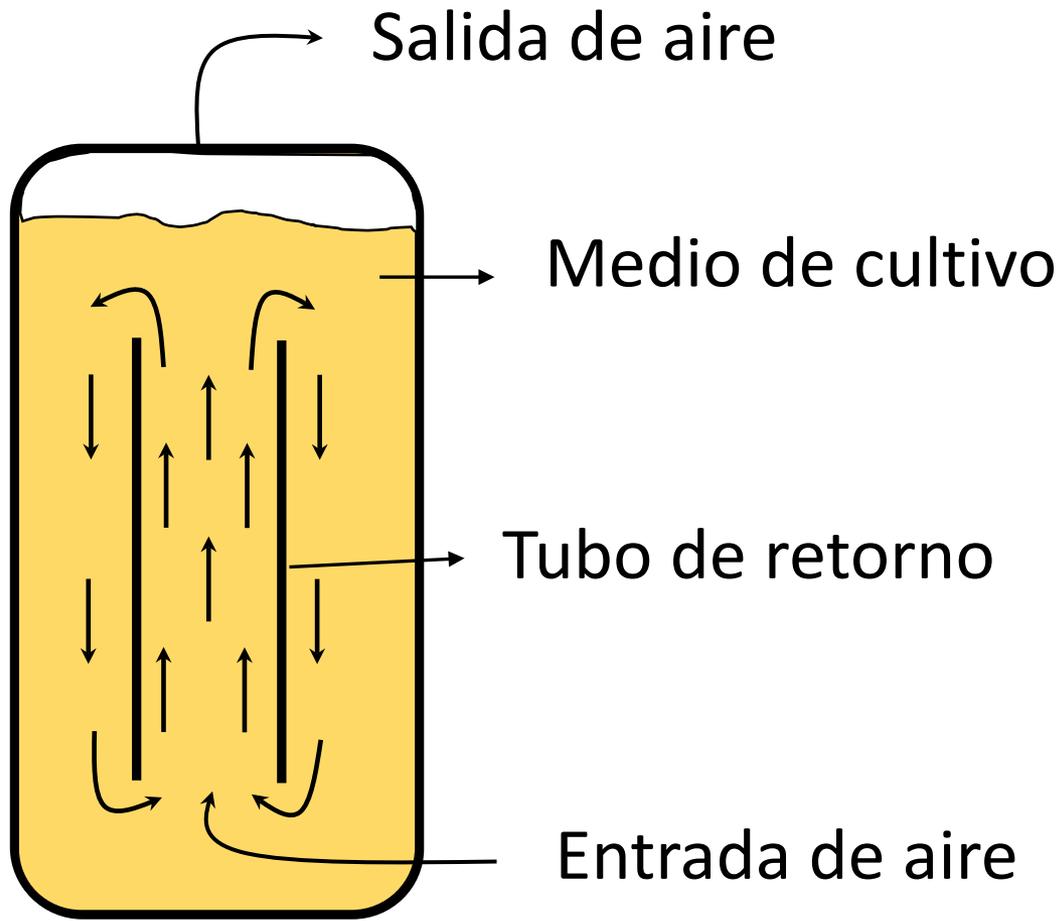


Biorreactor agitado mecánicamente

No sirven para fermentadores grandes

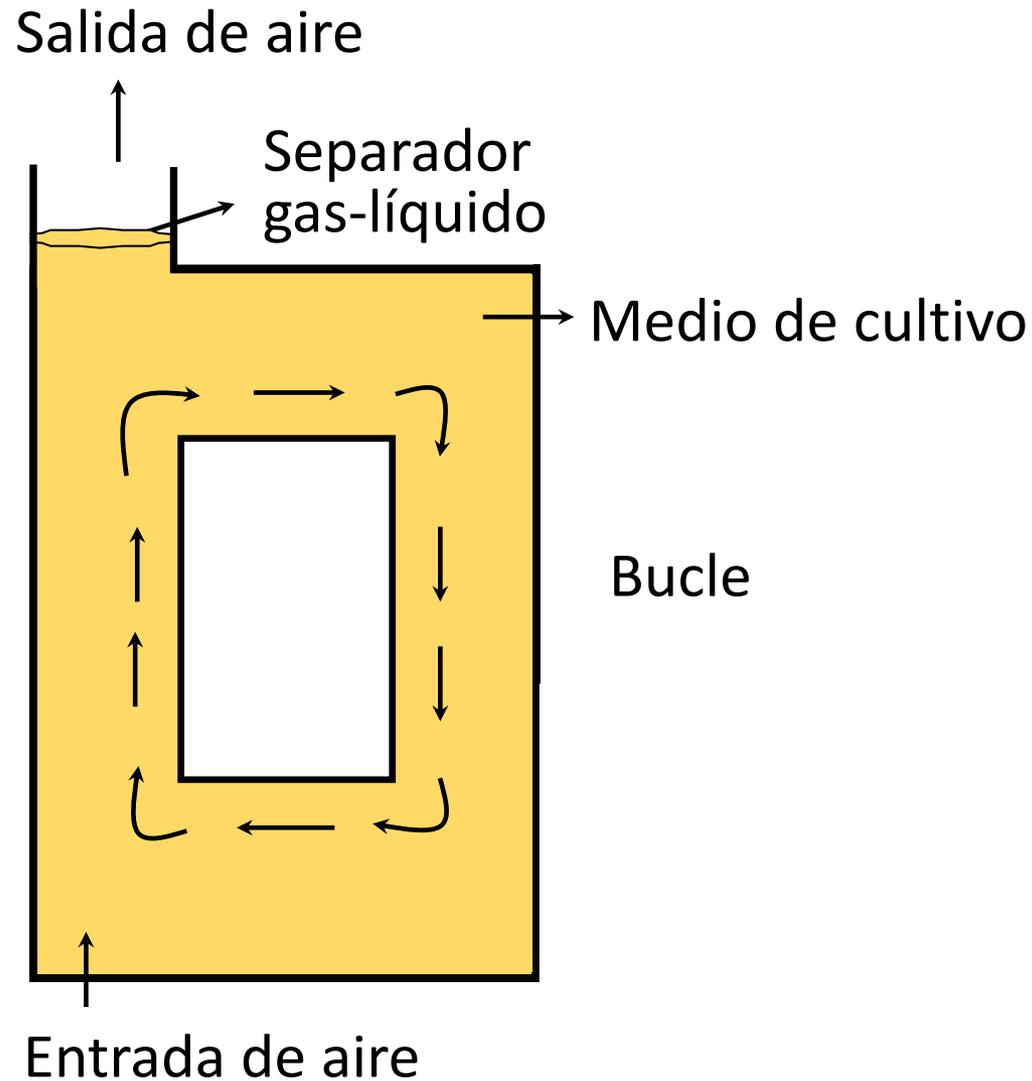
3. Fermentadores. Ejemplos

Biorreactor de tubo de retorno agitado por aire



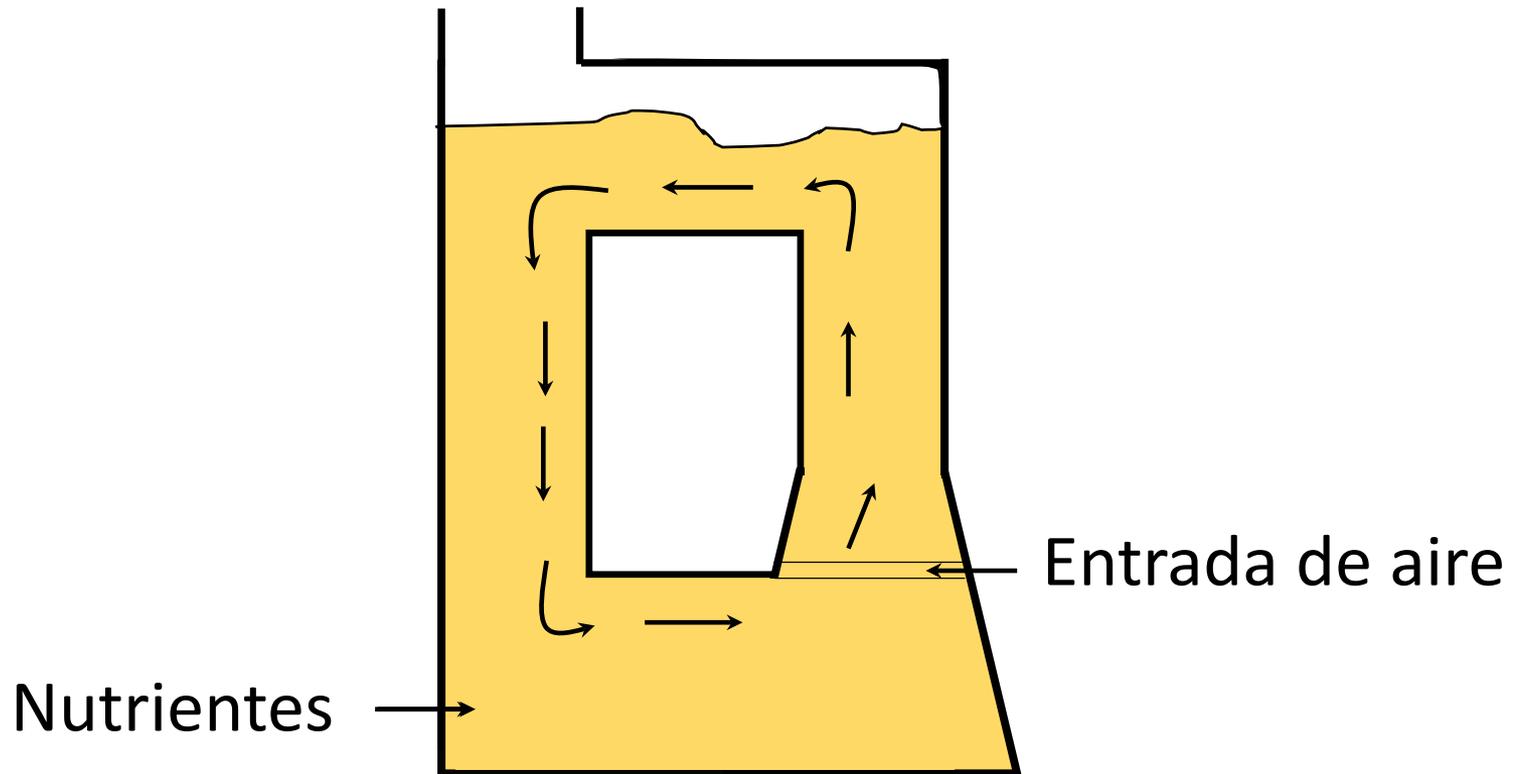
3. Fermentadores. Ejemplos

Biorreactor de bucle agitado por aire



3. Fermentadores. Ejemplos

Biorreactor de bucle agitado por aire



Esquema

1. Introducción y aspectos nutricionales
2. Sustratos y microorganismos utilizados
3. Fermentadores
- 4. Procesos de producción**
 - 1. Gasoil y n-parafinas**
 - 2. Metanol y etanol**
 - 3. Lactosuero**
 - 4. Melazas**

4. Procesos de producción: ejemplos

Etapas generales

1ª Etapa

- Preparación del sustrato y adición de nutrientes
- Inoculación de los microorganismos

2ª Etapa

- Fermentación: operación fundamental

3ª Etapa

- Separación: centrifugación, sedimentación y/o filtración
- Procesos de secado

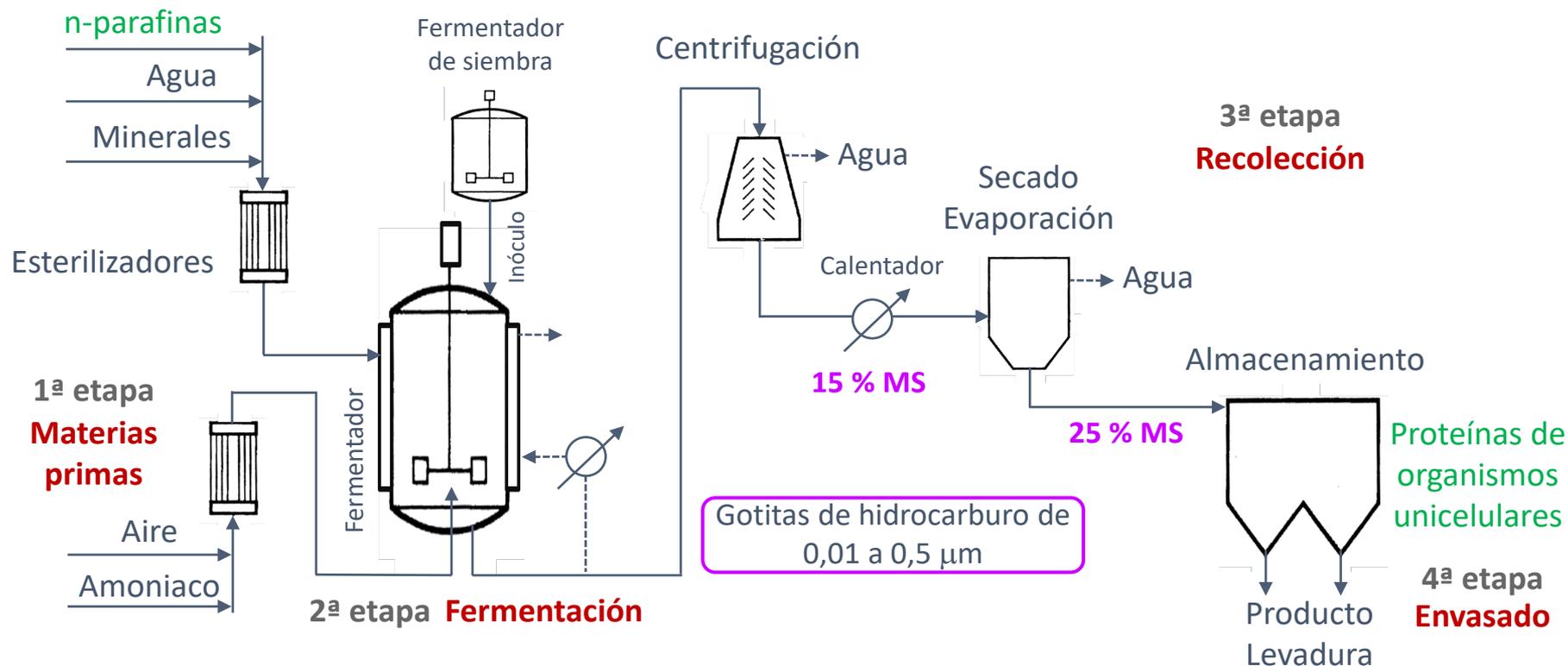
4ª Etapa

- Envasado y comercialización



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:QUORN_LOGO_2_Full_Colour_NonKeyline_CMYK.jpg

• Proceso BP con n-parafina y *Candida Lypolytica*



1 kg de proteínas

1-1,2 kg de n-hexadecano

0,14 kg de NH_3

0,05 kg de PO_4^{3-}

2,2 kg O_2 y 6600 kcal

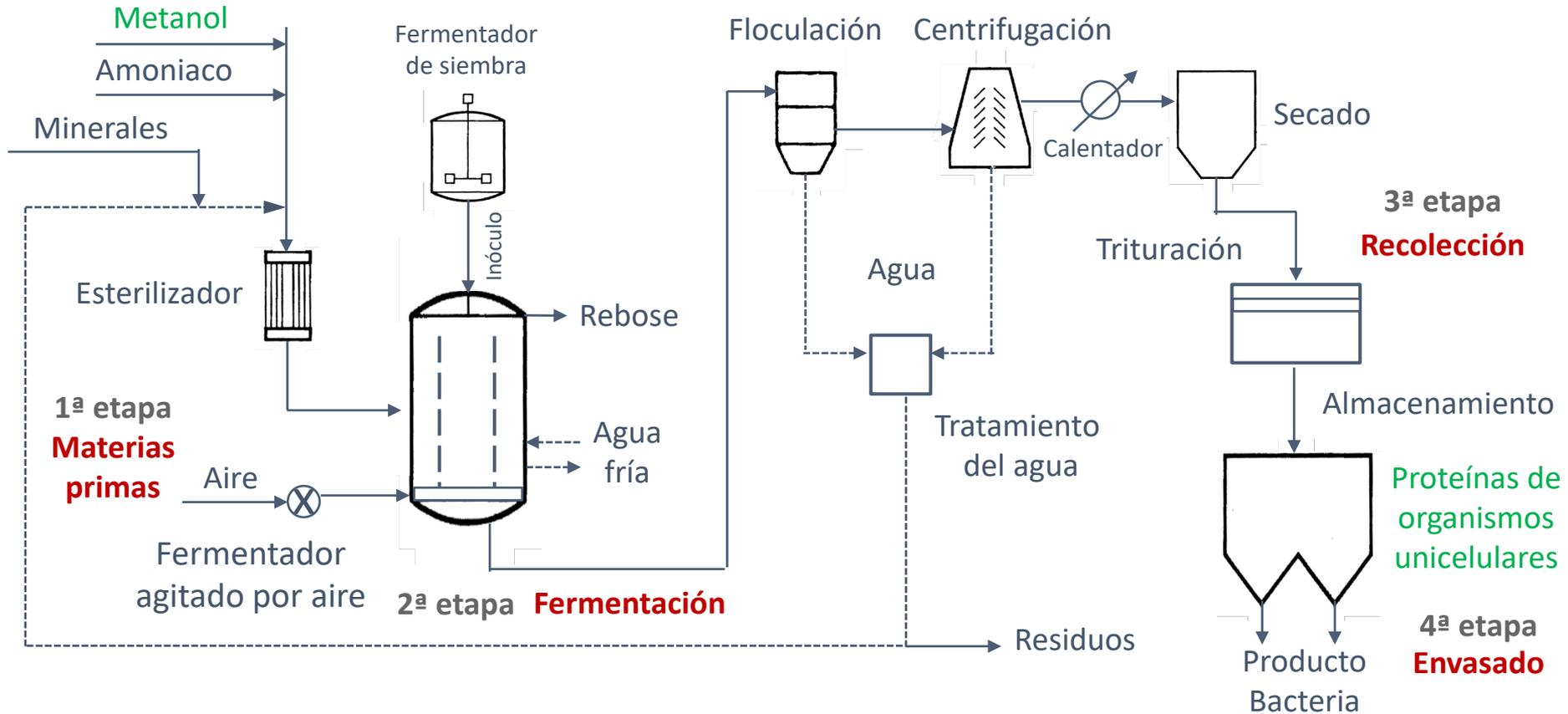
Bioquímica

- Oxidación terminal

- β oxidación hasta acetato

Alcohol primario \rightarrow aldehído \rightarrow ácido graso \rightarrow acetato

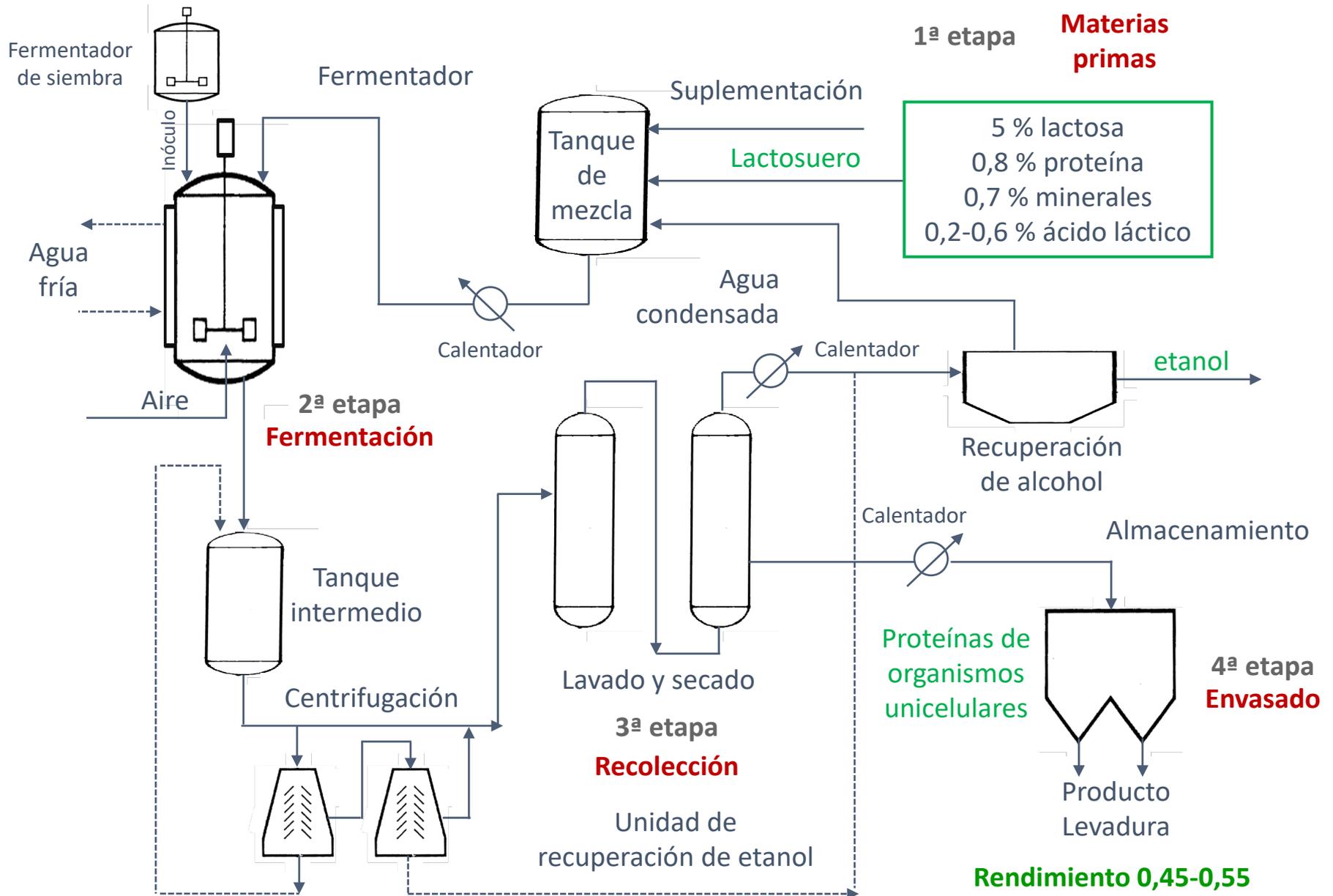
Proceso ICI con metanol y *Methylophilus methylotrophus*



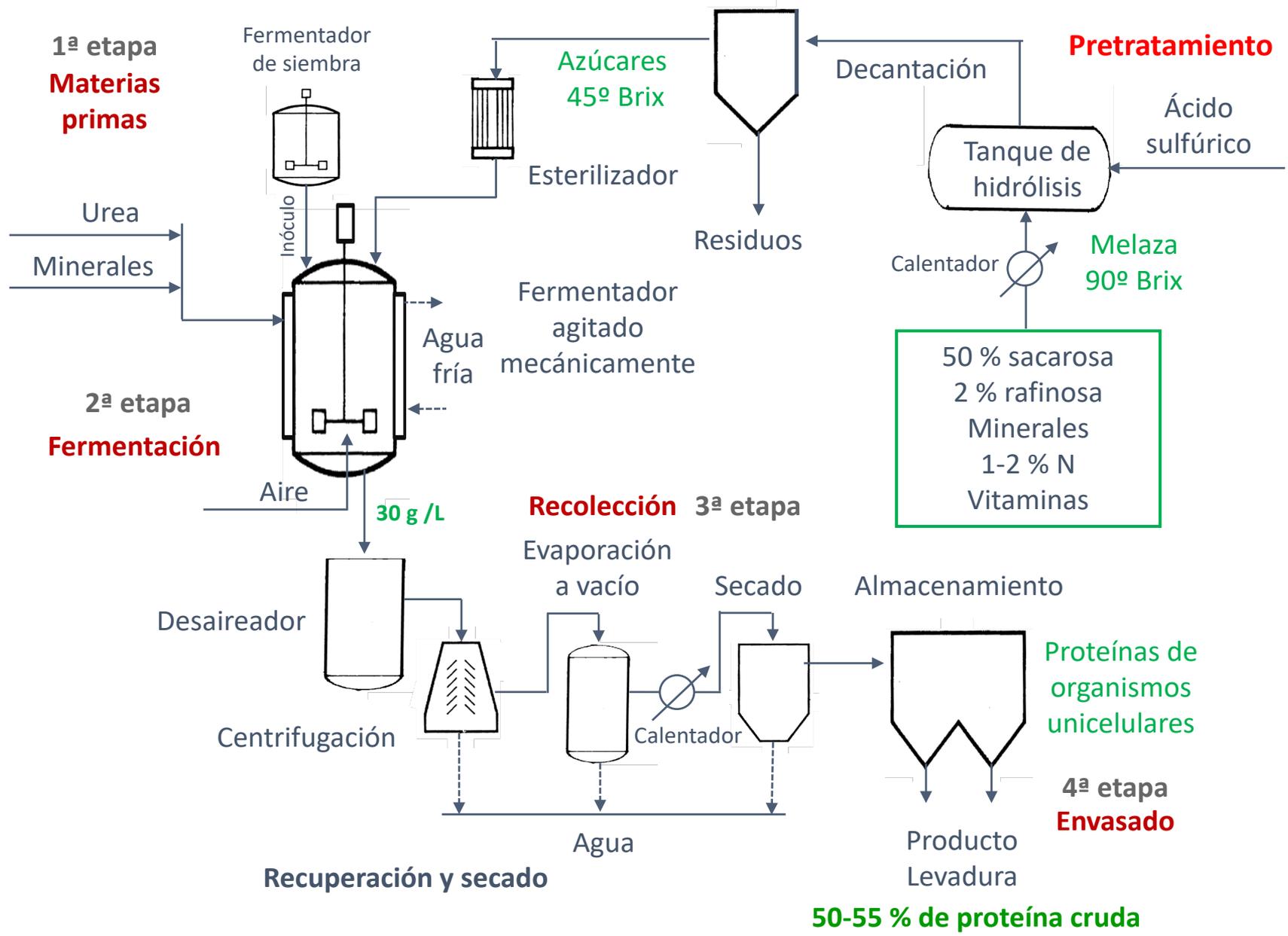
Fuente de N: NH_3
 pH: 6,0-7,0
 v. de crecimiento: $0,5 \text{ h}^{-1}$
 Rendimiento celular: 0,5

Bioquímica Ruta 1: Metanol se oxida por deshidrogenación a formaldehído que se asimila por la ruta de la ribosa monofosfato
Bioquímica Ruta 2: El formaldehído se oxida a CO_2

• Proceso con lactosuero y *Kluyveromyces fragilis*



Proceso con melazas y levadura tórula: *Candida utilis*



Bibliografía

1. C.W. BAMFORTH. *Alimentos, fermentación y microorganismos.* Ed: **Acribia S.A.**
2. G. GARIBAY, Q. RAMÍREZ y L. MUNGUÍA. *Biotechnología Alimentaria.* Ed: **Limusa**
3. B.H. LEE. *Fundamentos de Biotechnología de los Alimentos.* Ed: **Acribia S.A.**
4. A. CHACON. *Perspectivas actuales de la proteína unicelular (SPC) en la agricultura y en la industria.* Agronomía mesoamericana. Vol. 15. 2004
5. O.P. WARD. *Biotechnología de la fermentación.* Ed. **Acribia S.A.**

