

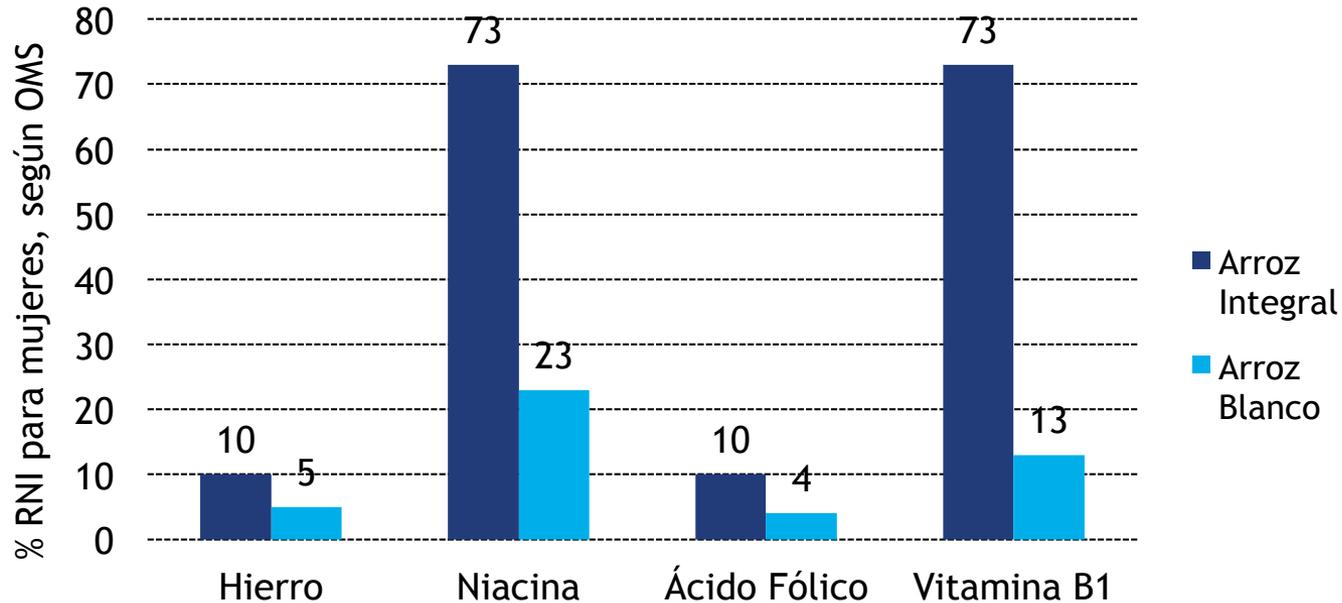
¿Por qué fortificar el arroz?

- El arroz es un alimento básico en muchos países de bajos ingresos
- Consumos diarios per cápita de 200 - 400 gramos
- Especialmente en Asia, pero también en África y América Latina



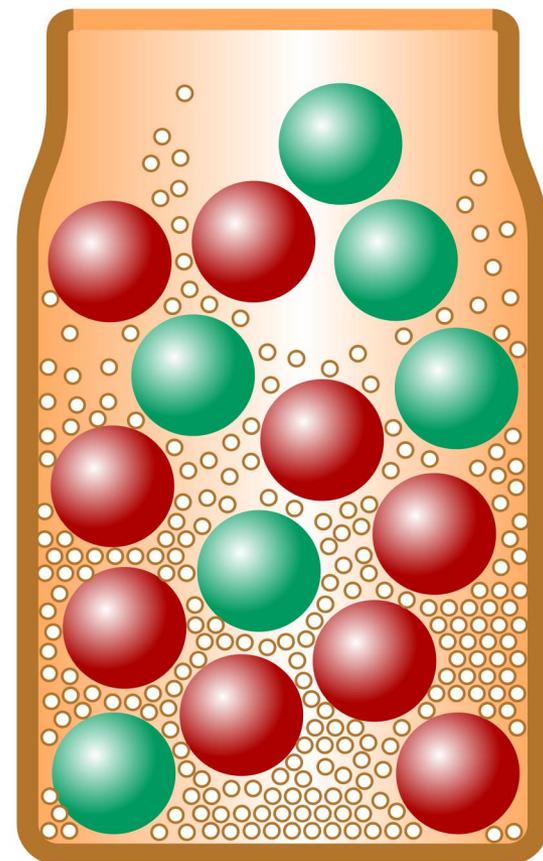
El arroz blanco es una fuente pobre de micronutrientes

Pérdidas por pilado de algunas vitaminas y minerales en 200 g de arroz



Desafíos Tecnológicos

- El arroz es de gran tamaño de partículas - los micronutrientes son polvos
- El arroz se lava antes de cocinar
- Diversos sistemas de cocción
 - Remojo
 - Diferentes cantidades de agua
 - Diferentes tiempos de cocción



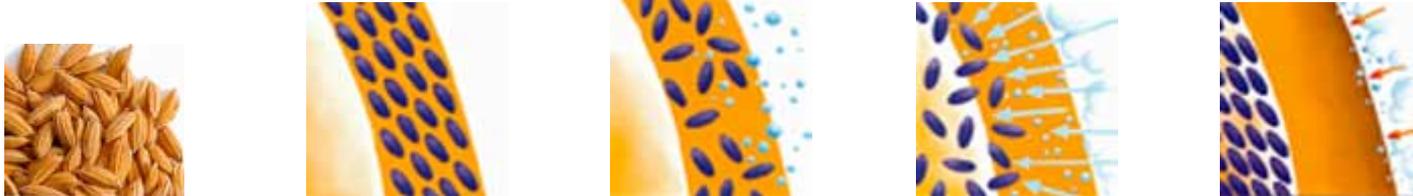
Tecnologías Opcionales

- Parabolizado
- Espolvoreado
- Recubrimientos
- Extrusión
 - En frío
 - Tibia
 - En caliente



Parabolizado: Fortificación indirecta

- Todos los granos son “enriquecidos” con los nutrientes intrínsecos
- Generalmente no se fortifica adicionalmente
- Técnicas especiales para llevar nutrientes externos al grano



Espolvoreado

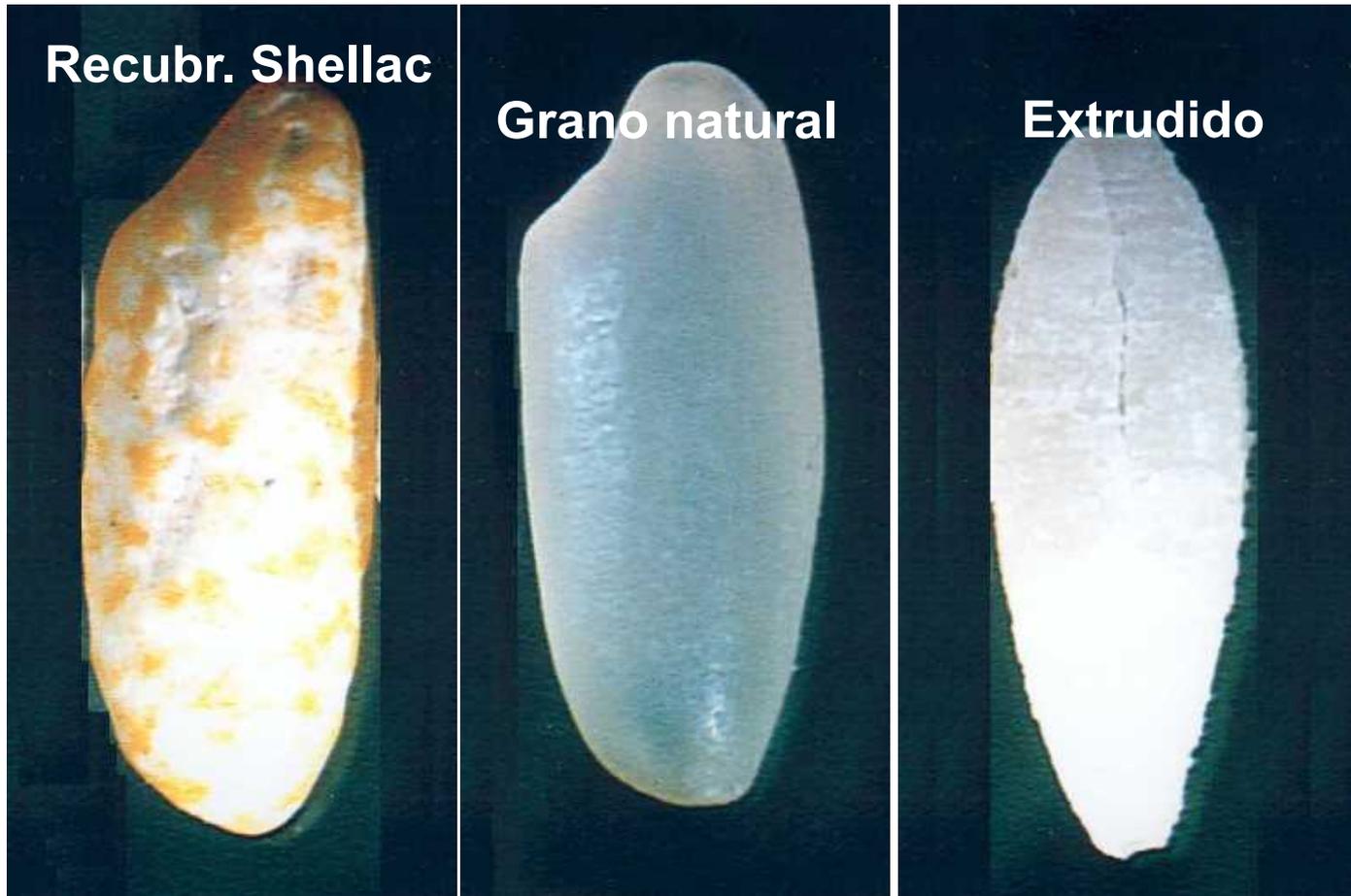
- Todos los granos de arroz son fortificados con una mezcla concentrada de micronutrientes
- No se puede lavar, ni cocinar en exceso de agua
- Protección limitada a los nutrientes
- Riesgo de sedimentación
- Usado con frecuencia en Estados Unidos
- No es conveniente para el mundo en desarrollo

Recubrimiento

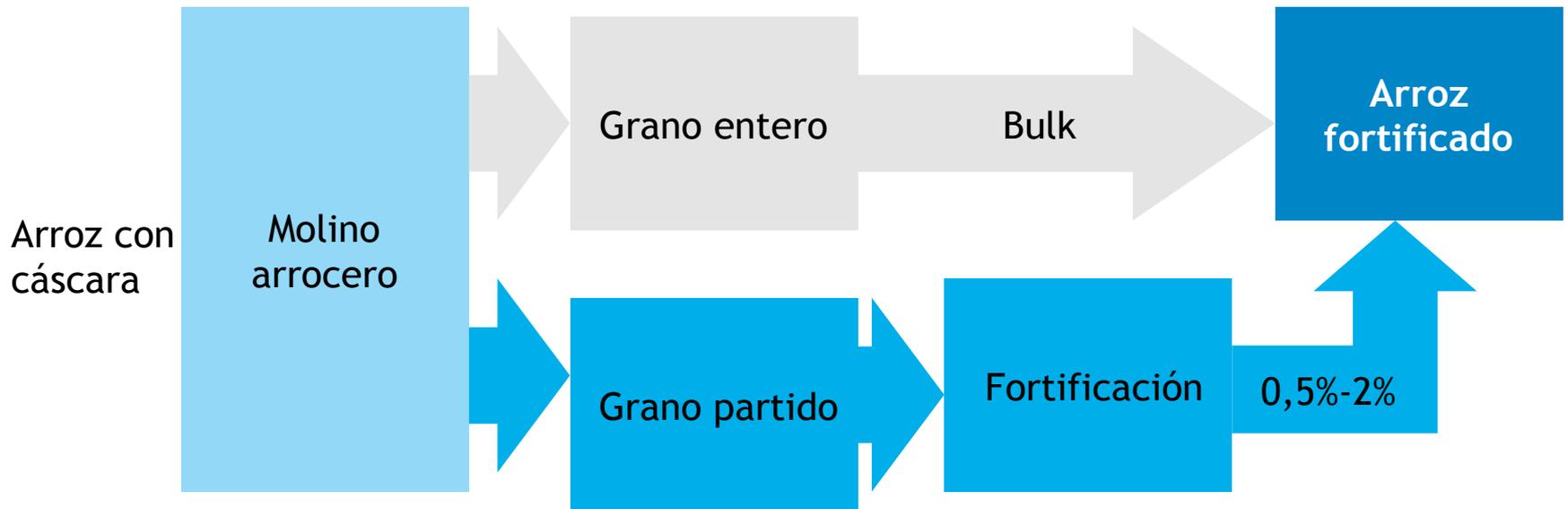
- Todos los nutrientes agregados están en una capa de recubrimiento en la superficie del arroz
- Es comparable al proceso de grajeado
- Muchos conceptos diferentes de recubrimiento
- Grandes diferencias en desempeño, solubilidad en agua, resistencia al lavado, color y protección al nutriente



Comparativo de granos



Fortificación de arroz con granos fortificados

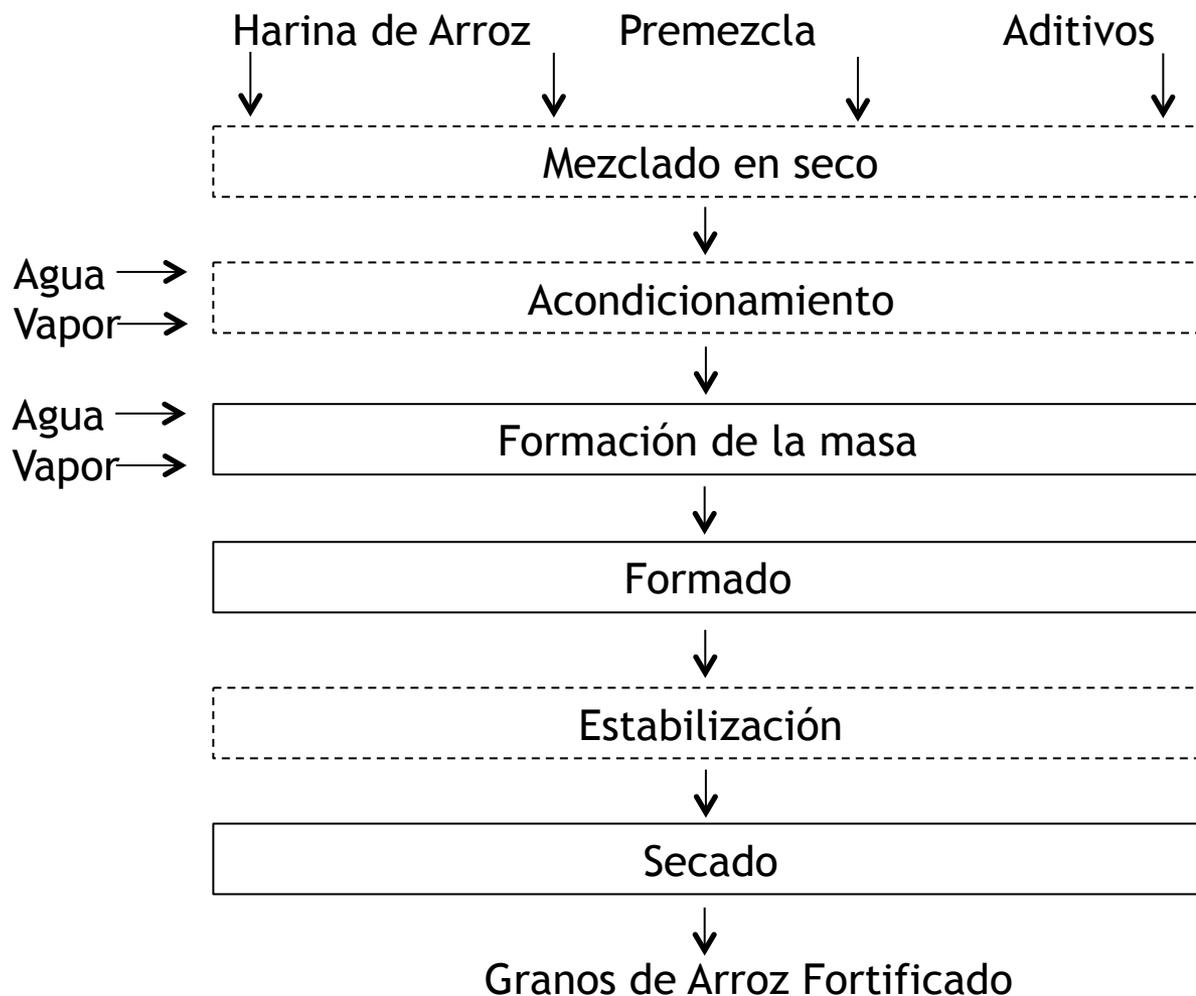


Técnicas de extrusión

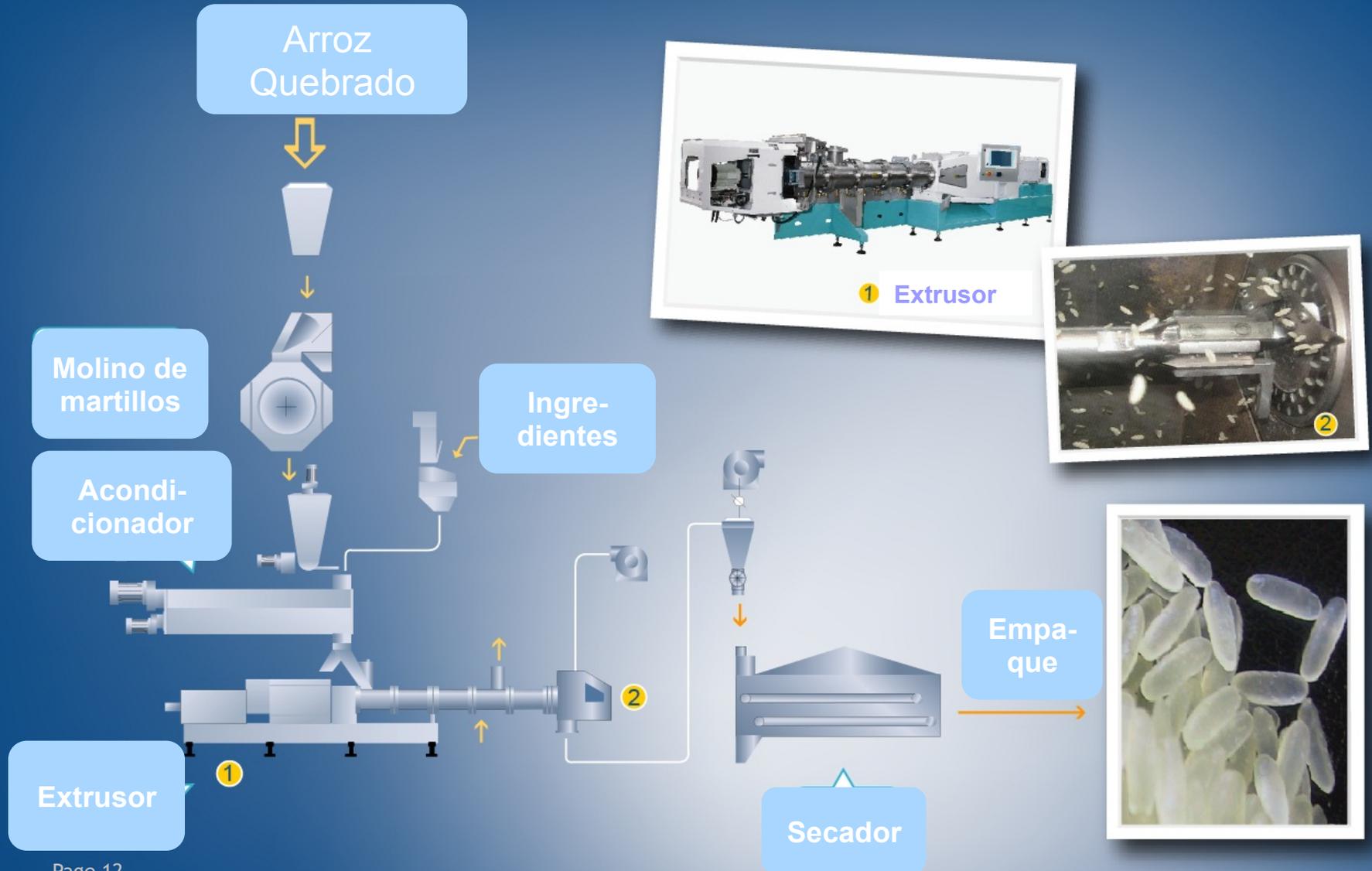
- Extrusión en frío - extrusor de pastas 30 - 50 °C
- Extrusión en tibio - (pre-acondicionador) + extrusor de pastas 60 - 80 °C
- Extrusión en caliente - pre-acondicionador + extrusor de doble tornillo 80 - 110 °C



Pasos básicos de la extrusión



Procesamiento del grano fortificado



Dos partes del proceso

Extrusión de granos fortificados o concentrado

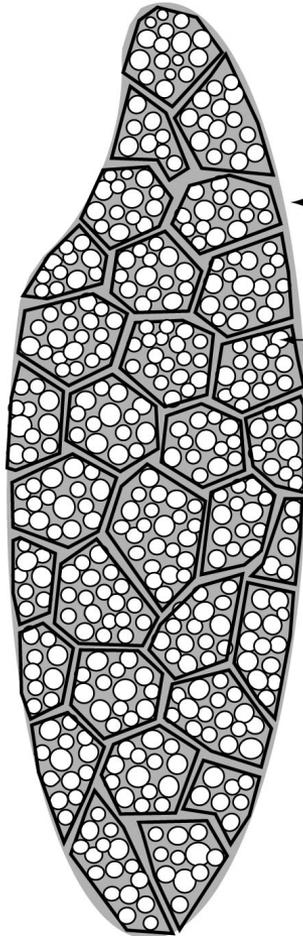


Mezcla de granos fortificados con arroz pulido



Diagrama esquemático de la microestructura

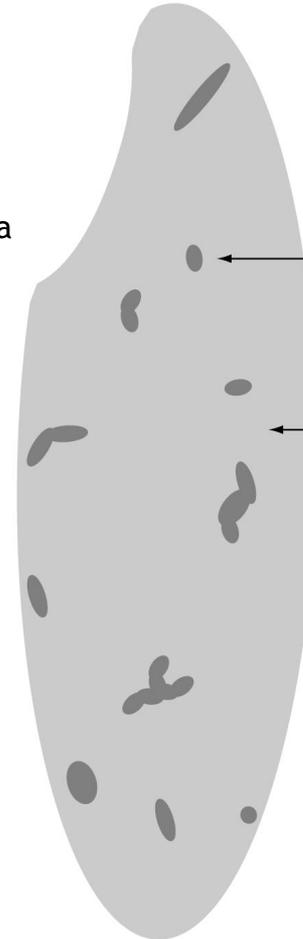
Grano de arroz natural



Gránulos de almidón nativo como fase dispersa

Estructura celular, red continua de proteínas en las células

Grano símil

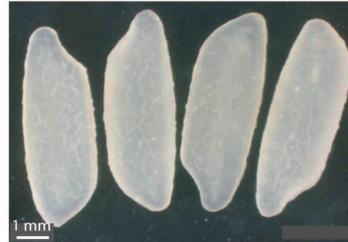


Coágulos de proteína dispersos

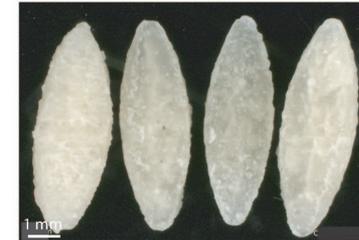
Conectividad a través de almidones parcialmente gelatinizados

Aspecto de los diferentes granos

warm extrusion,
gluten-free pasta process



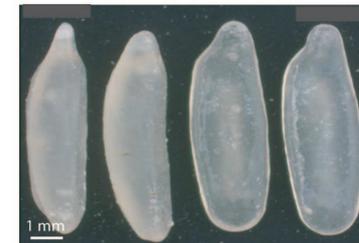
cold extrusion



warm extrusion,
pre-conditioner / pasta press



hot extrusion
low SME



hot extrusion,
high SME



hot extrusion
medium SME

Arroz reconstituido



- Producido a base de arroz natural
 - Aspecto de arroz
 - Se cocina como arroz
 - Sabe a arroz
- Granos fortificados con alta concentración de micronutrientes
- Se diluye en arroz común en relaciones de 1:50 - 1:200

Proceso en mejora continua



El arroz extrudido se puede modelar idéntico en color y forma al natural



La fortificación no altera el color del arroz



Mezcla de
varias vitaminas
en granos
extrudidos

Dispersión de granos fortificados en arroz



Antes de lavar

Post-lavado

Post-cocción

Aspecto inicial y post-cocción



Granos extrudidos fortificados con vitaminas A, B₁, niacina, ácido fólico y vitamina B₁₂

Producto final cocido con vitaminas A, B₁, niacina y ácido fólico



Nutrientes

Minerales

Zinc
Hierro

Vitaminas Hidrosol.

B1
Niacina
Acido Fólico
B₁₂
B₆

Vitaminas Liposol.

A
E
D

Otros Nutrientes

Beta Caroteno
Lisina
DHA

Otros: Selenio, Calcio, Vitamina C, Vitamina B₂,

Nutrientes que pueden variar el color



Riboflavina

Nueva forma de Pirofosfato Férrico + Ácido Cítrico + Citrato ofrece excelente color, baja pérdida al agua y buena liberación del hierro.

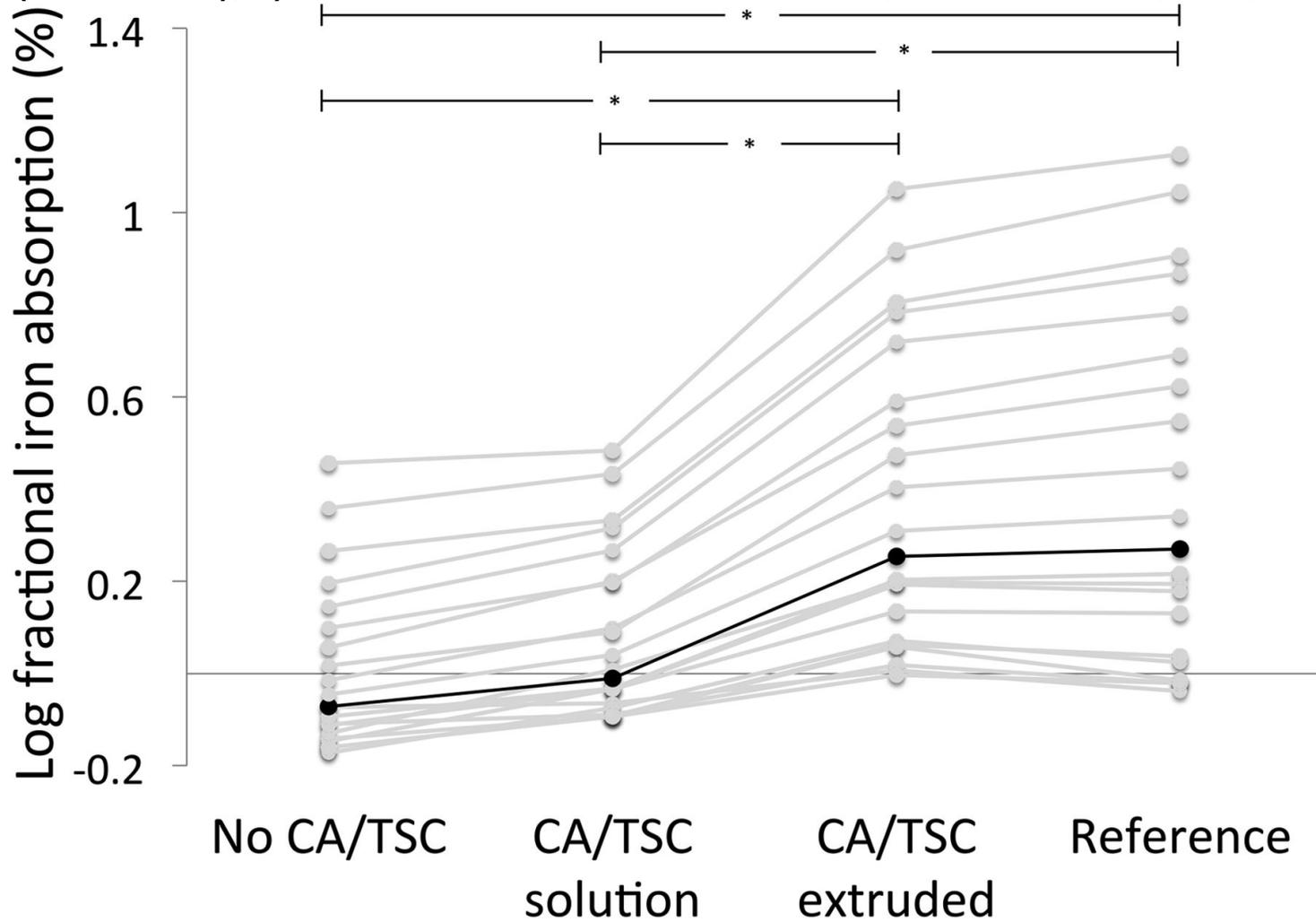


Sulfato Ferroso

Nuevo fortificante de hierro

- Pirofosfato Férrico (20 μ m) + cítrico/citrato
- Formación de quelato hidrosoluble por cocción por varios minutos
- Buena estabilidad de color
- Alta biodisponibilidad in vitro
- Absorción similar a FeSO₄ en humanos (Hackl et al, 2016)
- Ingredientes nutricionales y tecnológicos ya aprobados
- PMA, USAID y sus proveedores pueden usar la propiedad intelectual gratuitamente para programas humanitarios
- Extensible a gobiernos

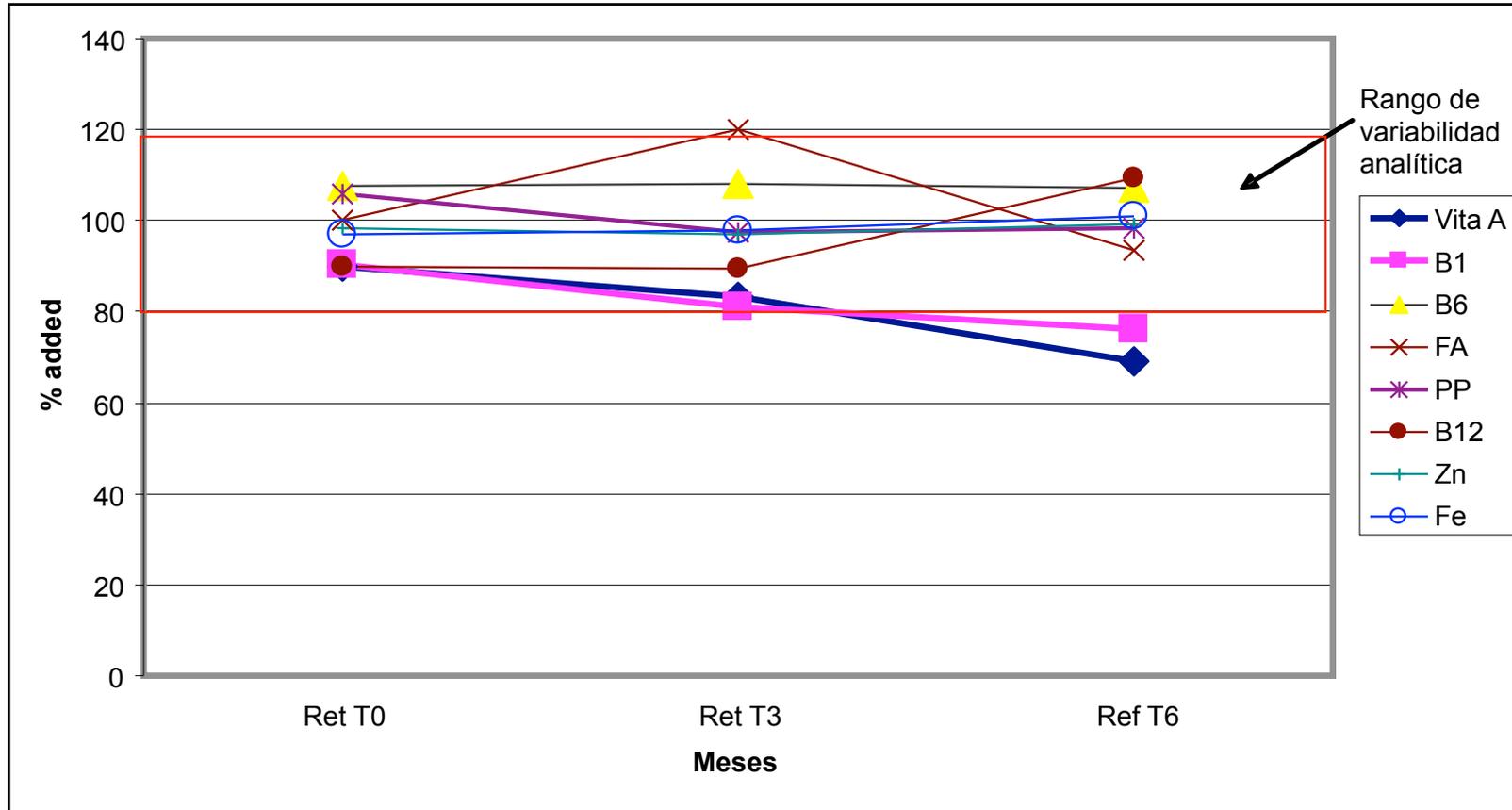
Log-transformed fractional iron absorption (%) in healthy women (n = 20) who consumed a composite rice meal containing 1) extruded rice fortified only with ⁵⁷FePP and micronutrients (No CA/TSC); 2) extruded rice fortified with ⁵⁷FePP, micronutrients, TSC, a...



Laura Hackl et al. Am J Clin Nutr 2016;103:1252-1259

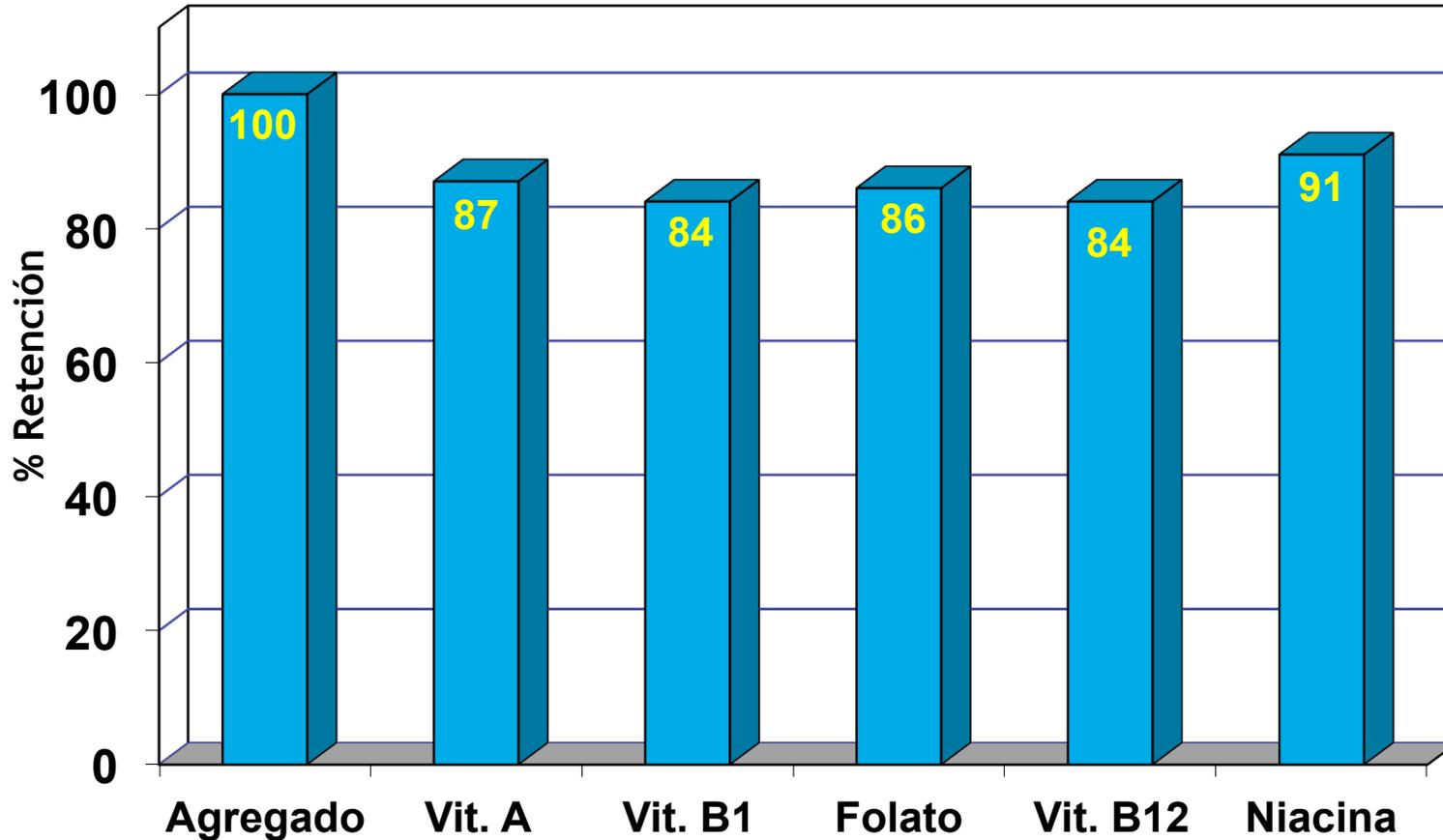


Estabilidad de micronutrientes, extrusión en caliente



Estabilidad en almacenamiento a 30°C

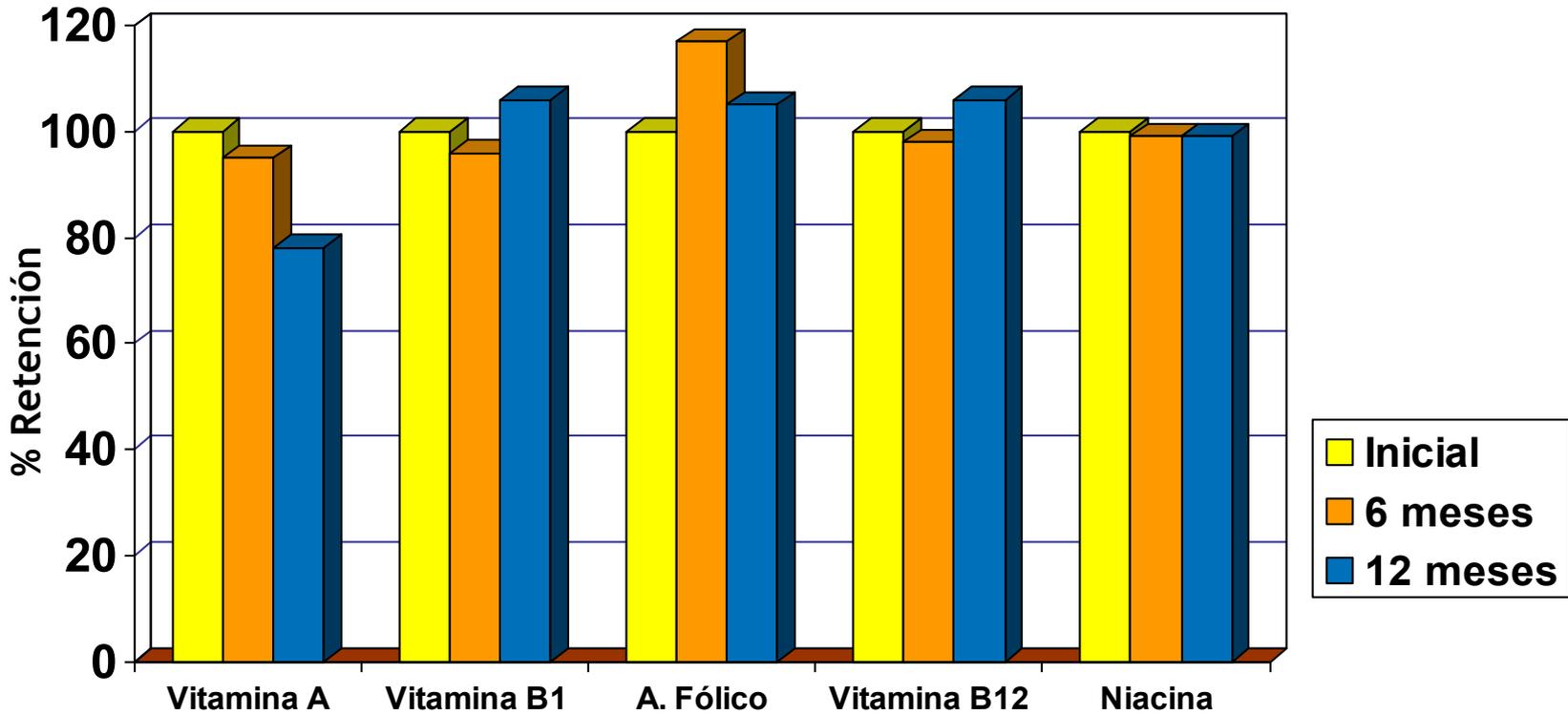
Estabilidad de vitaminas durante la extrusión



cv ~ 5%

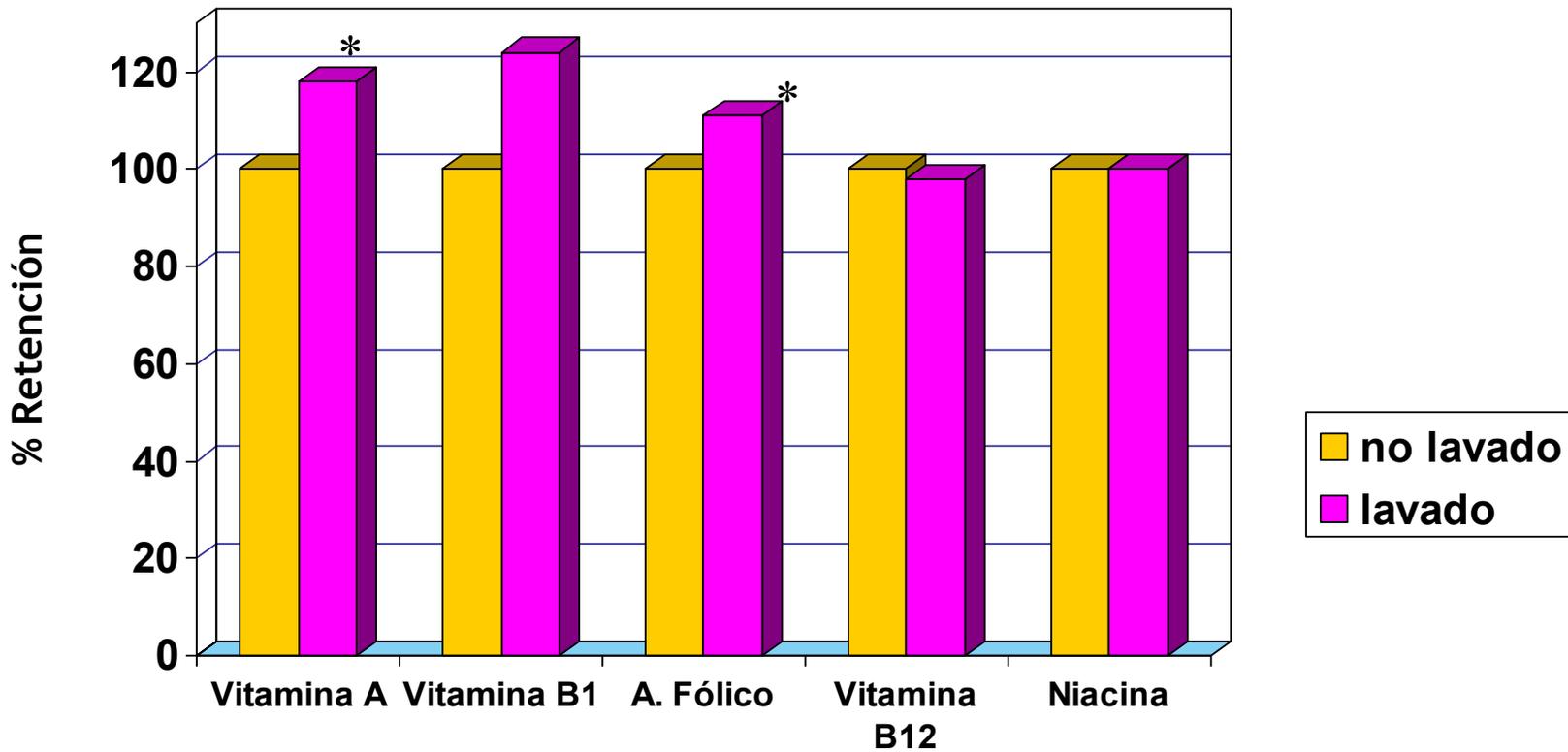
Estabilidad bajo almacenamiento de arroz reconstituido

(12 meses, 22 °C, 50% HR)



cv ~ 5%

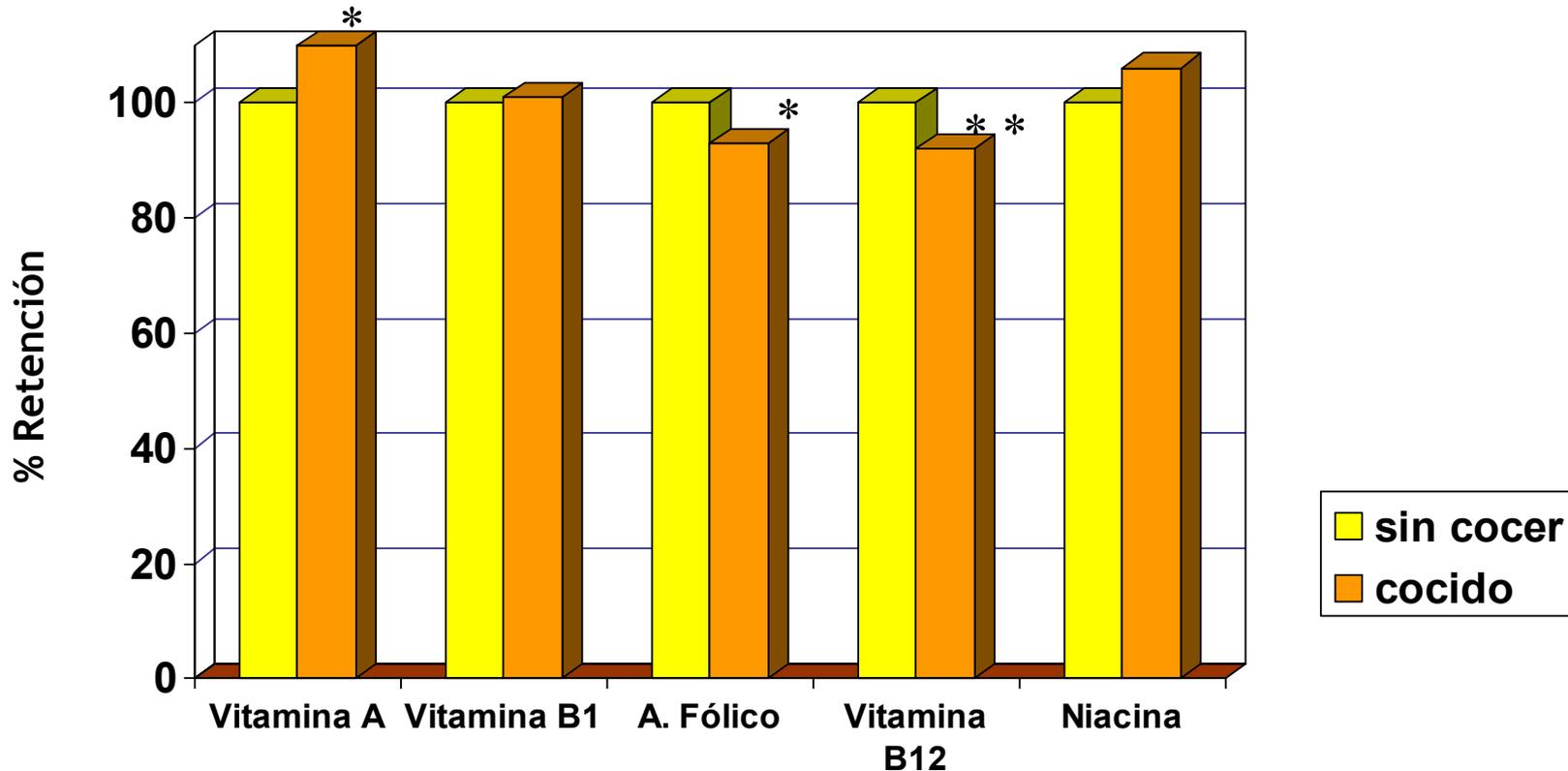
Pérdidas de vitaminas tras lavado de arroz reconstituido



* Usadas por separado

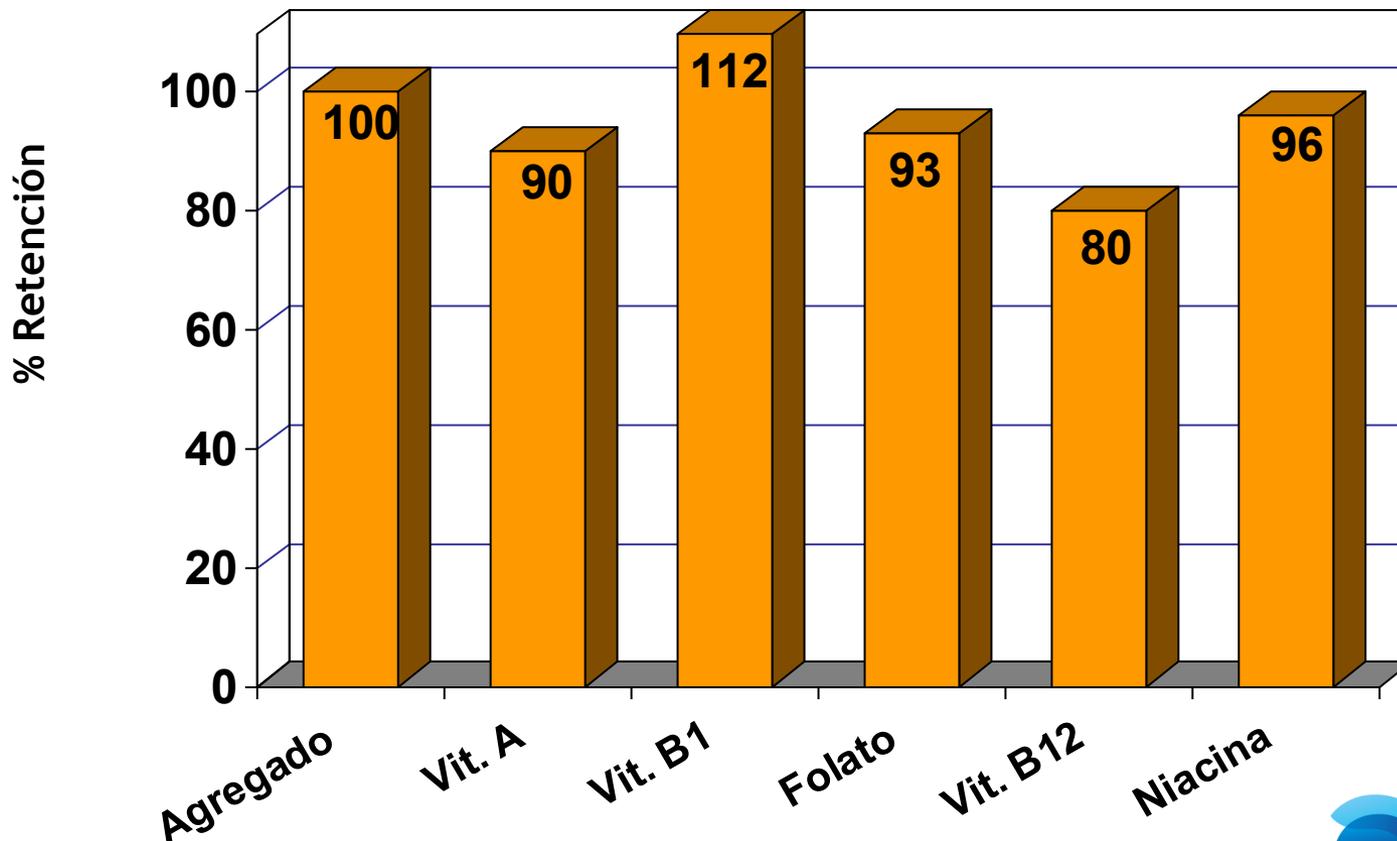
cv ~ 5%

Pérdidas por cocción en arroz reconstituido



cv ~ 5% * Se usaron por separado
* * Se usaron en una mezcla con hierro

Retención de nutrientes en arroz reconstituido después de extrudir, almacenamiento (22 °C, 50% HR, 12 meses), lavado y cocción



Costos de fortificación de arroz

A2Z Project, Academy for Educational Development. Rice Fortification in Developing Countries: A Critical Review of the Technical and Economic Feasibility. 2008.

Country	Retail rice price (US\$/ kg)	Technology	Estimated rice-premix cost (US\$/kg)	Dilution Factor ⁵	Estimated cost of rice fortification (US\$/MT)	Retail price increase (%)	Fortification cost per consumer (US\$/year)
China	0.42 – 0.56	Hot extrusion	1.15	1:100	19.10	3.4 – 4.5 %	1.68
The Philippines	0.42 – 0.60	Hot extrusion	1.03	1:200	10.95	1.8 – 2.6 %	1.41
		Coating	0.95	1:200	10.95	1.8 – 2.6 %	1.41
Costa Rica	0.63	Cold-extrusion	1.44	1:200	10.04	1.6 %	0.55
		Coating	0.99	1:200	8.00	1.3 %	0.44
USA	0.50 – 1.00	Coating	0.98	1:200	6.00	0.6 – 1.2 %	0.08
		Dusting	3.30 ⁶	1:1,600	2.40	0.2 – 0.5 %	0.03

Muchas gracias



“ No se trata sólo de alimentar gente.
Se trata de alimentarlos con el tipo de
alimento adecuado. ”



BRIGHT SCIENCE. BRIGHTER LIVING.™