

### TRABAJO PRÁCTICO INTEGRADOR



Imagen obtenida de AgroPerú.  
Disponible en <https://www.agroperu.pe/arracacha-raiz-milenaria-con-mayor-valor-nutricional-que-la-papa/>

#### Descripción de la situación general del caso

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) es un cultivo andino que actualmente se produce en Bolivia, Brasil, Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela, principalmente. Es una planta perenne y es esencialmente un aportador de almidón. Su utilización está íntimamente justamente relacionada al contenido elevado de almidón, sin embargo se pueden utilizar sus raíces para consumo humano directo.

La cosecha de arracacha se lleva a cabo generalmente luego de 1 año de cultivo y puede extenderse este plazo hasta los 16 meses. Se realiza extrayendo totalmente la planta con su raíz. Una vez cosechada y a los pocos días, las raíces desarrollan puntos marrones, pierden brillo y se tornan poco atractivas para el consumidor. Las raíces largas frecuentemente se rompen durante y después de la cosecha, aún cuando se manejan con cuidado.

Es importante además considerar que la arracacha (similar a una zanahoria blanca) es mucho más susceptible al deterioro mecánico que la zanahoria, el que provoca lesiones en el tejido y, en consecuencia, infecciones. Las bajas temperaturas ocasionan daño por frío y el congelamiento produce muerte del vegetal.

La vida útil de la arracacha fresca a 25°C no supera la semana y su deterioro puede verificarse a través de la rápida pérdida de peso y subsecuente descomposición microbiana

En estudios experimentales se observó que la raíz conservada a 18,5 °C y 69% de humedad relativa pierde 10,6 % de su peso en 7 días. Se pudo constatar además que dejando la raíz sin lavar se puede aumentar su vida útil pero los mercados usualmente requieren raíces limpias. Sin embargo algunos autores afirman que el lavado en sí mismo no es el que causa deterioro sino que son las pequeñas heridas infringidas sobre la superficie de la raíz durante la operación, los que aumentan el deterioro.

En una planta procesadora se utiliza arracacha para desarrollar tres productos, según la siguiente descripción:

La arracacha se recibe en la planta y almacena bajo refrigeración a 5°C por no más de 15 días. Al ingresar a la línea de proceso las raíces se separan en tres fracciones por similitud de forma y tamaño. Las de mayor tamaño se utilizan para la elaboración de un producto de la cuarta gamma, las de tamaño intermedio se usan para elaborar arracacha precocida envasada al vacío y el resto va a la línea de extracción de almidón. Cada línea se describe a continuación:

*Línea 4° gamma:* las raíces se limpian en seco y se envasan bajo vacío parcial, utilizando films de polietileno. El producto envasado se conserva a 5°C.

*Línea precocido:* las raíces se pelan, se escaldan y precocinan en agua caliente y se enfrían luego por inmersión en agua a 15°C. Se pasa luego el material a un tanque de estabilización donde se pone en contacto con solución de cloruro de sodio al 2% y ácido cítrico (200 ppm) por 2 horas. Luego se drena el líquido y las raíces se transfieren mediante cinta transportadora a la zona de

empaquete. Se utilizan bolsas de polipropileno de alta densidad y baja permeabilidad al oxígeno y al vapor de agua. Las bolsas se cierran térmicamente con un vacío parcial del 70%.

*Línea almidón:* al inicio de este proceso la arracacha se lava, desinfecta y pela en un equipo túnel, cuya superficie interior es de carborundo, utilizando vapor saturado y posteriormente agua fría. Luego se trata químicamente para extracción del almidón

**Preguntas y requerimientos:**

En función a lo expuesto y a la información adicional que se le presenta:

- 1) Realice el diagrama de bloques de la planta, indicando los flujos de material para las tres líneas.
- 2) Como miembro del equipo de Investigación y Desarrollo de la Planta, Usted debe indicar al ingeniero de planta el tiempo y la temperatura apropiada para la ejecución de la operación de pelado, cuál sería su sugerencia? Fundamente su decisión. Suponga forma cilíndrica y espesor de la piel igual al 2% del radio del cilindro.  
Nota: Dispone del diagrama adjunto, de Temperatura vs tiempo, para diferentes relaciones de pelado.
- 3) Qué parámetro de calidad decidiría seleccionar para evaluar la vida útil del producto precocido desarrollado? Por qué?
- 4) Sabiendo que la temperatura de la arracacha al iniciar la línea de escaldado/precocción es de 12°C y que la operación se lleva a cabo durante 20 minutos en un baño de agua a 75°C poco agitado ( $h=135\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ). ¿A qué temperatura está su centro al finalizar este tratamiento? Sabiendo que la correcta estabilización de las raíces requiere que el centro esté 5 minutos a 65°C. ¿Qué tiempo de escaldado recomendaría?  
Datos:  $k = 1,2 \text{ w/m}^\circ\text{K}$  ,  $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$  ,  $cp = 3980\text{J/kg }^\circ\text{K}$  ,  $h=135\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  Considere que la longitud promedio de la arracacha es de 8 cm.
- 5) Para disminuir el tiempo de tratamiento de escaldado/precocción la empresa decide detener la operación cuando la temperatura llega a 60°C a la mitad del diámetro de la arracacha. Cuál deberá ser el tiempo de operación en este caso?
- 6) A la línea de precocido ingresa un promedio de 375 kg/h de arracacha. Qué cantidad de cloruro de sodio y ácido cítrico se deberá agregar al tanque de estabilización, si la relación sólido:solución es de 1:1,5 p/v?

**Variation in chemical composition of arracacha roots (per 100 g edible portion)<sup>†</sup>**

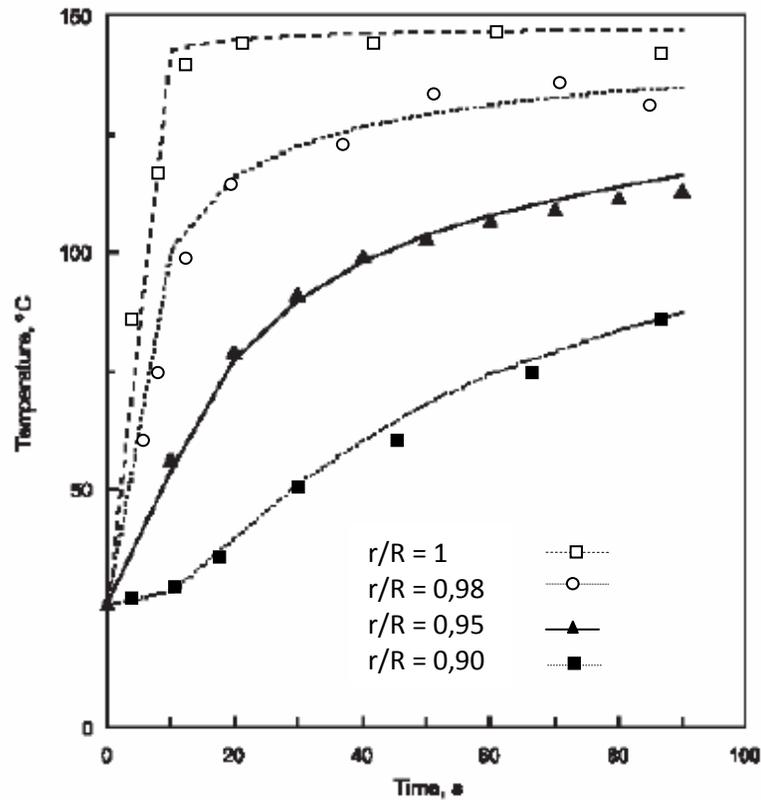
Component	Unit	Mean	Range	Max./Min. <sup>‡</sup>
Total solids	g	26.0	16.8 - 34.1	2.0
Carbohydrates	g	24.9	19.3 - 29.9	1.5
Starch	g	23.5	16.9 - 25.5	1.5
Total sugars	g	1.66	0.65 - 1.98	3.1
Proteins	g	0.96	0.60 - 1.85	3.1
Lipids	g	0.26	0.19 - 0.35	1.8
Fibre	g	0.85	0.60 - 1.24	2.1
Ashes	g	1.30	1.05 - 1.38	1.3

Ascorbic acid	mg	23.0	18.3 - 28.4	1.5
Vitamin A (carotenoids)	I.U. <sup>§</sup>	1760	255 - 6879	27.0
Thiamine	mg	0.08	0.02 - 0.12	6.0
Riboflavin	mg	0.04	0.01 - 0.09	9.0
Niacin	mg	3.45	1.00 - 4.50	4.5
Pyridoxine	mg	0.03	0.01 - 0.07	7.0
Calcium	mg	65	45 - 128	2.8
Magnesium	mg	64	55 - 98	1.8
Phosphorus	mg	55	33 - 159	4.8
Iron	mg	9.5	3.6 - 15.4	4.3
Potassium	mg	2.40	1.86 - 3.04	1.6

† Adapted from Pereira 1995 (based on a literature review and the author's results).

‡ Author's calculations.

§ International units.



Perfiles de temperatura teóricos y experimentales durante el pelado al vapor de arracacha como función del tiempo y el espesor de pelado.

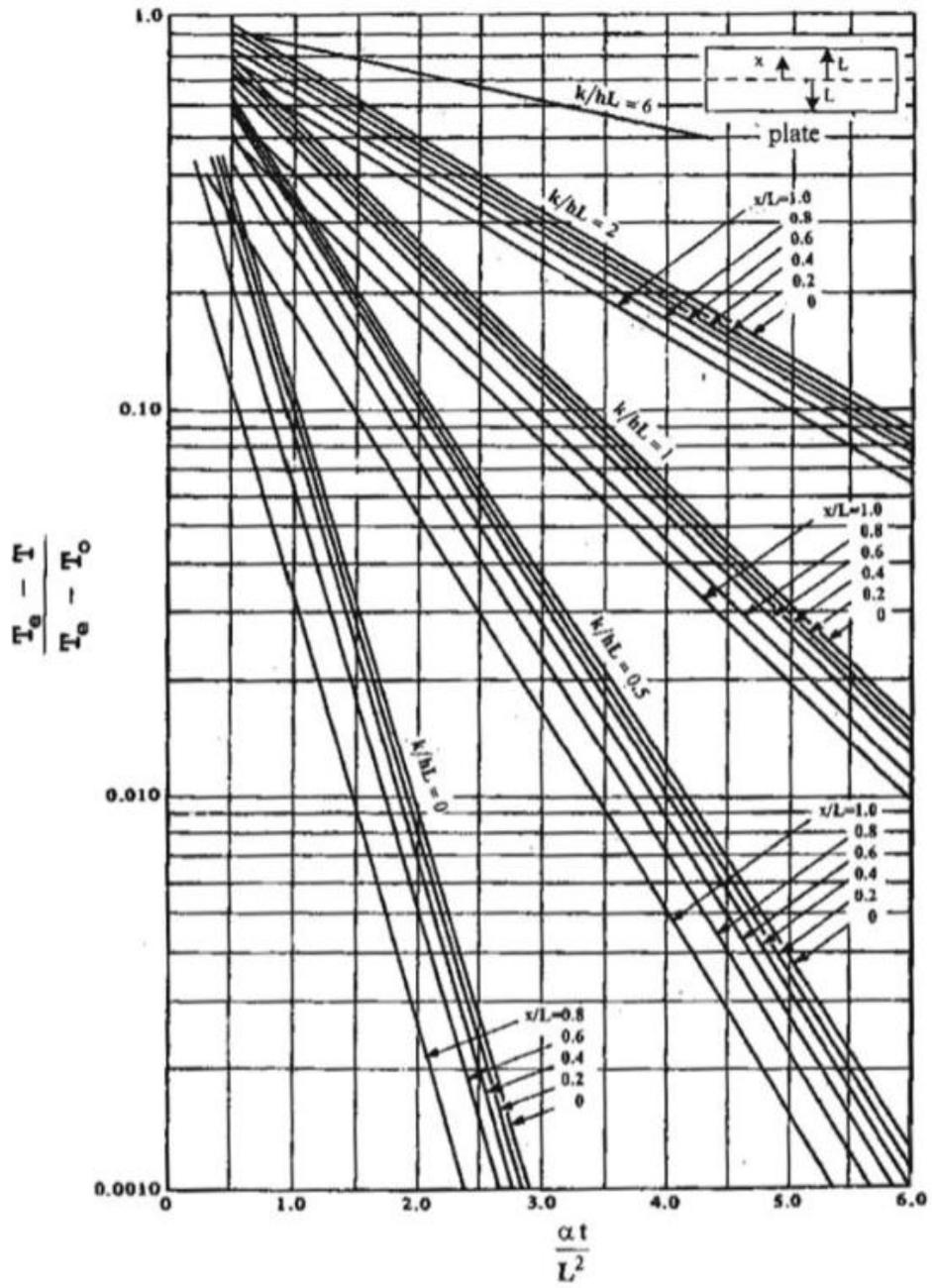


Fig. A.2 Gurney-Lurie chart for a flat plate (1923) Ind Eng Chem 15. Used with permission

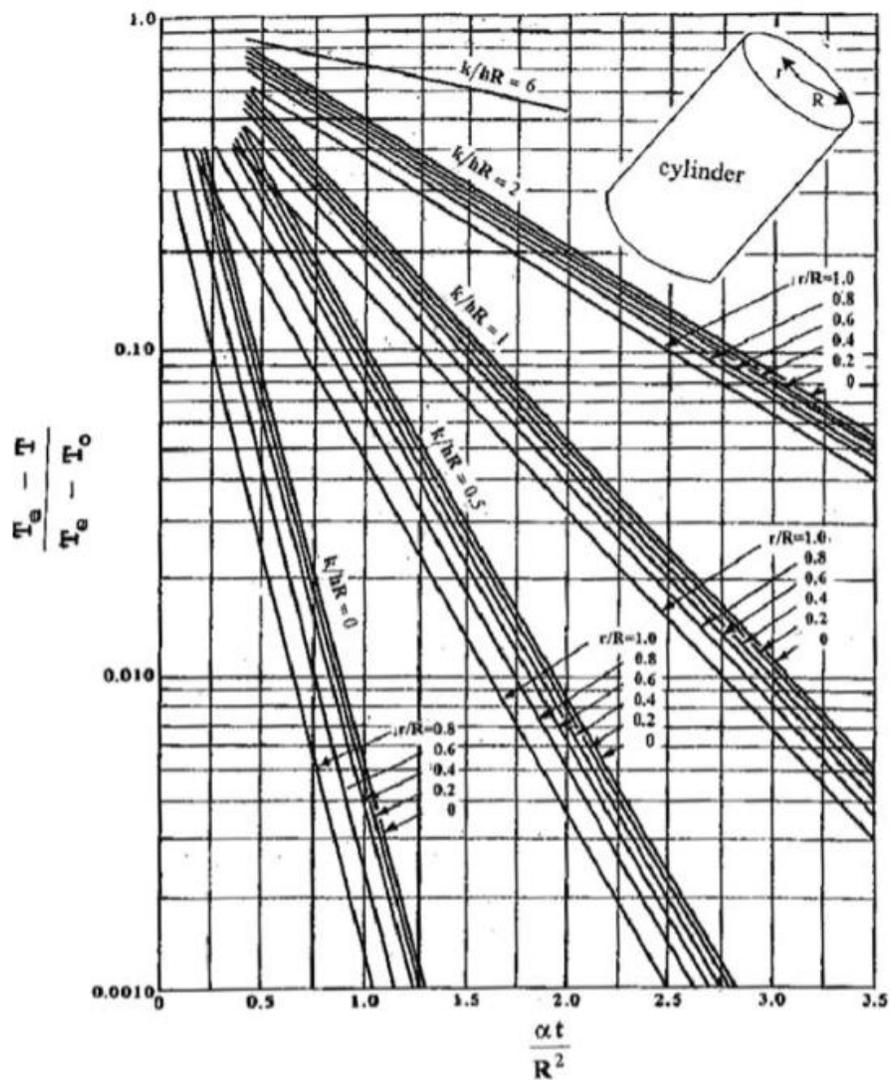


Fig. A.3 Gurney-Lurie chart for a long cylinder (1923) Ind Eng Chem 15. Used with permission

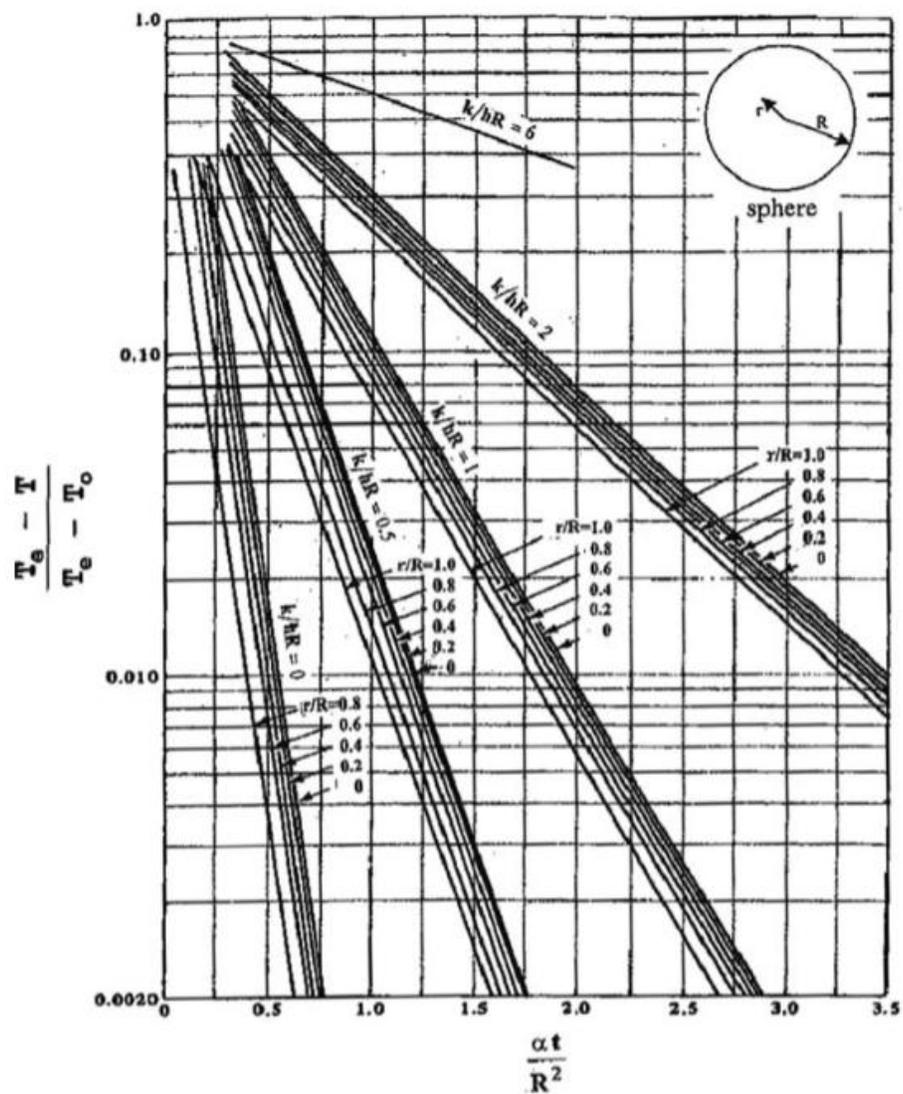


Fig. A.4 Gurney-Lurie chart for a sphere (1923) Ind Eng Chem 15. Used with permission