



Laboratoris Lamter

Determinació de Calci de la Monster Original, Monster Zero Ultra White i Monster Mango Loco per potenciometria directa



Yohalis Cuevas
David Barrientos
Andrea Martínez

ÍNDEX

1. Introducció	2
2. Procediment	5
2.1. Mostra	5
2.2. Reactius	5
2.3. Material	5
2.4. Procediment experimental	5
2.4.1. Potenciometria	5
2.5. Càlculs previs	6
4. Càlculs finals	14
5. Resultats	18
6. Discussió de resultats / Conclusions	18
7. Bibliografia	20

1. Introducció

El calci (Ca^{2+}) és el mineral més abundant en l'organisme humà, present principalment als ossos i les dents, on s'emmagatzema aproximadament el 99% del total corporal. A banda de la seva funció estructural, el petit reservori ionitzat de calci present en el sistema circulatori, el fluid extracel·lular i els teixits exerceix un paper fonamental en la contracció i dilatació de vasos sanguinis, la funció muscular, la coagulació de la sang, la transmissió nerviosa i la secreció hormonal (Calcium. Health Professional Fact Sheet)². La deficiència crònica d'aquest mineral pot conduir a patologies com l'osteoporosi, el raquitisme o l'osteomalàcia, especialment en poblacions vulnerables com infants, adolescents i dones postmenopàusiques (Calcium)³.

La determinació de calci en begudes energètiques com la Monster Original, la Monster Zero Ultra White i la Monster Mango Loco és d'interès analític i nutricional per diverses raons. Els seus ingredients principals inclouen aigua, sucre, cafeïna, vitamines, minerals i estimulants no nutritius com la taurina, el ginseng i la guaranà (El perill de les begudes energètiques)¹. La presència de cafeïna en concentracions elevades és especialment rellevant en relació amb el calci, ja que el consum habitual de més de quatre begudes al dia amb cafeïna (com ara el cafè, la CocaCola i les begudes energètiques) s'associa amb una reducció del calci ossi i una disminució de la densitat mineral òssia (Calcium)³. A més, el cos humà requereix una quantitat relativament gran de calci en comparació amb altres nutrients essencials per reduir el risc de diverses malalties cròniques, com l'osteoporosi, la hipertensió i certs tipus de càncer (Calcium Fortification in Beverages: Benefits and Challenges)⁴. Tot això converteix la quantificació d'aquest mineral en una dada clau per avaluar el perfil nutricional d'aquestes begudes.

Des del punt de vista regulatori, les begudes energètiques no disposen d'una normativa europea específica que fixi un contingut mínim o màxim de calci. Les begudes energètiques no tenen una definició específica en la legislació vigent; s'engloben dins les begudes refrescants i no existeix cap regulació que assenyali els ingredients permesos ni les concentracions màximes dels seus components (Les mal anomenades begudes energètiques)⁵. El marc normatiu de referència per a la declaració nutricional de minerals en aliments és el Reglament (UE) núm. 1169/2011 del Parlament Europeu i del Consell, de 25 d'octubre de 2011, sobre la informació alimentària facilitada al consumidor. Quan es facilita informació sobre vitamines i minerals, aquesta s'ha d'expressar com a percentatge dels valors de referència de nutrients (VRN) establerts a l'annex XIII d'aquest Reglament per cada 100 g o 100 ml (Información nutricional. ACSA)⁶. D'acord amb l'esmentat annex XIII, part A, el VRN establert per al calci en adults és de 800 mg/dia. Aquests valors van ser reproduïts íntegrament en el Reglament (UE) 1169/2011 a partir de les quantitats diàries recomanades de la Directiva

90/496/CE (Ingestas de energía y nutrientes recomendadas en la UE)⁷. Pel que fa a les declaracions nutricionals, el contingut de la informació nutricional obligatòria pot complementar-se amb la indicació de la quantitat de minerals, sempre que es presentin en quantitats significatives. Per a les begudes, la quantitat significativa s'estableix en el 7,5% dels VRN per cada 100 ml; per a altres productes sòlids, en el 15% dels VRN per cada 100 g o 100 ml (Addició de vitamines i minerals. ACSA)⁸.

El mètode emprat per a la determinació de calci en aquest estudi és la potenciometria directa amb elèctrode selectiu d'ions (ISE) de Ca²⁺. Aquesta tècnica analítica permet determinar la concentració de l'ió Ca²⁺ en solució mitjançant la mesura del potencial d'una cel·la electroquímica formada per l'ISE com a elèctrode indicador i un elèctrode de referència de potencial conegut i estable (o amb un elèctrode combinat amb el qual no es necessitaria l'elèctrode de referència). L'elèctrode de referència més utilitzat és l'elèctrode de plata/clorur de plata (Ag/AgCl), format per un fil d'Ag sobre el qual es diposita AgCl per via electroquímica en una solució de NaCl o KCl; s'escull per davant de l'elèctrode de calomelans saturat (ECS), avui en desús a causa de la toxicitat del mercuri. L'elèctrode indicador, l'ISE, és sensible específicament a l'analit del qual es vol conèixer la concentració (Potenciometria amb elèctrode selectiu)⁹.

L'ISE de Ca²⁺ és un elèctrode de membrana líquida. Els primers elèctrodes selectius de Ca²⁺ utilitzaven membranes de policlorur de vinil (PVC) amb un intercanviador iònic com la sal Ca²⁺-bis(di-p-octilfenilfosfat), que permetia la detecció de calci. Actualment, aquests sistemes s'han substituït principalment per ionòfors neutres incorporats en membranes de PVC, és a dir, membranes plàstiques de policlorur de vinil que contenen molècules selectives capaces de reconèixer ions específics, ja que ofereixen una millor selectivitat i estabilitat (Potentiometry – an overview)¹⁰. La membrana actua com a intercanviador iònic selectiu: els ions Ca²⁺ de la solució problema es distribueixen a través de la membrana per diferència d'activitat, generant un potencial de fase límit proporcional a l'activitat de Ca²⁺ en la mostra. Cal destacar que no es tracta d'un potencial generat directament per una reacció redox, sinó d'un potencial de fase límit derivat de la transferència de l'ió a través d'un gradient de concentració (Potentiometry – an overview)¹⁰.

El potencial mesurat per la cel·la es relaciona amb la concentració de l'analit mitjançant l'equació de Nernst:

$$E = E^0 + \frac{0,05916}{n} pCa^{2+}$$

On:

- E = potencial mesurat de la cel·la (V)
- E⁰ = potencial estàndard de la cel·la (V)
- R = constant dels gasos ideals (8,314 J·mol⁻¹·K⁻¹)
- T = temperatura absoluta (K)
- n = nombre de càrregues de l'ió (n=2 per al Ca²⁺)
- F = constant de Faraday (96485 C·mol⁻¹)
- a_{Ca²⁺} = activitat de l'ió calci en solució

A 25 °C, substituint les constants, l'expressió simplificada per a un ió divalent com el Ca²⁺ és:

$$E = E_0 + \frac{0,05916}{2} \cdot \log [Ca^{2+}]$$

La sensibilitat de l'elèctrode ve determinada per la variació de potencial corresponent al canvi en unitats logarítmiques d'activitat de l'ió d'interès ($\Delta E/\Delta \log a$), que correspon a la pendent de Nernst (RT/nF). El valor teòric per a ions divalents és de 29,6 mV per dècada de concentració a 25 °C (Potentiometry – an overview)¹⁰. En la pràctica, la concentració de Ca²⁺ s'obté comparant el potencial mesurat en la mostra amb una corba de calibratge externa elaborada a partir de patrons de concentració coneguda, o bé aplicant el mètode d'addició estàndard. Els ISE no són completament selectius d'un únic ió; poden existir interferències d'ions amb la mateixa càrrega que l'analit, i per tant, abans de realitzar la mesura, cal emmascarar-les o corregir-les, ja sigui afegint un ajustador de força iònica (ISA) per assegurar que la força iònica de les mostres i els patrons sigui constant, la qual cosa minimitza els efectes de la matriu, també controlant el pH, el pH de la mostra s'ha de mantenir en un rang on el calci no formi complexos insolubles. En el cas del Ca²⁺, les principals interferències provenen del Mg²⁺, Zn²⁺ i altres cations divalents presents en la matriu de la beguda energètica (Potenciometria amb elèctrode selectiu)⁹; (Analizador de electrolitos)¹¹.

2. Procediment

2.1. Mostra

- Monster Original (Monster Energy Original Green).
- Monster Sense Sucre (Monster Energy Zero Ultra White).
- Monster Mango Loco (Juiced Monster Mango Loco).

2.2. Reactius

- Dissolució KCl a 3 M.
- Dissolució estàndard de calci 1000 ppm.

2.3. Material

- Matrassos aforats de 100 ml
- 1 matràs aforat de 250 ml
- Vasos de precipitats de 50 ml
- Pipetes aforades de 2,5, 5, 10, 15, 20, 25 mL
- Proveta
- Espàtula
- Manta calefactora amb agitació
- Mosca
- Potenciòmetre
- Electrode de calci (ISE)
- Cloruro de potasio polvo FG. N° CAS: 7447-40-7
- Calcium, standard solution 1000 mg/L CA for AA. N° CAS: CA01760100

2.4. Procediment experimental

- Desgasificar les tres mostres de Monster al bany d'ultrasons.
 - Abocar uns 100 mL de mostra en un vas de precipitats de 600 mL. Fer-ho per cada mostra.
 - Deixar durant 45 min els tres vasos amb les mostres al bany d'ultrasons fins que no hi hagi presència de gasos a la mostra (no hi havia presència de bombolles o escuma als vasos).
 - Passat aquest temps treure les tres mostres del bany d'ultrasons.
- Realitzar els patrons de 2,5 ppm, 5 ppm, 7,5 ppm, 10 ppm, 15 ppm i 20 ppm a partir de la dilució intermitja en matrassos aforats de 50 mL i enrasar amb aigua desionitzada. (s'utilitza finalment aquesta recta en lloc de la primera que es va realitzar, degut a l'explicació que està a l'apartat de dades prèvies).

2.4.1. Potenciometria

- Afegir 25 ml del patró de 10 ppm a un vas de precipitats, fer-ho per cada patró.
- Afegir 15 ml de KCl amb proveta a cada vas de precipitats.

- Mesurar el pH de cada mostra (Informe determinació pH)¹². Les mesures es van realitzar a temperatura ambient.
- Realitzar la lectura amb l'elèctrode de Calci (ISE) a cada patró, en el potenciòmetre.
- Afegir 25 ml de la Monster Original desgasificada a un vas de precipitats, fer per cada mostra de Monster, Zero Ultra White i Mango Loco. (x3)
- Afegir 15 ml de KCl amb proveta a cada vas de precipitats que conté cada tipus de mostra.
- Realitzar la lectura amb l'elèctrode de Calci (ISE) a cada mostra. (x3)

2.5. Càlculs previs

Dissolució de clorur de potassi (KCl) 3M

Es preparen 250 ml de la dissolució de KCl 3M, aquesta dissolució es un ajustador de força iònica (ISA).

Massa molar KCl: 74,548 g/mol

$$250 \text{ mL diss KCl} \cdot \frac{3 \text{ mol KCl}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{74,548 \text{ g KCl}}{1 \text{ mol KCl}} = 55,91 \text{ g de KCl}$$

Pes real 1: 55,9114 g de KCl

Pes real 2: 55,9117 g de KCl

Concentració en ppm (mg/L) de Calci a les begudes Monster

Aquestes begudes contenen una quantitat de calci de $\frac{3 \text{ mg Calci}}{100 \text{ g mostra}}$ (Bebida energètica)¹³. Per conèixer la concentració en ppm de calci corresponent, es realitza el següent càlcul:

Monster Original (Densitat: 1,049 g/cm³)(Informe determinació de la densitat)¹⁴

$$\frac{3 \text{ mg de calci}}{100 \text{ g mostra}} \cdot \frac{1,049 \text{ g}}{1 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} = 30 \text{ ppm de Ca}^{2+}$$

Monster Zero Ultra White (Densitat: 1,007 g/cm³)(Informe determinació de la densitat)¹⁴

$$\frac{3 \text{ mg de calci}}{100 \text{ g mostra}} \cdot \frac{1,007 \text{ g}}{1 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} = 30 \text{ ppm de Ca}^{2+}$$

Monster Mango Loco (Densitat: 1,049 g/cm³)(Informe determinació de la densitat)¹⁴

$$\frac{3 \text{ mg de calci}}{100 \text{ g mostra}} \cdot \frac{1,049 \text{ g}}{1 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} = 30 \text{ ppm de Ca}^{2+}$$

Preparació recta de calibrat

- Dissolució stock

Dissolució stock de 1000 ppm Calci per a espectroscòpia d'absorció atòmica.

- Dilució intermitja 1

Es prepara una dilució intermitja de 100 ppm, en un matràs de 100 ml, a partir de la dissolució stock de 1000 ppm.

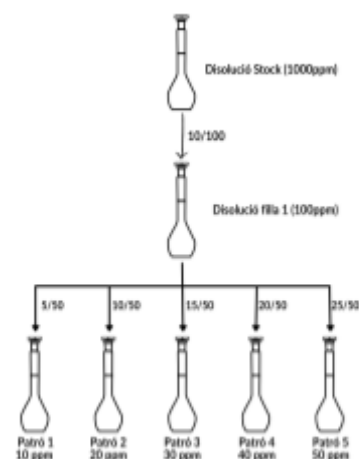


Foto 2. Primer altre de dilucions

$$100 \text{ ml dissolució final} \cdot \frac{100 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml dissolució}} \cdot \frac{1000 \text{ ml dissolució stock}}{1000 \text{ mg calci}} = 10 \text{ ml de dissolució stock}$$

S'agafen 10 mL de la dissolució stock i es porta a un volum de 100 mL, els ppm de calci en aquesta dilució és 100 ppm (mg/L).

- **Patrons**

A partir de la dilució intermitja 1 es realitzen els 5 patrons, de concentració 10, 20, 30, 40 i 50 ppm.

Patró 1: 10 ppm

$$50 \text{ ml volum final} \cdot \frac{10 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ mg calci}} = 5 \text{ ml de la dilució intermitja 1}$$

$$\frac{10 \text{ mg calci}}{L} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Calci}}{40,078 \text{ g Calci}} = 2,495 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pCa} = -\log(2,495 \cdot 10^{-4}) = 3,60$$

S'agafen 5 mL de la dilució intermitja 1 i es porta a un matràs aforat de 50 mL. Els ppm de Ca en aquest patró és de 10 ppm. Això correspon a una concentració de $2,495 \cdot 10^{-4}$ M, per tant el pCa es 3,60.

Patró 2: 20 ppm

$$50 \text{ ml volum final} \cdot \frac{20 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ mg calci}} = 10 \text{ ml de la dilució intermitja 1}$$

$$\frac{20 \text{ mg calci}}{L} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Calci}}{40,078 \text{ g Calci}} = 4,99 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pCa} = -\log(4,904 \cdot 10^{-4}) = 3,30$$

S'agafen 10 mL de la dilució intermitja 1 i es porta a un matràs aforat de 50 mL. Els ppm de Ca en aquest patró és de 20 ppm. Això correspon a una concentració de $4,99 \cdot 10^{-4}$ M, per tant el pCa es 3,30.

Patró 3: 30 ppm

$$50 \text{ ml volum final} \cdot \frac{30 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ mg calci}} = 15 \text{ ml de la dilució intermitja 1}$$

$$\frac{30 \text{ mg calci}}{L} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Calci}}{40,078 \text{ g Calci}} = 7,485 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pCa} = -\log(7,485 \cdot 10^{-4}) = 3,13$$

S'agafen 15 mL de la dilució intermitja 1 i es porta a un matràs aforat de 50 mL. Els ppm de Ca en aquest patró és de 30 ppm. Això correspon a una concentració de $7,357 \cdot 10^{-4}$ M, per tant el pCa es 3,13.

Patró 4: 40 ppm

$$50 \text{ ml volum final} \cdot \frac{40 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ mg calci}} = 20 \text{ ml de la dilució intermitja 1}$$

$$\frac{40 \text{ mg calci}}{L} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Calci}}{40,078 \text{ g Calci}} = 9,98 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pCa} = -\log(9,809 \cdot 10^{-4}) = 3,00$$

S'agafen 20 mL de la dilució intermitja 1 i es porta a un matràs aforat de 50 mL. Els ppm de Ca en aquest patró és de 40 ppm. Això correspon a una concentració de $9,98 \cdot 10^{-4}$ M, per tant el pCa es 3,00.

Patró 5: 50 ppm

$$50 \text{ ml volum final} \cdot \frac{50 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ mg calci}} = 25 \text{ ml de la dilució intermitja 1}$$

$$\frac{50 \text{ mg calci}}{L} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Calci}}{40,078 \text{ g Calci}} = 1,247 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{pCa} = -\log(1,247 \cdot 10^{-3}) = 2,90$$

S'agafen 25 mL de la dilució intermitja 1 i es porta a un matràs aforat de 50 mL. Els ppm de Ca en aquest patró és de 50 ppm. Això correspon a una concentració de $1,247 \cdot 10^{-3}$ M, per tant el pCa es 2,90.

Concentració dels patrons en ppm, pCa i molaritat dels patrons:

Número patró	Concentració de calci en ppm	pCa	Molaritat
1	10	3,60	$2,496 \cdot 10^{-4}$ M
2	20	3,30	$4,99 \cdot 10^{-4}$ M
3	30	3,13	$7,485 \cdot 10^{-4}$ M
4	40	3,00	$9,98 \cdot 10^{-4}$ M
5	50	2,90	$1,247 \cdot 10^{-3}$ M

Taula 1. Concentració dels patrons

Com les mostres han donat valors de potencial inferior al potencial del patró de 10 ppm de Ca^{2+} es torna a preparar una tanda de patrons amb les següents concentracions.

- **Nova concentració de patrons**

A partir de la dilució intermitja 1 es realitzen els 6 patrons, de concentració ppm.

Patró 1: 2,5 ppm

$$100 \text{ ml volum final} \cdot \frac{2,5 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ mg calci}} = 2,5 \text{ ml de la dilució intermitja 1}$$

intermitja 1

$$\frac{2,5 \text{ mg calci}}{L} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Calci}}{40,078 \text{ g Calci}} = 6,230 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{pCa} = -\log(6,230 \cdot 10^{-5}) = 4,20$$

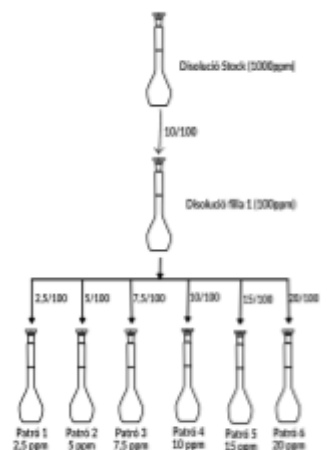


Foto 3. Segon arbre de dilucions

S'agafen 2,5 mL de la dilució intermitja 1 i es porta a un matràs aforat de 100 mL. Els ppm de Ca en aquest patró és de 2,5 ppm. Això correspon a una concentració de $6,330 \cdot 10^{-5}$ M, per tant el pCa es 4,20.

Patró 2: 5 ppm

$$100 \text{ ml volum final} \cdot \frac{5 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ mg calci}} = 5 \text{ ml de la dilució intermitja 1}$$

$$\frac{5 \text{ mg calci}}{L} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Calci}}{40,078 \text{ g Calci}} = 1,247 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pCa} = -\log(1,226 \cdot 10^{-4}) = 3,90$$

S'agafen 5 mL de la dilució intermitja 1 i es porta a un matràs aforat de 100 mL. Els ppm de Ca en aquest patró és de 5 ppm. Això correspon a una concentració de $1,247 \cdot 10^{-4}$ M, per tant el pCa es 3,90.

Patró 3: 7,5 ppm

$$100 \text{ ml volum final} \cdot \frac{7,5 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ mg calci}} = 7,5 \text{ ml de la dilució intermitja 1}$$

$$\frac{7,5 \text{ mg calci}}{L} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Calci}}{40,078 \text{ g Calci}} = 1,871 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pCa} = -\log(1,871 \cdot 10^{-4}) = 3,73$$

S'agafen 7,5 mL de la dilució intermitja 1 i es porta a un matràs aforat de 100 mL. Els ppm de Ca en aquest patró és de 7,5 ppm. Això correspon a una concentració de $1,871 \cdot 10^{-4}$ M, per tant el pCa es 3,73.

Patró 4: 10 ppm

$$100 \text{ ml volum final} \cdot \frac{10 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ mg calci}} = 10 \text{ ml de la dilució intermitja 1}$$

$$\frac{10 \text{ mg calci}}{L} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Calci}}{40,078 \text{ g Calci}} = 2,495 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pCa} = -\log(2,495 \cdot 10^{-4}) = 3,60$$

S'agafen 10 mL de la dilució intermitja 1 i es porta a un matràs aforat de 100 mL. Els ppm de Ca en aquest patró és de 10 ppm. Això correspon a una concentració de $2,495 \cdot 10^{-4}$ M, per tant el pCa es 3,60.

Patró 5: 15 ppm

$$100 \text{ ml volum final} \cdot \frac{15 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ mg calci}} = 15 \text{ ml de la dilució intermitja 1}$$

$$\frac{15 \text{ mg calci}}{L} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Calci}}{40,078 \text{ g Calci}} = 3,743 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pCa} = -\log(3,743 \cdot 10^{-4}) = 3,42$$

S'agafen 15 mL de la dilució intermitja 1 i es porta a un matràs aforat de 100 mL. Els ppm de Ca en aquest patró és de 15 ppm. Això correspon a una concentració de $3,743 \cdot 10^{-4}$ M, per tant el pCa es 3,42.

Patró 6: 20 ppm

$$100 \text{ ml volum final} \cdot \frac{20 \text{ mg calci}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{100 \text{ mg calci}} = 20 \text{ ml de la dilució intermitja 1}$$

$$\frac{20 \text{ mg calci}}{L} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Calci}}{40,078 \text{ g Calci}} = 4,99 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pCa} = -\log(4,904 \cdot 10^{-4}) = 3,30$$

S'agafen 20 mL de la dilució intermitja 1 i es porta a un matràs aforat de 100 mL. Els ppm de Ca en aquest patró és de 20 ppm. Això correspon a una concentració de $4,99 \cdot 10^{-4}$ M, per tant el pCa es 3,30.

Concentració de calci en ppm, pCa i molaritat dels patrons:

Número patró	Concentració de calci en ppm	pCa	Molaritat
1	2,5	4,20	$6,230 \cdot 10^{-5}$ M
2	5	3,90	$1,247 \cdot 10^{-4}$ M
3	7,5	3,73	$1,871 \cdot 10^{-4}$ M
4	10	3,60	$2,495 \cdot 10^{-4}$ M
5	15	3,42	$3,743 \cdot 10^{-4}$ M
6	20	3,30	$4,99 \cdot 10^{-4}$ M

Taula 2. Nova concentració dels patrons

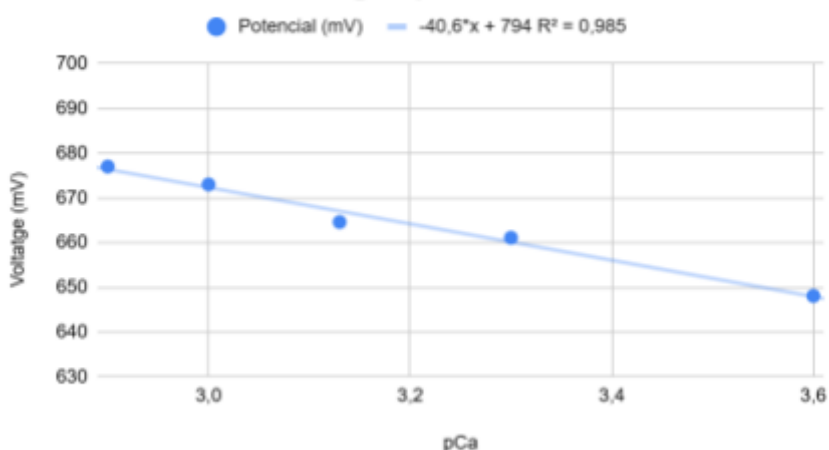
3. Taula amb dades experimentals

- Primera recta de calibratge

Número patró	Concentració de calci en ppm	pCa	Potencial (mV)
1	10	3,60	648,1
2	20	3,30	661,1
3	30	3,13	664,6
4	40	3,00	673,0
5	50	2,90	677,0

Taula 3. Dades experimentals lectura potenciometrica en mV dels patrons

Primera recta de calibratge - patrons



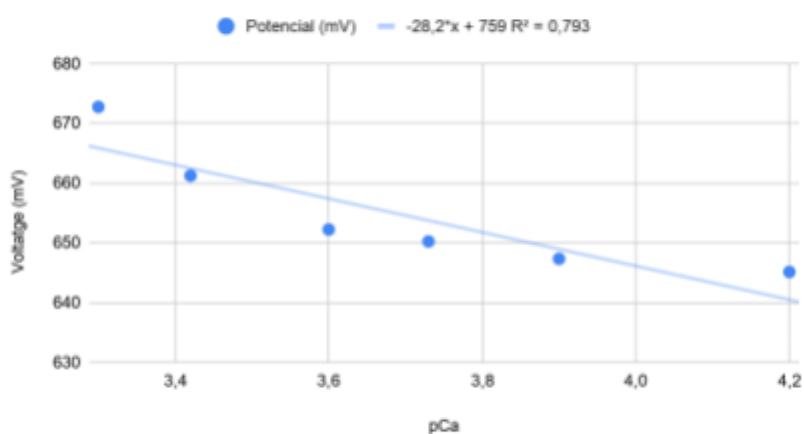
Gràfic 1. Primera recta de calibratge dels patrons

- Segona recta de calibratge

Número patró	Concentració de calci en ppm	pCa	Potencial (mV)
1	2,5	4,20	645,1
2	5	3,90	647,3
3	7,5	3,73	650,2
4	10	3,60	652,2
5	15	3,42	661,2
6	20	3,30	672,7

Taula 4. Dades experimentals lectura potenciometrica en mV dels patrons

Segona recta de calibratge - patrons



Gràfic 2. Segona recta de calibratge dels patrons

- Primera lectura mostres

Mostres	Potencial (mV)		
Monster Original	628,0	623,6	621,5
Monster Mango Loco	639,8	640,5	639,5
Monster Ultra White	630,0	629,4	627,6

Taula 5. Dades experimentals segona lectura potenciometrica en mV de les mostres.

- Segona lectura mostres

Mostres	Potencial (mV)		
Monster Original	660,2	662,7	657,1
Monster Mango Loco	651,3	651,4	650,3
Monster Ultra White	655,9	652,0	649,1

Taula 6. Dades experimentals segona lectura potenciometrica en mV de les mostres.

4. Càlculs finals

Després d'obtenir els resultats de les senyals de les mostres en el potenciòmetre, es realitzen els següents càlculs per determinar el pCa present a les mostres.

S'aplica l'equació de la recta de calibratge per determinar el pCa corresponent a cada mostra.

Equació de la recta: $y = ax+b \rightarrow y = - 28,2x + 759$

- **Mostra Monster Original**

- **Càlcul pCa (aïllament de x a l'equació)**

$$1) y = 660,2$$

$$660,2 = - 28,2x + 759$$

$$660,2 - 759 = - 28,2x$$

$$\frac{660,2 - 759}{- 28,2} = X \rightarrow X = 3,50$$

$$2) y = 662,7$$

$$662,7 = - 28,2x + 759$$

$$662,7 - 759 = - 28,2x$$

$$\frac{662,7 - 759}{- 28,2} = X \rightarrow X = 3,41$$

$$3) y = 657,1$$

$$657,1 = - 28,2x + 759$$

$$657,1 - 759 = - 28,2x$$

$$\frac{657,1 - 759}{- 28,2} = X \rightarrow X = 3,61$$

○ **Pasar de pCa a ppm**

1) $Concentració Ca^{2+} = 10^{-3,50} = 3,16 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+}$

$$3,16 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+} \cdot \frac{40,078 \text{ g } Ca^{2+}}{1 \text{ mol } Ca^{2+}} \cdot \frac{1000 \text{ mg } Ca^{2+}}{1 \text{ g } Ca^{2+}} = 12,66 \text{ ppm mg/L } Ca^{2+}$$

2) $Concentració Ca^{2+} = 10^{-3,41} = 3,89 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+}$

$$3,89 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+} \cdot \frac{40,078 \text{ g } Ca^{2+}}{1 \text{ mol } Ca^{2+}} \cdot \frac{1000 \text{ mg } Ca^{2+}}{1 \text{ g } Ca^{2+}} = 15,59 \text{ ppm mg/L } Ca^{2+}$$

3) $Concentració Ca^{2+} = 10^{-3,61} = 2,45 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+}$

$$2,45 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+} \cdot \frac{40,078 \text{ g } Ca^{2+}}{1 \text{ mol } Ca^{2+}} \cdot \frac{1000 \text{ mg } Ca^{2+}}{1 \text{ g } Ca^{2+}} = 9,82 \text{ ppm mg/L } Ca^{2+}$$

○ **Tractament estadístic (mitjana ± DS)**

Valors experimentals	mitjana	(x - mitjana)	(x - mitjana) ²	DS
12,66	12,69	-0,03	0,0009	2,89
15,59		2,90	8,41	
9,82		-2,87	8,2369	

Taula 7. Tractament estadístic Monster Original.

Mitjana: $\frac{12,66 + 15,59 + 9,82}{3} = 12,69$

(x - mitjana):

$$12,66 - 12,69 = -0,03$$

$$15,59 - 12,69 = 2,9$$

$$9,82 - 12,69 = -2,87$$

S'accepten els valors compresos dintre del rang (15,59 - 9,80)

(x - mitjana)²:

$$(-0,03)^2 = 0,0009$$

$$2,90^2 = 8,41$$

$$(-2,87)^2 = 8,2369$$

DS:

$$\sqrt{\frac{0,0009 + 8,41 + 8,2369}{2}} = 2,89$$

Resultat: 12,69 ± 2,89 mg Ca²⁺ / L

$$Er(\%) = \frac{|valor\ real - valor\ experimental|}{Valor\ real} \times 100 \rightarrow \frac{|30,00 - 12,69|}{30,00} \times 100 = 57,70\%$$

● **Mostra Monster Zero Ultra White**

○ **Càlcul pCa (aïllament de y a l'equació)**

1) $y = 655,9$

$655,9 = -28,2x + 759$

$655,9 - 759 = -28,2x$

$\frac{655,9 - 759}{-28,2} = X \rightarrow X = 3,65$

2) $y = 652,0$

$652,0 = -28,2x + 759$

$652,0 - 759 = -28,2x$

$\frac{652,0 - 759}{-28,2} = X \rightarrow X = 3,79$

3) $y = 649,1$

$649,1 = -28,2x + 759$

$649,1 - 759 = -28,2x$

$\frac{649,1 - 759}{-28,2x} = X \rightarrow X = 3,89$

○ **Pasar de pCa a ppm**

1) **Concentració $Ca^{2+} = 10^{-3,65} = 2,24 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+}$**

$2,24 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+} \cdot \frac{40,078 \text{ g } Ca^{2+}}{1 \text{ mol } Ca^{2+}} \cdot \frac{1000 \text{ mg } Ca^{2+}}{1 \text{ g } Ca^{2+}} = 8,98 \text{ ppm mg/L } Ca^{2+}$

2) **Concentració $Ca^{2+} = 10^{-3,79} = 1,62 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+}$**

$1,62 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+} \cdot \frac{40,078 \text{ g } Ca^{2+}}{1 \text{ mol } Ca^{2+}} \cdot \frac{1000 \text{ mg } Ca^{2+}}{1 \text{ g } Ca^{2+}} = 6,49 \text{ ppm mg/L } Ca^{2+}$

3) **Concentració $Ca^{2+} = 10^{-3,89} = 1,29 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+}$**

$1,29 \times 10^{-4} \text{ mol/L } Ca^{2+} \cdot \frac{40,078 \text{ g } Ca^{2+}}{1 \text{ mol } Ca^{2+}} \cdot \frac{1000 \text{ mg } Ca^{2+}}{1 \text{ g } Ca^{2+}} = 5,17 \text{ ppm mg/L } Ca^{2+}$

○ **Tractament estadístic (mitjana \pm DS)**

Valors experimentals	mitjana	(x - mitjana)	(x - mitjana) ²	DS
8,98	6,88	2,10	4,41	1,93
6,49		-0,39	0,1521	
5,17		-1,71	2,9241	

Taula 8. Tractament estadístic Monster Zero Ultra White.

Mitjana: $\frac{8,98 + 6,49 + 5,17}{3} = 6,88$

(x - mitjana):

$8,98 - 6,88 = 2,1$

$6,49 - 6,88 = -0,39$

$5,17 - 6,88 = -1,71$

(x - mitjana)²:

$2,10^2 = 4,41$

$(-0,39)^2 = 0,1521$

$(-1,71)^2 = 2,9241$

DS:

$\sqrt{\frac{4,41 + 0,1521 + 2,9241}{2}} = 1,93$

S'accepten els valors compresos dintre del rang (8,98 - 4,95)

Es descarta el primer valor

Nova mitjana: $\frac{6,49 + 5,17}{2} = 5,83$

Resultat: $6,88 \pm 1,93 \text{ mg Ca}^{2+} / \text{L}$

Er(%) = $\frac{|valor\ real - valor\ experimental|}{Valor\ real} \times 100 \rightarrow \frac{|30,00 - 6,88|}{30,00} \times 100 = 77,07\%$

● **Mostra Monster Mango Loco**

○ **Càlcul pCa (aïllament de y a l'equació)**

1) $y = 651,3$

$651,3 = -28,2x + 759$

$651,3 - 759 = -28,2x$

$\frac{651,3 - 759}{-28,2} = X \rightarrow X = 3,82$

2) $y = 651,4$

$651,4 = -28,2x + 759$

$651,4 - 759 = -28,2x$

$\frac{651,4 - 759}{-28,2} = X \rightarrow X = 3,82$

3) $y = 650,3$

$650,3 = -28,2x + 759$

$650,3 - 759 = -28,2x$

$\frac{650,3 - 759}{-28,2} = X \rightarrow X = 3,85$

○ **Pasar de pCa a ppm**

1) **Concentració $\text{Ca}^{2+} = 10^{-3,82} = 1,51 \times 10^{-4} \text{ mol/L Ca}^{2+}$**

$1,51 \times 10^{-4} \text{ mol/L Ca}^{2+} \cdot \frac{40,078 \text{ g Ca}^{2+}}{1 \text{ mol Ca}^{2+}} \cdot \frac{1000 \text{ mg Ca}^{2+}}{1 \text{ g Ca}^{2+}} = 6,05 \text{ ppm mg/L Ca}^{2+}$

2) **Concentració $\text{Ca}^{2+} = 10^{-3,82} = 1,51 \times 10^{-4} \text{ mol/L Ca}^{2+}$**

$1,51 \times 10^{-4} \text{ mol/L Ca}^{2+} \cdot \frac{40,078 \text{ g Ca}^{2+}}{1 \text{ mol Ca}^{2+}} \cdot \frac{1000 \text{ mg Ca}^{2+}}{1 \text{ g Ca}^{2+}} = 6,05 \text{ ppm mg/L Ca}^{2+}$

3) **Concentració $\text{Ca}^{2+} = 10^{-3,85} = 1,41 \times 10^{-4} \text{ mol/L Ca}^{2+}$**

$2,45 \times 10^{-4} \text{ mol/L Ca}^{2+} \cdot \frac{40,078 \text{ g Ca}^{2+}}{1 \text{ mol Ca}^{2+}} \cdot \frac{1000 \text{ mg Ca}^{2+}}{1 \text{ g Ca}^{2+}} = 9,82 \text{ ppm mg/L Ca}^{2+}$

○ **Tractament estadístic (mitjana \pm DS)**

Valors experimentals	mitjana	(x - mitjana)	(x - mitjana) ²	DS
6,05	7,31	-1,26	1,57921	2,18
6,05		-1,26	1,57921	
9,82		2,51	6,31684	

Taula 9. Tractament estadístic Monster Mango Loco.

Mitjana: $\frac{6,05 + 6,05 + 9,82}{3} = 7,31$

$9,82 - 7,31 = 2,51$

(x - mitjana):

$6,05 - 7,31 = -1,26$

$6,05 - 7,31 = -1,26$

S'accepten els valors compresos dintre del rang (9,48 - 5,13)

(x - mitjana)²:

$$(-1,26)^2 = 1,57921$$

$$(-1,26)^2 = 1,57921$$

$$2,51^2 = 6,311684$$

DS:

$$\sqrt{\frac{1,57921 + 1,57921 + 6,311684}{2}} = 2,18$$

Es descarta el tercer valor

La nova mitjana que com 6,05, ja que els dos valors son idèntics

Resultat: 7,31 ± 2,18 mg Ca²⁺ / L

$$Er(\%) = \frac{|valor\ real - valor\ experimental|}{Valor\ real} \times 100 \rightarrow \frac{|30,00 - 7,31|}{30,00} \times 100 = 75,64\%$$

5. Resultats

- Resultats mostres Monster

Mostra	Concentració Ca ²⁺ en ppm (mg/L)
Monster Original	12,69 ± 2,89 mg Ca ²⁺ / L
Monster Zero Ultra White (Sense sucre)	6,88 ± 1,93 mg Ca ²⁺ / L
Monster Mango Loco	7,31 ± 2,18 mg Ca ²⁺ / L

Taula 10. Resultats mostres.

6. Discussió de resultats / Conclusions

Els resultats obtinguts per potenciometria directa amb elèctrode selectiu de Ca²⁺ mostren concentracions de calci inferiors al valor declarat a l'etiqueta de les tres variants de Monster analitzades. El valor de referència per a les tres begudes és de 3 mg de Ca²⁺ per 100 g de mostra, que, corregit per la densitat de cada variant, equival a 30 ppm (mg/L) tant per a la Monster Original (densitat 1,049 g/cm³) com per a la Monster Mango Loco (densitat 1,049 g/cm³) i la Monster Zero Ultra White (densitat 1,007 g/cm³) (Informe determinació de la densitat)¹⁵. Els valors experimentals obtinguts han estat de **12,69 ± 2,89 mg Ca²⁺/L** per a la Monster Original, **6,88 ± 1,93 mg Ca²⁺/L** per a la Monster Zero Ultra White i **7,31 ± 2,18 mg Ca²⁺/L** per a la Monster Mango Loco, amb errors relatius del 57,70%, 77,07% i 75,63%, respectivament. Tots tres valors es troben per sota dels 30 ppm de referència, cosa que indica una subestimació sistemàtica de la concentració real de Ca²⁺ a les mostres.

L'exactitud fa referència a la proximitat entre el valor mesurat i el valor real o de referència (Calcium. Health Professional Fact Sheet)². En el cas de les tres mostres, l'exactitud és baixa, amb errors relatius que oscil·len entre el 57% i el 77%. Malgrat que el grau d'error és molt inferior al que s'havia obtingut

amb la primera sèrie de resultats —on la sobreestimació superava el 800%—. Cal tenir en compte que les begudes energètiques no estan subjectes a cap contingut mínim o màxim de calci legislatiu específicament, ja que no disposen d'una normativa europea pròpia i s'engloben dins les begudes refrescants sense regulació explícita dels seus components minerals (Les mal anomenades begudes energètiques)⁵. Així doncs, la comparació s'ha fet exclusivament amb el valor declarat al propi etiquetatge nutricional, d'acord amb les obligacions del Reglament (UE) núm. 1169/2011 (Informació nutricional. ACSA)⁶.

La causa més probable de la subestimació sistemàtica és la interferència de la matriu complexa de la beguda sobre la resposta de l'ISE. L'elèctrode selectiu de Ca^{2+} emprat en aquesta pràctica és un elèctrode de membrana líquida basat en un diester alifàtic de l'àcid fosfòric (amb grups alquil R de C_9 a C_{16}) dissolt en un dissolvent apolar que actua com a intercanviador catiònic. A la interfase membrana/dissolució s'estableix l'equilibri $[(\text{RO})_2\text{POO}]_2\text{Ca}(\text{orgànic}) \rightleftharpoons 2(\text{RO})_2\text{POO}^-(\text{orgànic}) + \text{Ca}^{2+}(\text{aquós})$, i el potencial de l'elèctrode segueix l'expressió $E = L' - (0'0592/2) \cdot p\text{Ca}$. La membrana porosa, saturada amb el líquid orgànic intercanviador, permet la determinació potenciomètrica de l'activitat del Ca^{2+} en un interval de concentracions de 10^{-5} a 1 M i a pH entre 6 i 10. Les interferències més importants provenen dels ions Zn^{2+} , Fe^{2+} , Pb^{2+} i Cu^{2+} , i també de concentracions elevades de Sr^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} i Na^+ , mentre que la interferència de H^+ esdevé significativa per sota de pH 4 (Apunts de laboratori, IQBB)¹⁵.

Les interferències més greus de l'elèctrode de Ca^{2+} es deuen als ions Zn^{2+} , Fe^{2+} , Pb^{2+} i Cu^{2+} . També interfereixen elevades concentracions de Sr^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} i Na^+ . A més, la interferència de l' H^+ és important quan el pH de la solució és inferior a 4, ja que, a pH molt baix l'elèctrode comença a "respondre" també als protons, la qual cosa resulta en una lectura de concentració de calci falsament alta (Apunts de laboratori, IQBB)¹⁵. Les begudes energètiques Monster presenten un pH àcid —degut a la presència d'àcid cítric i citrat de sodi com a reguladors d'acidesa— que pot situar-se per sota o proper a 4, cosa que introduiria una interferència addicional de l' H^+ sobre la membrana de l'elèctrode, afectant negativament la resposta al Ca^{2+} , ja que, l'elèctrode també respondria als H^+ com si foren Ca^{2+} i contribuint a la subestimació observada. A més, la presència de compostos quelants com la taurina, el gluconolactat o els propis àcids orgànics podria haver reduït l'activitat lliure del Ca^{2+} en solució —és a dir, la fracció ionitzada disponible per a l'elèctrode— sense reduir-ne la concentració total, ja que l'ISE mesura activitat iònica i no concentració total (Potentiometry – an overview)¹⁰, donat que aquests agents s'uneixen als ions de calci lliures per formar complexos solubles, disminuint així la concentració de Ca^{2+} disponible o "lliure" (The binding of Ca^{2+} to taurine and glycine-conjugated bile salt micelles)¹⁶. Pel que fa a la precisió, aquest concepte fa referència a la concordança entre mesures repetides d'una mateixa mostra, independentment del valor de referència (Calcium. Health Professional Fact Sheet)².

Avaluada a través de la desviació estàndard (DS) dels tres replicats, la Monster Original ha presentat la DS més elevada (2,89 mg/L), seguida de la Monster Mango Loco (2,18 mg/L) i la Monster Zero Ultra White (1,93 mg/L). En termes relatius, les tres mostres mostren reflecteix una dispersió considerable entre replicats per a un mètode analític de laboratori. Aquesta variabilitat pot atribuir-se la presència residual de CO₂ dissolt a la mostra, encara que la mostra es desgasifiqués durant 45 minuts al bany d'ultrasons, o pel contacte de les mostres amb l'aire podria haver generat variacions en el potencial mesurat no atribuïbles exclusivament al Ca²⁺, ja que es podria formar carbonat de calci, i provocant que l'elèctrode mesuri menys quantitat de calci de la que realment n'hi havia.

D'acord amb els valors de referència de nutrients (VRN) establerts per l'Annex XIII del Reglament (UE) núm. 1169/2011, el VRN per al calci en adults és de 800 mg/dia (Ingestas de energía y nutrientes recomendadas en la UE)⁷. A partir dels resultats experimentals, una llauna de 500 mL de Monster Original aportaria uns 6,35 mg de Ca²⁺, és a dir, menys del 1% del VRN diari. Cal recordar que, per a les begudes, el Reglament (UE) núm. 1169/2011 estableix que la quantitat mínima per considerar un mineral com a significatiu és el 7,5% del VRN per cada 100 ml, és a dir, 60 mg Ca²⁺/L (Addició de vitamines i minerals. ACSA)⁸. Cap de les tres mostres analitzades s'acosta a aquest llindar.

En conclusió, els resultats obtinguts presenten una exactitud baixa, que s'atribueix principalment a la interferència del pH àcid de la matriu sobre l'ISE —especialment rellevant quan el pH és inferior a 4— (Informe Determinació pH)¹², (Apunts de laboratori, IQBB)¹⁵, a la possible complexació del Ca²⁺ per part de components orgànics de la beguda i a la limitació inherent de l'ISE, que mesura activitat iònica lliure i no concentració total. La precisió és moderada-baixa per a les tres mostres. Per millorar la qualitat dels resultats en futures determinacions, seria recomanable controlar i ajustar el pH de les mostres i dels patrons per sobre de 4 abans de la mesura, utilitzar una solució ajustadora de força iònica específica per al Ca²⁺ que inclogui agents enmascarants de les interferències principals, com el Clorur de potassi (KCl).

7. Bibliografia

1. Anabisquert, & Anabisquert. (2025, 8 enero). *El perill de les begudes energètiques*. ASSSA Catalán. Recuperado 2 de abril de 2026, de <https://www.asssa.es/ca/el-perill-de-les-begudes-energetiques/>
2. *Office of Dietary Supplements - Calcium*. (s. f.-b). Recuperado 2 de abril de 2026, de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Calcium-HealthProfessional/>
3. National Library of Medicine. (s. f.). *Calcium*. MedlinePlus. Recuperado 2 de abril de 2026, de <https://medlineplus.gov/calcium.html>
4. Nutritional Outlook – Supplement, Food & Beverage Manufacturing Trends. (2020, November 15). Calcium fortification in beverages: Benefits and challenges. *Nutritional Outlook – Supplement, Food & Beverage Manufacturing Trends*. Recuperado 2 de abril de 2026, de <https://www.nutritionaloutlook.com/view/calcium-fortification-beverages-benefits-and-challenges>
5. *Les mal anomenades begudes energètiques*. (2019, 27 novembre). Celiacs Catalunya Blog. Recuperado 2 de abril de 2026, de <https://www.celiacscatalunya.org/blog/les-mal-anomenades-begudes-energetiques/>
6. *Información nutricional*. (s. f.). Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria. Recuperado 2 de abril de 2026, de https://acsa.gencat.cat/es/seguretat_alimentaria/seguretat_alimentaria_per_temes/etiquetatge_dels_aliments/informacio_nutricional/
7. Gabarra, A. G., Soley, M. C., & Fernández, A. C. (2017). Ingestas de energía y nutrientes recomendadas en la Unión Europea: 2008-2016. *Nutrición Hospitalaria*, 34(2), 490. Recuperado 2 de abril de 2026, de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112017000200490
8. *Adición de vitaminas y minerales a los alimentos*. (s. f.). Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria. Recuperado 2 de abril de 2026, de https://acsa.gencat.cat/es/seguretat_alimentaria/seguretat_alimentaria_per_temes/riscos-i-beneficis-dels-nutrients/addicio_de_vitamines_i_minerals/
9. Yerayjt. (s. f.). *Potenciometria amb electròde selectiu*. Recuperado 2 de abril de 2026, de <https://agora.xtec.cat/ies-merce-rodoreda/modul-a/potenciometria-amb-electrode-selectiu/>
10. Kaswan, K. S., Dhatteval, J. S., & Kumar, S. (2024). Wearable electrochemical and biosensors for forensic analysis: Challenges and research directions. In *Elsevier eBooks* (pp. 109–137). Recuperado 2 de abril de 2026, de <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-13792-1.00015-8>

11. de Servicio Técnico, M. D. E. L. O. Y. (s/f). ANALIZADOR DE ELECTROLITOS. Diestroweb.com. Recuperado el 7 de mayo de 2026, de <https://diestroweb.com/wp-content/uploads/2024/10/103AP-V4R-V1.0-MARCH-2022-ESP.pdf>
12. Determinació del pH de Monster Original, Monster Zero Ultra White i Monster Mango Loco. (s. f.). Laboratoris Lamter. <https://laboratorislamtercat.es/wp-content/uploads/2026/05/Determinacio-del-pH-de-Monster-Original-Monster-Zero-Ultra-White-i-Monster-Mango-Loce-Laboratoris-Lamter.pdf>
13. Bebida energética. (s/f). Calories24.com. Recuperado el 7 de mayo de 2026, de <https://calories24.com/es/int/calor%C3%ADas-en/bebida-energ%C3%A9tica>
14. Determinació de la densitat de Monster Original, Monster Zero Ultra White i Monster Mango Loco amb densímetre digital. (s. f.). Laboratoris Lamter. <https://laboratorislamtercat.es/wp-content/uploads/2026/05/Determinacio-de-la-Densitat-de-Monster-Original-Monster-Zero-Ultra-White-i-Monster-Mango-Loce-amb-densimetre-digital-Laboratoris-Lamter.pdf>
15. Mètodes elèctrics. (s. f.). https://drive.google.com/file/d/1SEvuq1O40jvAXLUtfU0rSh_2XemdKb1y/view
16. Rajagopalan, N., & Lindenbaum, S. (1982). The binding of Ca²⁺ to taurine and glycine-conjugated bile salt micelles. *Biochimica et Biophysica Acta*, 711(1), 66–74. [https://doi.org/10.1016/0005-2760\(82\)90010-8](https://doi.org/10.1016/0005-2760(82)90010-8)