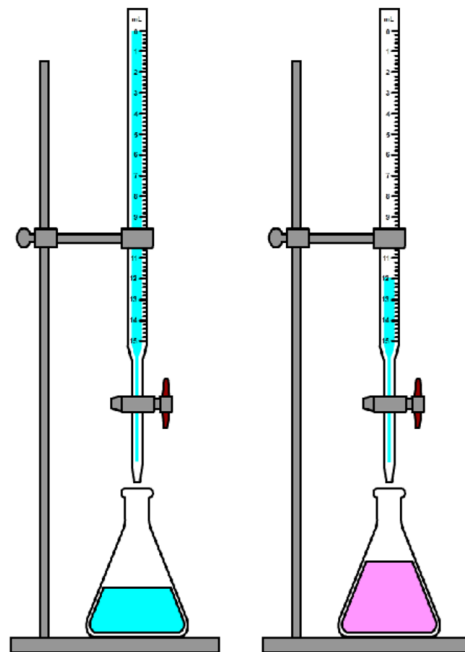




Laboratoris Lamter

Determinació de l'acidesa de Monster Original, Monster Zero Ultra White i Monster Mango Loco per volumetria directa àcid-base



Yohalis Cuevas
Andrea Martínez
David Barrientos

ÍNDEX

1. Introducció	2
2. Prevenció de riscos	4
3. Procediment	4
3.1. Mostra	4
3.2. Reactius	4
3.3. Material	4
3.4. Càlculs previs	4
3.5. Procediment experimental	5
4. Taula amb dades experimentals	7
5. Càlculs finals	7
5.1. Estandardització NaOH	7
5.2. Càlcul acidesa expressada com àcid cítric (Volumetria Àcid-Base)	8
6. Resultat	11
7. Discussió de resultats/Conclusions	12
8. Bibliografia	13

1. Introducció

L'acidesa és un paràmetre fisicoquímic fonamental en l'avaluació de la qualitat i seguretat de les begudes energètiques, ja que aquest paràmetre no sols influeix en el perfil organolèptic (color, terbolesa, aroma, sabor) sinó també en l'estabilitat microbiològica (Hanna Bolivia)¹. L'acidesa s'ha determinat a partir de l'acidesa titulable, que mesura la concentració total d'àcids presents en una mostra, utilitzant titulacions amb solucions alcalines (Hanna Chile)².

Es mesura l'acidesa total de la beguda Monster, que inclou tots els àcids presents en la mostra, però els resultats es quantifiquen i s'expressen en termes d'àcid cítric, ja que aquest és l'àcid predominant i el de referència en aquest tipus d'anàlisi. A més que l'àcid cítric és l'acidulant principal, els altres àcids que estan presents a la beguda energètica Monster, com l'àcid sòrbic i àcid benzoic actuen com a conservadors (Monster Energy)³.

L'àcid cítric ($C_6H_8O_7$), està present de manera natural en fruites cítriques com la llimona, la taronja i la pinya (Chemical Safety Facts)⁴, però també es pot produir. És un dels acidulants més utilitzats en la indústria alimentària degut a la seva alta solubilitat en aigua, el seu sabor àcid agradable i la seva capacitat per actuar com a antioxidant i regulador del pH (Rendimiento del ácido cítrico)⁵; (Chemical Safety Facts)⁴. En begudes energètiques com Monster, l'àcid cítric s'utilitza per ajustar l'acidesa del producte, millorant-ne el perfil sensorial i augmentant la vida útil mitjançant la inhibició del creixement microbià (Rendimiento del ácido cítrico)⁵.

L'àcid cítric és un àcid orgànic tricarboxílic, és a dir, conté tres grups carboxílics (COOH) capaços de cedir protons (H^+) en solució aquosa (ScienceDirect)⁶. Aquesta característica fa que l'àcid cítric sigui un àcid tripròtic amb tres constants de dissociació àcida (pKa): $pK_{a1} = 3,128$, $pK_{a2} = 4,761$ i $pK_{a3} = 6,396$ a $25^\circ C$ (Pharmaceuticals)⁷. Aquests valors indiquen que l'àcid cítric cedeix els seus protons de manera seqüencial, amb el primer protó sent el més àcid i el tercer el menys àcid. (ScienceDirect)⁶.

El pH i l'acidesa titulable estan relacionades, el pH mesura la concentració de protons lliures (ions H^+), i l'acidesa titulable mesura la suma de protons lliures (ions H^+) i àcids no dissociats d'una beguda. L'acidesa titulable és una mesura de l'acidesa total de la beguda, que normalment s'expressa en grams per litre (g/L) o com un percentatge del contingut total d'àcid d'una solució (BSMMU Journal)⁸.

L'àcid cítric regula el pH i es un acidulant, fet que manté el pH entre 2,5 i 3,5, creant un ambient hostil als microorganismes i perllongant la vida útil del producte, equilibra la dolçor excessiva de les begudes, ressaltant ingredients clau com la taurina i la cafeïna (Total Ingredients)⁹.

També actua com a conservant cosa que permet prolongar la vida útil de moltes begudes, proporcionant un pH baix que prevé el creixement microbià de bacteris i fongs i com a agent quelant, que els ions metàl·lics que poden catalitzar reaccions oxidatives perjudicials durant l'emmagatzematge.

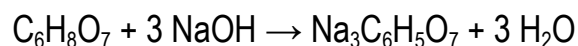
Aquest potent efecte antioxidant retarda encara més el deteriorament. Per tant, en combinar-se amb una acidificació, pasteurització i embotellament adequats, les begudes poden mantenir la seva qualitat i frescor durant mesos (Pharmaceutics)⁷.

A més és un estabilitzador de color i textura, ja que, prevé la terbolesa a les begudes carbonatades i millora l'efervescència també és un potenciador del sabor, suavitza les notes amargues o artificials i intensifica els matisos afruitats, fent que el producte sigui més agradable al paladar (Total Ingredientes)⁹.

Els aliments amb una alta acidesa són els que tenen un pH per baix de 4,6, estan en aquest grup les begudes energètiques (Aconsa)¹⁰, que tenen un pH al voltant de 2.5 i 3.5, degut al acidulant, àcid cítric. Com s'ha mencionat abans, les begudes energètiques formulades amb àcid cítric presenten habitualment un pH entre 2,5 i 3,5, provocant que la beguda sigui molt àcida, ja que el pH és molt baix i en conseqüència l'exposició freqüent a aquesta acidesa pot erosionar l'esmalt dental, afeblint les dents i augmentant la sensibilitat dental. L'erosió de l'esmalt també deixa les dents més susceptibles a les càries (Clínica Ilzarbe)¹¹.

L'àcid cítric (E 330) està autoritzat com a additiu alimentari sota el Reglament (UE) núm. 1333/2008. Es classifica com un additiu amb ús general permès ("quantum satis"), cosa que significa que no té un límit màxim numèric estricte, sinó que s'ha d'usar en la quantitat mínima necessària per assolir l'efecte desitjat (Reglamento (CE) n°1333/2008)¹².

Per determinar la quantitat d'àcid cítric present a les mostres de beguda energètica, cal fer una valoració àcid-base amb hidròxid de sodi (NaOH) com a base. El NaOH es fa servir perquè neutralitza els protons de l'àcid cítric de manera quantitativa, cosa que permet calcular la concentració de l'àcid a partir del volum de base gastat. La reacció de neutralització entre l'àcid cítric i l'hidròxid de sodi (NaOH) es pot representar mitjançant l'equació química següent:



En aquesta reacció, una molècula d'àcid cítric reacciona amb tres molècules d'hidròxid de sodi per formar citrat trisòdic ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) i tres molècules d'aigua (Echemi)¹³. Aquesta relació estequiomètrica 1:3 reflecteix la naturalesa tripròtica de l'àcid cítric (Rendimiento del ácido cítrico)⁵.

Com que el hidròxid de sodi no es un patró primari, i no sabem la seva concentració amb exactitud abans de fer-ho servir cal fer una estandardització amb Hidrogenftalat de potassi (KHP), que es un patró primari i així podem conèixer la concentració de la solució de NaOH amb exactitud. L'equació química implicada és:



2. Prevenció de riscos

- EPI's
- NaOH 0,1 M: Corrosiu, manipular amb cura, evitar esquitxades, evitar contacte amb la pell i ulls.
- Fenolftaleïna: Substància potencialment cancerígena; no obstant això, s'utilitza a baixa concentració (1%) i en quantitats molt petites (2-3 gotes), minimitzant el risc. Es manipula amb guants i evitant el contacte directe.

3. Procediment

3.1. Mostra

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

3.2. Reactius

- Hidrogenftalat de potassi (KHP)
- Hidròxid de Sodi CAS: 1310-73-2
- Fenolftaleïna

3.3. Material

- 3 Buretes 25 mL
- 9 Erlenmeyer de 250 mL
- 3 Pipetes Aforades de 5 mL
- 9 Matrassos Aforats de 50 mL
- 1 Matràs Aforat de 1L
- Proveta
- 3 Suports
- 3 Pinces
- 2 Pipetes Pasteurs
- Espátula
- Vasos de Precipitats
- Mosca
- Balança
- Pipums
- Taps Matrassos
- Placa calefactora amb agitació

3.4. Càlculs previs

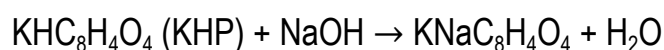
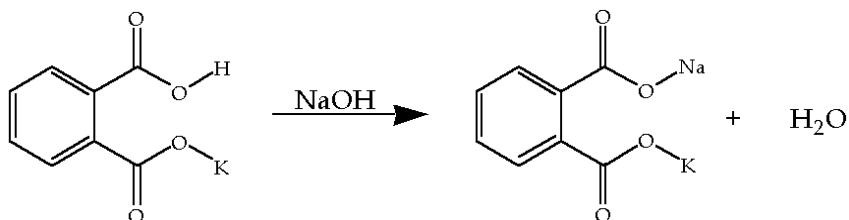
· Grams NaOH per preparar un 1L 0,1 M

Els grams d'hidròxid de sodi es calculen prèviament per preparar una dissolució aproximada de concentració 0,1 M. Aquesta dissolució no té una concentració exacta, ja que el NaOH no és un patró primari i és higroscòpic, per aquest motiu, posteriorment es realitza la seva estandardització amb hidrogenftalat de potassi (KHP).

$$1L \text{ NaOH} \cdot \frac{0,1 \text{ mol NaOH}}{1 L} \cdot \frac{40 \text{ g NaOH}}{1 \text{ mol de NaOH}} = 4 \text{ g de NaOH}$$

· Grams d'hidrogenftalat de potassi (KHP):

L'hidrogenftalat de potassi (KHP) que és un patró primari, es necessita per realitzar l'estandardització de la solució de NaOH, ja que el NaOH no és un patró primari i no sabem la seva concentració amb exactitud, llavors fem l'estandardització per conèixer la concentració de NaOH amb exactitud.



1 mol de KHP reacciona amb 1 mol de NaOH

$$20 \text{ ml NaOH} \cdot \frac{0,1 \text{ mols NaOH}}{1000 \text{ ml NaOH}} \cdot \frac{1 \text{ mol KHP}}{1 \text{ mol NaOH}} \cdot \frac{204,22 \text{ g KHP}}{1 \text{ mol KHP}} = 0,4084 \text{ g KHP}$$

3.5. Procediment experimental

- Desgasificar les tres mostres de Monster al bany d'ultrasons, per a evitar que el CO₂ dissolt aporti acidesa addicional i consumeixi base.
 - Abocar uns 100 ml de mostra en un vas de precipitats de 1000 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.
- Preparar la dissolució d'hidròxid de sodi.
 - Pesar 4 grams d'hidròxid de sodi (NaOH) en un vas de precipitats, afegir una mica d'aigua destil·lada i agitar-ho amb una mosca per dissoldre-ho, després abocar-lo a un matràs aforat d'1 l i enrasar.
 - Pes real de NaOH: 4,0032 g

- Preparar l'hidrogenftalat de potassi com a patró primari.
 - Posar l'hidrogenftalat de potassi (KHP) a l'estufa durant 1 hora.
 - Pesar uns 0,4 grams d'hidrogenftalat de potassi en un erlenmeyer de 250 ml.
 - Erlenmeyer 1: 0,4113 g KHP
 - Erlenmeyer 2: 0,4060 g KHP
 - Erlenmeyer 3: 0,4093 g KHP
 - A cada erlenmeyer abocar 50 ml d'aigua desionitzada.
- Estandarditzar la dissolució d'hidròxid de sodi (NaOH). (X3)
 - Acondicionar la bureta de 25 ml amb una mica de la dissolució de NaOH.
 - Omplir la bureta fins a la marca d'enràs amb la dissolució de NaOH.
 - Afegir 3 gotes d'indicador fenolftaleïna a cada erlenmeyer.
 - Addicionar gota a gota la dissolució d'hidròxid de sodi a l'erlenmeyer amb agitació constant fins que es produeixi el viratge de l'indicador (d'incolor a rosa).
 - Anotar el volum consumit.
- Diluir les tres mostres de Monster desgasificades.
 - En un matràs aforat de 50 ml afegir 5 ml de mostra Monster Original desgasificada i enrasar amb aigua desionitzada. (X3)
 - En un matràs aforat de 50 ml afegir 5 ml de mostra Monster Zero Ultra White (sense sucre) desgasificada i enrasar amb aigua desionitzada. (X3)
 - En un matràs aforat de 50 ml afegir 5 ml de mostra Monster Mango Loco desgasificada i enrasar amb aigua desionitzada. (X3)
- Realitzar la volumetria àcid-base per a cada Mostra de Monster. (X3)
 - Abocar a cada erlenmeyer 50 ml de mostra diluïda. (abocar el matràs aforat de 50 ml que conté la mostra diluïda a l'erlenmeyer).
 - Afegir 3 gotes d'indicador fenolftaleïna a cada erlenmeyer.
 - Rentar la bureta amb aigua desionitzada.
 - Acondicionar la bureta de 25 ml amb una mica de la dissolució de NaOH estandarditzada.
 - Omplir la bureta fins a la marca d'enràs amb la dissolució de NaOH estandarditzada.
 - Addicionar gota a gota la dissolució d'hidròxid de sodi (NaOH) estandarditzada a l'erlenmeyer agitant constantment fins que es produeixi el viratge de l'indicador (d'incolor a rosa).
 - Anotar el volum consumit.
 - Repetir l'anàlisi 2 cops més per cada tipus de Monster.

4. Taula amb dades experimentals

Estandardització NaOH	1	2	3
g KHP	0,4113	0,4060	0,4093
ml NaOH	20,7	20,6	20,6

Taula 1. Dades experimentals estandardització NaOH

Volumentria Àcid-base	1	2	3
Monster Original	5 ml NaOH 0,0970 M	5 ml NaOH 0,0970 M	4,9 ml NaOH 0,0970 M
Monster Ultra White	4,6 ml NaOH 0,0970 M	4,6 ml NaOH 0,0970 M	4,7 ml NaOH 0,0970 M
Monster Mango Loco	4,5 ml NaOH 0,0970 M	4,5 ml NaOH 0,0970 M	4,6 ml NaOH 0,0970 M

Taula 2. Resultats volumetria àcid-base

5. Càlculs finals

5.1. Estandardització NaOH

- $0,4113 \text{ g KHP} \cdot \frac{1 \text{ mol KHP}}{204,22 \text{ g KHP}} \cdot \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol KHP}} \cdot \frac{1}{20,7 \text{ ml NaOH}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ l}} = 0,0972 \text{ M}$
- $0,4060 \text{ g KHP} \cdot \frac{1 \text{ mol KHP}}{204,22 \text{ g KHP}} \cdot \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol KHP}} \cdot \frac{1}{20,6 \text{ ml NaOH}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ l}} = 0,0965 \text{ M}$
- $0,4093 \text{ g KHP} \cdot \frac{1 \text{ mol KHP}}{204,22 \text{ g KHP}} \cdot \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol KHP}} \cdot \frac{1}{20,6 \text{ ml NaOH}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ l}} = 0,0973 \text{ M}$

○ Tractament estadístic

Valors experimentals	mitjana	(x - mitjana)	(x - mitjana) ²	DS
0,0972 M	0,0970 M	0,0002	4×10^{-8}	0,0004
0,0965 M		- 0,0005	$2,5 \times 10^{-7}$	0,0004
0,0973 M		0,0003	9×10^{-8}	0,0004

Taula 3. Resultats tractament estadístic estandardització NaOH

$$\text{Mitjana: } \frac{0,0972+0,0965+0,0973}{3} =$$

0,0970 M

(x- mitjana):

$$1. 0,0972 - 0,0970 = \mathbf{0,0002};$$

$$2. 0,0965 - 0,0970 = \mathbf{-0,0005};$$

$$3. 0,0973 - 0,0970 = \mathbf{0,0003}$$

(x- mitjana)²:

$$1. 0,0002^2 = \mathbf{4 \times 10^{-4}}$$

$$2. (-0,0005)^2 = \mathbf{2,5 \times 10^{-7}}$$

$$3. 0,0003^2 = \mathbf{9 \times 10^{-8}}$$

DS:

$$\sqrt{\frac{0,00000004 + 0,00000025 + 0,00000009}{2}}$$

$$= \mathbf{4,3588 \times 10^{-4} M}$$

Rang: (0,0966-0,0974)

$$\text{Cv: } \frac{0,0004}{0,0970} \times 100 = \mathbf{0,41\%}$$

RESULTAT:

$$0,0970 \pm 0,0004 \text{ M NaOH}$$

Com no tenim cap normativa oficial la qual ens indiqui quin és el Coeficient de variació (Cv) que correspon a aquest tipus de mostra per a poder descartar o no un valor, no descartem cap valor perquè el Coeficient de variació (Cv) obtingut és inferior al 0,5% i és un rang acceptable per un n=3.

5.2. Càlcul acidesa expressada com àcid cítric (Volumetria Àcid-Base)

○ **Monster Original**

$$1. 5 \text{ mL} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \cdot \frac{0,0970 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ mol àc. cítric}}{3 \text{ mol NaOH}} \cdot \frac{192,12 \text{ g àc. cítric}}{1 \text{ mol àc. cítric}} \cdot \frac{1}{5 \text{ mL mostra}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}}$$

$$= 6,21 \text{ g àcid cítric/L}$$

$$2. 5 \text{ mL} \cdot \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \cdot \frac{0,0970 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ mol àc. cítric}}{3 \text{ mol NaOH}} \cdot \frac{192,12 \text{ g àc. cítric}}{1 \text{ mol àc. cítric}} \cdot \frac{1}{5 \text{ mL mostra}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}}$$

$$= 6,21 \text{ g àcid cítric/L}$$

$$3. 4,9 \text{ mL} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times \frac{0,0970 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol àc. cítric}}{3 \text{ mol NaOH}} \times \frac{192,12 \text{ g àc. cítric}}{1 \text{ mol àc. cítric}} \times \frac{1}{5 \text{ mL mostra}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}}$$

$$6,08 \text{ g àcid cítric/L}$$

○ **Monster Zero Ultra White**

$$4. 4,6 \text{ mL} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times \frac{0,0970 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol àc. cítric}}{3 \text{ mol NaOH}} \times \frac{192,12 \text{ g àc. cítric}}{1 \text{ mol àc. cítric}} \times \frac{1}{5 \text{ mL mostra}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}}$$

$$= 5,71 \text{ g àcid cítric/L}$$

$$5. 4,6 \text{ mL} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times \frac{0,0970 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol àc. cítric}}{3 \text{ mol NaOH}} \times \frac{192,12 \text{ g àc. cítric}}{1 \text{ mol àc. cítric}} \times \frac{1}{5 \text{ mL mostra}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}}$$

$$= 5,71 \text{ g àcid cítric/L}$$

$$6. 4,7 \text{ mL} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times \frac{0,0970 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol àc. cítric}}{3 \text{ mol NaOH}} \times \frac{192,12 \text{ g àc. cítric}}{1 \text{ mol àc. cítric}} \times \frac{1}{5 \text{ mL mostra}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}}$$

$$= 5,84 \text{ g àcid cítric/L}$$

○ **Monster Mango Loco**

$$7. \quad 4,5 \text{ mL} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times \frac{0.0970 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol àc. cítric}}{3 \text{ mol NaOH}} \times \frac{192,12 \text{ g àc. cítric}}{1 \text{ mol àc. cítric}} \times \frac{1}{5 \text{ mL mostra}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}}$$

$$= 5,59 \text{ g àcid cítric/L}$$

$$8. \quad 4,5 \text{ mL} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times \frac{0.0970 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol àc. cítric}}{3 \text{ mol NaOH}} \times \frac{192,12 \text{ g àc. cítric}}{1 \text{ mol àc. cítric}} \times \frac{1}{5 \text{ mL mostra}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}}$$

$$= 5,59 \text{ g àcid cítric/L}$$

$$9. \quad 4,6 \text{ mL} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times \frac{0.0970 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol àc. cítric}}{3 \text{ mol NaOH}} \times \frac{192,12 \text{ g àc. cítric}}{1 \text{ mol àc. cítric}} \times \frac{1}{5 \text{ mL mostra}} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}}$$

$$= 5,71 \text{ g àcid cítric/L}$$

● **Tractament estadístic**

○ **Monster Original**

Valors experimentals	mitjana	(x - mitjana)	(x - mitjana) ²	DS
6,21 g àcid cítric/L	6,16	0,05	2,5x10 ⁻³	0,08 g àcid cítric/L
6,21 g àcid cítric/L		0,05	2,5x10 ⁻³	0,08 g àcid cítric/L
6,08 g àcid cítric/L		-0,08	6,4x10 ⁻³	0,08 g àcid cítric/L

Taula 4. Resultats tractament valoració àcid-base Monster Original

Mitjana: $\frac{6,21 + 6,21 + 6,08}{3} = 6,16$

(x - mitjana):

$$6,21 - 6,16 = 0,05$$

$$6,08 - 6,16 = -0,08$$

(x - mitjana)²:

$$(0,05)^2 = 2,5 \times 10^{-3}$$

$$(-0,08)^2 = 6,4 \times 10^{-3}$$

DS: $\sqrt{\frac{2,5 \times 10^{-3} + 2,5 \times 10^{-3} + 6,4 \times 10^{-3}}{2}} =$

0,08 g àcid cítric/L

Rang: (6,09-6,24)

Cv: $\frac{0,08}{6,16} \times 100 = 1,30\%$

RESULTAT: 6,16 ± 0,08 g àcid cítric/L

Com no tenim cap normativa oficial la qual ens indiqui quin és el Coeficient de variació (Cv) que correspon a aquest tipus de mostra per a poder descartar o no un valor, no descartem cap valor perquè el Coeficient de variació (Cv) obtingut és inferior al 2% i és un rang acceptable per un n=3. Tampoc en cap normativa, s'ha trobat un valor real d'acidesa total de la mostra, per tant, no tenim cap valor real per a comparar els resultats experimentals i, per tant, no podem calcular l'error absolut ni l'error relatiu.

○ **Monster Zero Ultra White (Sense Sucre)**

Valors experimentals	mitjana	(x - mitjana)	(x - mitjana) ²	DS
5,71 g àcid cítric/L	5,75	-0,04	1,6x10 ⁻³	0,08 g àcid cítric/L
5,71 g àcid cítric/L		-0,04	1,6x10 ⁻³	0,08 g àcid cítric/L
5,84 g àcid cítric/L		0,09	8,1x10 ⁻³	0,08 g àcid cítric/L

Taula 5. Resultats tractament valoració àcid-base Monster Zero Ultra White (Sense Sucre)

Mitjana: $\frac{5,71 + 5,71 + 5,84}{3} = 5,75$

$(-0,04)^2 = 1,6 \times 10^{-3}$

(x - mitjana):

DS: $\sqrt{\frac{1,6 \times 10^{-3} + 1,6 \times 10^{-3} + 8,1 \times 10^{-3}}{2}} = 0,08$

5,71-5,75=-0,04

Rang: (5,67-5,83)

5,84-5,75=0,09

Cv: $\frac{0,08}{5,75} \times 100 = 1,40 \%$

(x - mitjana)²:

$(0,09)^2 = 8,1 \times 10^{-3}$

RESULTAT: 5,75 ± 0,08 g Àcid Cítric/ L

Com no tenim cap normativa oficial la qual ens indiqui quin és el Coeficient de variació (Cv) que correspon a aquest tipus de mostra per a poder descartar o no un valor, no descartem cap valor perquè el Coeficient de variació (Cv) obtingut és inferior al 2% i és un rang acceptable per un n=3. Tampoc en cap normativa, s'ha trobat un valor real d'acidesa total de la mostra per tant, no tenim cap valor real per a comparar els resultats experimentals i per tant, no podem calcular l'error absolut ni l'error relatiu.

○ **Monster Mango Loco**

Valors experimentals	mitjana	(x - mitjana)	(x - mitjana) ²	DS
5,59 g àcid cítric/L	5,63	-0,04	1,6x10 ⁻³	0,07 g àcid cítric/L
5,59 g àcid cítric/L		-0,04	1,6x10 ⁻³	0,07 g àcid cítric/L
5,71 g àcid cítric/L		0,08	6,4x10 ⁻³	0,07 g àcid cítric/L

Taula 6. Resultats tractament valoració àcid-base Monster Mango Loco.

Mitjana: $\frac{5,59 + 5,59 + 5,71}{3} = 5,63$

(x- mitjana):

$5,59 - 5,63 = -0,04$

$5,71 - 5,63 = 0,08$

(x- mitjana)²:

$(-0,04)^2 = 1,6 \times 10^{-3}$

$0,08^2 = 6,4 \times 10^{-3}$

DS: $\sqrt{\frac{1,6 \times 10^{-3} + 1,6 \times 10^{-3} + 6,4 \times 10^{-3}}{2}} = 0,07$

Rang: (5,56-5,7)

Cv: $\frac{0,07}{5,63} \times 100 = 1,24\%$

RESULTAT: $5,63 \pm 0,07$ g Àcid Cítric/L

Com no tenim cap normativa oficial la qual ens indiqui quin és el Coeficient de variació (Cv) que correspón a aquest tipus de mostra per a poder descartar o no un valor, no descartem cap valor perquè el Coeficient de variació (Cv) obtingut és inferior al 2% i és un rang acceptable per un n=3. Tampoc en cap normativa, s'ha trobat un valor real d'acidesa total de la mostra, per tant, no tenim cap valor real per a comparar els resultats experimentals i, per tant, no podem calcular l'error absolut ni l'error relatiu.

6. Resultat

Volumetria directa Àcid-Base	Monster Original	Monster Zero Ultra White (Sense Sucre)	Monster Mango Loco
Resultats	$6,16 \pm 0,08$ g/L	$5,75 \pm 0,08$ g/L	$5,63 \pm 0,07$ g/L

Taula 7. Resultats valoració àcid-base Monster; acidesa expressada en àcid cítric

Volumetria estandardització	NaOH
Resultats	$0,0970 \pm 0,0004$ M NaOH

Taula 8. Resultats estandardització NaOH



Foto 1. Resultats estandardització NaOH



Foto 2. Resultats valoració àcid-base Monster Original*



Foto 3. Resultats valoració àcid-base Monster Sense Zero Ultra White

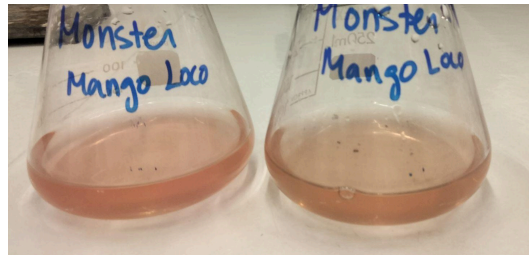


Foto 4. Resultats valoració àcid-base Monster Mango loco**

* L'erenmeyer de l'esquerra del tot, està amb un color més pàl·lid, ja que la foto està feta després d'una estona després de valorar la resta dels erlenmeyers. Però a l'hora del viratge, es va colorar amb un rosa fúcsia.

** Falta el tercer erlenmeyer, ja que a l'hora de fer la foto ja s'havia retirat el contingut de l'erenmeyer.

7. Discussió de resultats/Conclusions

Els resultats obtinguts en l'anàlisi volumètric de les tres variants de beguda energètica Monster (Monster Original, Monster Zero Ultra White i Monster Mango Loco) mostren valors d'acidesa total expressada en àcid cítric de $6,16 \pm 0,08$ g/L, $5,75 \pm 0,08$ g/L i $5,63 \pm 0,07$ g/L, respectivament.

L'acidesa s'ha expressat en termes d'àcid cítric perquè la determinació realitzada correspon a l'acidesa titulable, que mesura el contingut total d'espècies àcides neutralitzables en la mostra. Aquesta expressió està justificada perquè l'àcid cítric és l'acidulant principal en aquest tipus de begudes, mentre que altres àcids com el sòrbic i el benzoic es troben en concentracions menors i tenen principalment funció conservant.

La Monster Original presenta la major acidesa, seguida de la Monster Zero Ultra White i finalment la Monster Mango Loco. Aquestes diferències poden atribuir-se a la formulació específica de cada producte, especialment a l'equilibri entre acidulants, edulcorants i aromes utilitzats. Cal tenir en compte que l'àcid cítric s'utilitza sota el principi de *quantum satis*, fet que implica que la seva concentració pot variar segons les necessitats tecnològiques de cada variant.

Els coeficients de variació obtinguts (1,30% per Monster Original, 1,40% per Monster Zero Ultra White i 1,24% per Monster Mango Loco) són inferiors al 2%, fet que indica una alta precisió i una bona reproductibilitat del mètode volumètric utilitzat. Això confirma la fiabilitat dels resultats experimentals obtinguts.

L'estandardització de la dissolució de NaOH mitjançant KHP va permetre determinar una concentració real de $0,0970 \pm 0,0004$ M. Amb una precisió del 0,41% un valor molt baix que indica una excel·lent repetibilitat i fiabilitat del mètode volumètric utilitzat.

No obstant això, cal destacar una limitació important d'aquest estudi: no s'ha pogut localitzar cap normativa que estableix valors de referència específics per a l'acidesa total en begudes energètiques carbonatades. El Reglament (CE) n°1333/2008 (Reglamento (CE) n°1333/2008)¹² sobre additius alimentaris autoritza l'ús d'àcid cítric (E-330) segons el principi de "quantum satis", però no especifica

límits màxims d'acidesa total. Aquesta absència de valor de referència oficial impedeix calcular l'error absolut i l'error relatiu dels resultats experimentals obtinguts, així com determinar si els valors mesurats s'ajusten als estàndards de la indústria.

Malgrat aquesta limitació normativa, els resultats obtinguts són coherents amb el tipus de mostra analitzada, ja que les begudes energètiques presenten habitualment una elevada acidesa titulable deguda a la presència combinada d'àcids orgànics, principalment àcid cítric. Aquesta tècnica permet determinar l'acidesa global de la mostra, però no la contribució individual de cada àcid.

8. Bibliografia

1. *La importancia de medir la acidez total en jugos y lácteos: errores comunes y soluciones tecnológicas* | HANNA Instruments Bolivia. (s. f.). <https://www.hannabolivia.com/blog/post/884/la-importancia-medir-la-acidez-total-en-jugos-y-lacteos-errores-comunes-y-soluciones>
2. *La acidez: un parámetro crítico en la calidad alimentaria: Técnicas de medición de acidez en la industria alimentaria.* (s. f.). Hanna Instruments. <https://hannachile.com/2025/01/29/como-la-medicion-de-acidez-puede-mejorar-la-calidad-de-los-productos-alimentarios/?srsltid=AfmBOopepKct4riwzB3azKzZnjKYvzElg-yIPLWzvysSgHQifAy1iRP>
3. *Etiquetatge Begudes Monster Energy.* (s. f.). Monster Energy. <https://laboratorislamtercat.wordpress.com/wp-content/uploads/2026/05/etiquetatge-begudes-monsetr-energy.pdf>
4. *Citric acid - chemical safety facts.* (2022, 14 octubre). Chemical Safety Facts. Recuperado 21 de noviembre de 2025, de <https://www.chemicalsafetyfacts.org/chemicals/citric-acid/>
5. *Vista de Rendimiento del ácido cítrico extraído del semeruco con respecto al extraído del limón, la naranja y la piña.* (s. f.). Recuperado 21 de noviembre de 2025, de <https://innovacionestetica.indecsar.org/revista/index.php/innest/article/view/12/23>
6. *Citric Acid.* (s. f.). ScienceDirect. Recuperado 21 de noviembre de 2025, de <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/citric-acid>
7. Lambros, M., Tran, T., Fei, Q., & Nicolaou, M. (2022). Citric acid: a multifunctional pharmaceutical excipient. *Pharmaceutics*, 14(5), 972. Recuperado 21 de noviembre de 2025, de <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14050972>

8. *Correlation of pH with beverage's temperature and titratable acidity level of beverages: A quasi-experimental study.* (2024, 31 julio). BSMMU Journal. https://www.researchgate.net/publication/382770735_Correlation_of_pH_with_beverage's_temperature_and_titratable_acidity_level_of_beverages_A_quasi-experimental_trial/fulltext/66ac0a748f7e1236bc2eb9b8/Correlation-of-pH-with-beverages-temperature-and-titratable-acidity-level-of-beverages-A-quasi-experimental-trial.pdf
9. Ingredientes, T. (2025, 17 febrero). The Role of Citric Acid in the Soft Drink and Energy Beverage Industry. *Total Ingredientes*. <https://www.totalingredientes.com.br/en/post/the-role-of-citric-acid-in-the-soft-drink-and-energy-beverage-industry>
10. De Comunicación Aconsa, E. (2021, marzo 22). *pH en alimentos: su importancia en la seguridad alimentaria*. Aconsa. <https://aconsa-lab.com/ph-en-alimentos-importancia/>
11. Ilzarbe, C. (2024, julio 23). *¿Cómo afectan las bebidas energéticas a tus dientes?* Ilzarbe; Clínica Ilzarbe. <https://www.clinicailzarbe.es/como-afectan-las-bebidas-energeticas-a-tus-dientes/>
12. *REGLAMENTO (CE) no 1333/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 sobre aditivos alimentarios.* (2008, 16 diciembre). Diario Oficial de la Unión Europea. <https://www.boe.es/doue/2008/354/L00016-00033.pdf>
13. *What is the Balanced Equation for Citric Acid and Sodium Hydroxide?* (2024). ECHEMI. Recuperado 21 de noviembre de 2025, de <https://www.echemi.com/cms/1738196.html>