

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Química

Títol: Determinació dels compostos extrets durant l'erogació d'un espresso a diferents temperatures.

Document: Memòria

Alumne: Olga Ivanyushina

Tutor: Núria Fiol Santaló

Departament: Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Alimentària

Àrea: Enginyeria Química

Convocatòria (mes/any): Juny 2016

Agraïments

A la Doctora Núria Fiol Santaló, tutora del treball de fi de grau, per la seva exigència, el constant suport, l'orientació i la confiança d'acompanyar-me durant la trajectòria del projecte.

A tots aquells altres professors com en Jordi Poch i Florencio de la Torre, que han col·laborat tot aportant el seu gra de sorra en el meu projecte, temps, ajuda i coneixements. Núria Cabezas i la Gemma Rustullet, com a tècniques de laboratori, per aconsellar-me i ajudar-me amb algunes preparacions dels anàlisis.

A tots els amics de la Universitat, per el constant suport i bons consells. I a totes aquelles amistats extrauniversitàries que m'han acompanyat i han fet més amè el recorregut.

I també, a la família per creure, per educar-me en les emocions i encoratjar-me a ser, per sobre de tot, persona.

En especial a la meva mare, que sempre ha volgut el millor futur per mi i ha fet tot el possible per aconseguir-ho. Gràcies a tots els seus sacrificis, tinc les portes obertes per assolir tots aquells objectius que em planteji.

Índex

1. INTRODUCCIÓ	1
1.1 LA PLANTA DEL CAFÈ I ELS SEUS ORÍGENS	2
1.2 OBTENCIÓ DEL GRA	3
1.3 CARACTERITZACIÓ DEL CAFÈ ARÀBICA I ROBUSTA	6
1.4 PROCÈS DE TORRAT	7
1.5 MOLTA DEL CAFÉ	8
1.6 LA QUALITAT DEL CAFÉ ESPRESSO	9
1.7 LA MÀQUINA DE CAFÈ	10
1.8 PROPIETATS DE L'ESPRESSO A DIFERENTS TEMPERATURES	12
2. OBJECTIU	13
3. MATERIAL I MÈTODES ANALÍTICS	16
3.1 PREPARACIÓ DE LES MOSTRES I MATERIAL	17
3.1.1 MOLTA DEL GRA	17
3.1.2 EXTRACCIÓ DE LES MOSTRES	18
3.2 MÈTODES ANALÍTICS	20
3.2.1 DETERMINACIÓ DEL PH	20
3.2.2 DETERMINACIÓ DELS SÒLIDS TOTALS	21
3.2.3 DETERMINACIÓ DEL CONTINGUT DE CAFEÏNA	21
3.2.4 DETERMINACIÓ DELS POLIFENOLS	23
3.2.5 DETERMINACIÓ DELS SUCRES REDUCTORS	25
3.2.6 DETERMINACIÓ DEL COLOR	27
4. RESULTATS	29
4.1 RESULTATS DEL VOLUM DE L'ESPRESSO A CADA ETAPA	31
4.2 RESULTATS DEL PH	33
4.3 RESULTATS DELS SÒLIDS TOTALS	35
4.4 RESULTATS DEL CONTINGUT DE CAFEÏNA	37
4.5 RESULTATS DEL CONTINGUT DE POLIFENOLS EN LES MOSTRES	39
4.6 RESULTATS DE SUCRES REDUCTORS	41
4.7 RESULTATS DEL COLOR DE LES MOSTRES	43
5. DISCUSSIONS	45
6. PRESSUPOST	52

7. CONCLUSIONS	56
8. PLANIFICACIÓ	59
PLANIFICACIÓ DETALLADA	61
9. BIBLIOGRAFIA	64

Llista de Figures

FIGURA 1: PLANTA DEL CAFETÓ	3
FIGURA 2: PARTS DE LA CIRERA DEL CAFÈ. (AZKOYEN, 1995)	4
FIGURA 3: MORFOLOGIA DEL FRUIT DEL CAFÈ. (AZKOYEN, 1995)	4
FIGURA 4: GRA DE CAFÈ ARÀBIGA (DRETA) I GRA DE CAFÈ ROBUSTA (ESQUERRA)	7
FIGURA 5: PRIMERA PATENT DE LA MÀQUINA ESPRESSO (MORIONDO, 1884)	10
FIGURA 6: MÀQUINA CLASSE 9 USB XCELCIUS – (RANCILIO, 2016)	11
FIGURA 7: DIVISIÓ DE LES ETAPES AL LLARG DE L'EXTRACCIÓ	14
FIGURA 8: MOLINET MACAP MODEL MXD	17
FIGURA 9: MOSTRES UNA VEGADA ACABADA L'EXTRACCIÓ	18
FIGURA 10: MOSTRES EN CONTINUA AGITACIÓ, APARELL OVAN	19
FIGURA 11: MOSTRES AL FORN I AL DESSECADOR	21
FIGURA 12: HPLC KONIK 550 A	22
FIGURA 13: CROMATOGRAMA DE L'EXTRACCIÓ A 88°C, PRIMERA ETAPA	23
FIGURA 14: PROCÉS DE REDUCCIÓ DEL FOLIN-CIOCALTEU (GARCIA MARTÍNEZ, E., ET AL)	24
FIGURA 15: CANVI DEL COLOR DE LA MOSTRA (ETAPA 1) FINS AL PUNT FINAL.	26
FIGURA 16: CANVI DEL COLOR DE LA MOSTRA (ETAPA 3) FINS AL PUNT FINAL.	26
FIGURA 17: ESPECTROCOLORIMETRE LOVIBOND	27
FIGURA 18: VOLUM A DIFERENTS TEMPERATURES PER 2 ESPRESSOS.	31
FIGURA 19: PH DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ..	33
FIGURA 20: SÒLIDS TOTALS DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ.	35
FIGURA 21: CONTINGUT DE CAFEÏNA DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ.	37
FIGURA 22: CONTINGUT DE POLIFENOLS TOTALS DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ.	39
FIGURA 23: CONTINGUT DE SUCRES REDUCTORS DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ.	41
FIGURA 24: VARIACIÓ DEL COLOR DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ	43

Llista de Taules

TAULA 1: PRINCIPALS CULTIUS D'ARÀBICA I ROBUSTA. (ILLY I VIANI, 1995)	6
TAULA 2: CARACTERÍSTIQUES DEL PATRÓ "BLACK 4 2X".	27
TAULA 3: VOLUM DE LES MOSTRES DE DOS ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ	31
TAULA 4: pH DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ.	33
TAULA 5: SÒLIDS TOTALS DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ.	35
TAULA 6: CONTINGUT DE CAFÈINA DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ.	37
TAULA 7: CONTINGUT DE POLIFENOLS TOTALS DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ.	39
TAULA 8: CONTINGUT DE SUCRES REDUCTORS DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ.	41
TAULA 9: VARIACIÓ DEL COLOR DE LES MOSTRES D'ESPRESSOS PER A CADASCUNA DE LES TRES ETAPES D'EXTRACCIÓ I OBTINGUTS A DIFERENTS TEMPERATURES D'EXTRACCIÓ.	43
TAULA 10: CORRELACIÓ ENTRE PARÀMETRES FÍSICOQUÍMICS ANALITZATS I LA TEMPERATURA A L'ETAPA 1	49
TAULA 11: CORRELACIÓ ENTRE PARÀMETRES FÍSICOQUÍMICS ANALITZATS I LA TEMPERATURA A L'ETAPA 2	50
TAULA 12: CORRELACIÓ ENTRE PARÀMETRES FÍSICOQUÍMICS ANALITZATS I LA TEMPERATURA A L'ETAPA 3	51

1. Introducció

1. Introducció

1.1 La planta del cafè i els seus orígens

Un dels orígens més coneguts del cafè es situa a Etiòpia, on va ser descobert per un pastor quan va observar l'excitació que patien les seves cabres quan menjaven els fruits del cafetó, la planta de cafè.

El seu cultiu i consum com a beguda s'inicia al segle X a Aràbia. L'Islam va propagar-lo pels països pròxims, probablement com a substitut de l'alcohol prohibit per la seva religió, de manera que es va anomenar "vi d'aràbia".

Durant segles els àrabs són el màxim productor de cafè. Fins el 1600 que, gràcies a les campanyes militars dels turcs, el cafè entra a Europa i arriba a Holanda, França, Anglaterra i Alemanya; (la primera cafeteria la trobem a Oxford, l'any 1650).

El 1699, *Nicolás Witsen* el porta a Amsterdam, i posteriorment es planta el cafeto a l'illa de Java; on la fertilitat i les característiques del sol i el clima són molt beneficioses per la producció. De tal manera que Holanda passa a ser una forta potència en producció de cafè; fins el 1714, que gràcies a l'oficial *De Clieu* arriba a Amèrica, concretament a l'illa de Martinica, i ja es cultiva per Brasil, Centre-amèrica, Veneçuela i Colòmbia.

No és fins a mitjans del segle XX que apareix la tecnologia per transformar el gra de cafè torrat en una beguda concentrada, sotmesa a un procés d'extracció que té la finalitat d'obtenir un aliment líquid amb totes les propietats positives d'aquest fruit torrat. És el que anomenem cafè exprés. (*Barberà, 2000*)

Avui en dia l'evolució natural del cafè exprés ens ha portat a parametritzar el procés de preparació per tal de garantir la màxima qualitat d'extracció, és el que anomenarem cafè espresso.

1. Introducció

1.2 Obtenció del gra

El “cafeto” (Figura 1) és una planta dicotiledònia que pertany al gènere *Coffea*, de la família de les rubiàcies.

El fet que hi hagin varies espècies i varietats fa que la classificació de les plantes de cafè sigui complexa. Ara bé, les dues espècies més comercialitzades són *Coffea aràbica* i *Coffea canephora* o *robusta*. Una altra espècie és *Coffea libèrica*, però té molt poca importància en el cultiu actual de cafè.

Les característiques del cafetó varien en funció de la varietat cultivada, però generalment les fulles d'aquest arbust solen ser oposades i persistents, i les flors blanques i amb molta olor.



Figura 1: Planta del cafetó

El fruit té el tamany semblant al d'una cirera (15mm de diàmetre); el seu creixement es dona entre 8 i 10 mesos, durant els quals passa de color verd a groc, vermell i finalment a carmesí, quan ja ha assolit la maduració completa.

De la part més exterior del fruit a la llavor (Figura 2), trobem:

- Exocarp: pell exterior o clova
- Mesocarp: polpa del fruit, és groguenca, dolça i viscosa.
- Endocarp: també anomenat *pergamí*, que separa cada llavor de la polpa. És de color crema i fa de funda protectora.
- Una pel·lícula molt fina anomenada pel·lícula argentada, que recobreix la llavor: *el gra de cafè*.

1. Introducció

Aquestes quatre capes s'eliminen en el procés de “beneficiado” del fruit per tal d'obtenir el cafè verd.

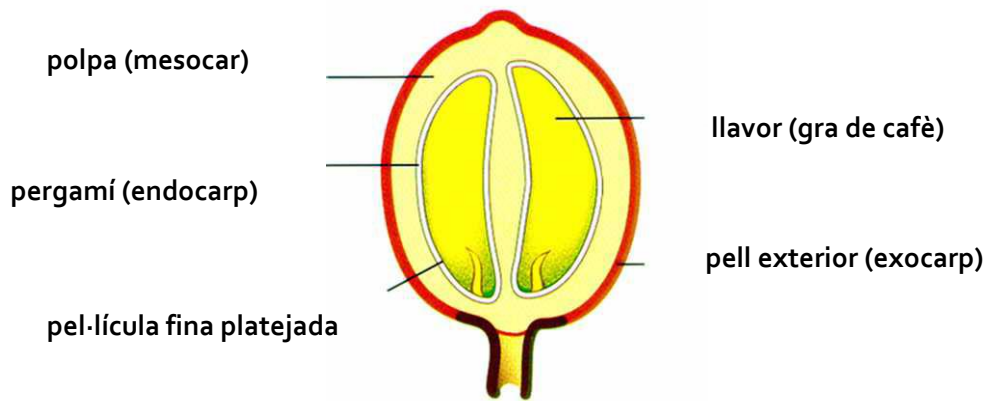


Figura 2: Parts de la cirera del cafè. (Azkoyen, 1995)

Hi han dos grans per cada fruit, excepte quan un dels dos lòbuls avorta, perquè llavors es desenvolupa un sol gra ovoide anomenat “caracolillo”, que és petit i completament rodó.

El tamany del gra de cafè és de 10mm de longitud, 6 o 7 d'amplada i 3 o 4 de gruix. El seu pes s'escau entre 0.15 i 0.20 grams. I el seu color, sense la pel·lícula fina, sol ser verd, gris-groc o blau segons la varietat botànica, el mètode de preparació i el grau d'envelliment del producte.



Figura 3: Morfologia del fruit del cafè. (Azkoyen, 1995)

1. Introducció

Recol·lecció i “beneficiado”: Quan els fruits són madurs han de recol·lectar-se quasi immediatament, cosa que no resulta fàcil perquè en un mateix arbre hi han diferents fases de maduració al mateix temps, per això la recol·lecció pot tardar varis mesos.

Després de la recol·lecció s’han de retirar els grans del fruit, cosa que es pot fer mitjançant dos mètodes: el sec i l’humit.

El primer és més simple que l’altre, de manera que s’utilitza per cafès de qualitat inferior; (Azkoyen, 1995)

1. Introducció

1.3 Caracterització del cafè Aràbica i Robusta

La planta del cafè, el cafetó, pertany a la família de les *Rubiaceas* la qual inclou més de 500 gèneres i aproximadament 8000 espècies. Dins el gènere *Coffea* existeixen més de 60 espècies, essent dues d'elles de major importància, com ja s'ha esmentat, *coffea aràbica* i *coffea canephora*, més conegudes com aràbica i robusta.

És important saber les característiques de cada una d'aquestes espècies donat que l'aràbica és un producte considerat de millor qualitat, essent així un producte de preu més elevat. Aquesta qualitat ve determinada per les condicions climàtiques i el genotip. El robusta, tot i no ser de més qualitat, aporta l'anomenat cos a la beguda.

De les varietats aràbiques s'obtenen els millors cafès que provenen principalment de Centre i Sud Amèrica, Kenya i Etiòpia. Els robustes es cultiven principalment a països africans i a l'est d'Àsia. Les principals varietats de les dues espècies que s'utilitzen al mercat són anomenades a la taula següent:

Taula 1: Principals cultius d'Aràbica i Robusta. (*Illy i Viani*, 1995)

Varietats aràbiques	Varietats del robusta
Típica	Robusta
Bourbon	Kouillou
Caturra	Niauli
Mundo Nuovo	Java
Aràbica comun	Inéac
Maragotype	Conillón
Sumatra	
Blue Mountain	
Colòmbia	

Les dues espècies, aràbica i robusta, tenen diferències considerables en les seves característiques botàniques, genètiques, agronòmiques, químiques i morfològiques.

L'aràbica és un arbre petit que es deixa créixer de 2,5 a 4,5 metres. Es troba a una altitud de 600 fins a 2200 metres i a unes temperatures baixes, de 15 a 24 °C, amb humitat moderada. És una planta tetraploide (conté el doble de cromosomes que una cèl·lula somàtica normal) i autofèril. Les seves fulles són petites i ovalades.

L'espècie robusta és similar en molts aspectes a l'aràbica tot i que aquesta és diploide i autoestèril. És un arbre llarg (4,5 - 6,5 m.), amb llargues fulles. Es troba a una altitud de 0 a 800 metres, amb temperatures més elevades.

1. Introducció

Les llavors o grans de cafè en l'espècie aràbica, de color verd o verd pàl·lid, tenen una forma ovalada convexa amb una partició longitudinal en forma de S en la cara interior. En el robusta les llavors tendeixen a un color més marronós i tenen una forma més arrodonida amb un tall central recte tal i com es mostra a la Figura 4.



Figura 4: Gra de cafè aràbiga (dreta) i gra de cafè robusta (esquerra)

La maduració del fruit en l'aràbica és de 7 a 9 mesos, mentre que en el robusta oscil·la entre 9 i 11 mesos.

1.4 Procès de torrat

La torrefacció és una etapa crucial en el processament del cafè, que està dirigit per canviar notablement les propietats químiques, físiques, estructurals i sensorials del gra del cafè per reaccions induïdes per la calor. De fet, els grans de cafè verds només es caracteritzen per una feble i verda aroma, i la seva textura dura dificulta el seu ús com a aliment. La torrefacció és un tractament tèrmic intens durant el qual el cafè grans s'escalfen a altes temperatures (160-240 °C) per als temps que oscil·la entre 8 i 20 min, depenent de les característiques desitjades del producte final. En el cas d'un cafè a l'estil italià, la temperatura de torrat oscil·la entre 200 i 240 °C (*Lerici i Nicoli, 1990*).

L'eficiència del procés i la qualitat del cafè torrat depenen de diversos factors, incloent: la composició del gas i la temperatura, la pressió, temps, velocitat relativa dels grans i la taxa de flux de gas. Cada equip de torrat necessita una elecció adequada dels paràmetres del procés com que afecten la taxa de transferència de calor al gra de cafè i per tant el desenvolupament de les reaccions induïdes per la calor durant el torrat (*Pittia i Romani, 2010*).

1. Introducció

1.5 Molta del café

Previ a l'extracció, la llavor del cafè ha de passar per un procés de molta per tal de reduir el seu diàmetre de partícula. D'aquesta manera maximitzar el contacte entre l'aigua i el gra molt.

És important que el cafè estigui acabat de moldre en el moment de produir-se l'extracció. És una forma d'evitar la pèrdua d'aromes.

També és important el diàmetre de partícula perquè si el cafè mòlt és massa gruixut, el llit que formarà deixarà espais amples entre les partícules que el conformen, facilitant el pas de l'aigua i obtenint així, una infusió aigualida amb poca dissolució dels components bàsics d'un bon cafè. En el cas que el mòlt sigui massa fi, es produeix l'efecte contrari; les partícules petites s'ajunten deixant poc espai entre sí, dificultant el pas de l'aigua i alhora, la sobreextracció produïda arrossegara components i partícules no desitjats (Rao, 2008).

1. Introducció

1.6 La qualitat del café espresso

Un café espresso italià és una beguda concentrada en una taça petita, elaborat a petició d'extracció de grans de café molts i torrats amb aigua calenta a pressió per un temps curt i definit (*Illy i Viani, 1995*).

Els següents rangs dels paràmetres que venen definits per per la preparació d'un café espresso italià, són les que s'han utilitzat per l'estudi:

- Porció de café molt $6,5 \pm 1,5\text{g}$
- Temperatura de l'Aigua $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Pressió de l'aigua $9 \pm 2\text{bar}$
- Temps de percolació $30 \pm 5\text{segons}$

El café, l'estímul per la ment, es troba en una posició especial: el que la gent hi busca no és la nutrició, al contari, és apreciat per la seva falta de calories. El café s'apela a les persones pel seu especial sabor i la ingesta de petites quantitats de l'estimulant suau, la cafeïna que conté, també pot jugar un paper (menor). El mode de preparació i la presentació, la seva aparença i la sensació a la boca, el seu cos, són igual d'importants en l'apreciació de l'espresso, com l'aroma i el tast. (*Illy i Viani, 1995*).

1. Introducció

1.7 La màquina de cafè

Des del 1884, quan es va inventar la primera màquina del cafè espresso, fins l'actualitat, hi ha hagut un gran avanç tecnològic en el sector. Les màquines actuals permeten fer extraccions a diferents temperatures, amb exactitud d'un decimal, i fins i tot amb rampes de temperatura.

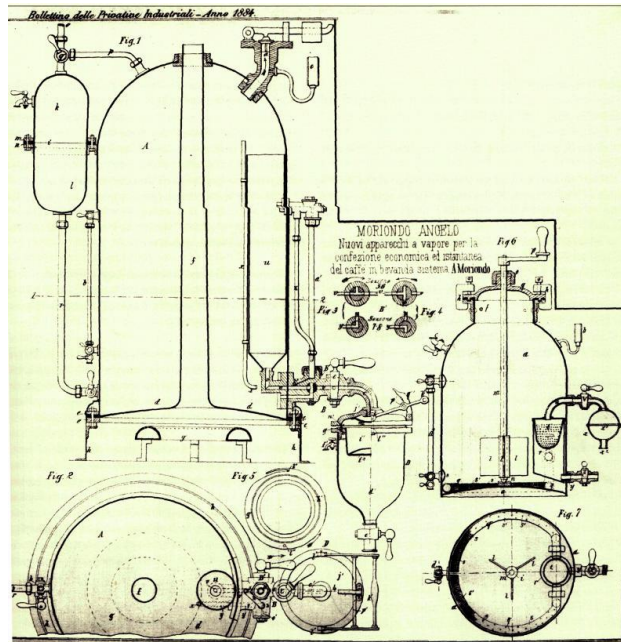


Figura 5: Primera patent de la màquina espresso (Moriondo, 1884)

Per aquest estudi s'ha utilitzat una cafetera de la marca Rancilio. Rancilio és un fabricant de màquines de cafès espresso, fundada al 1927 per Robert Rancilio a Parabiago, Milà, Itàlia. Rancilio s'ha convertit en el fabricant més conegut en les seves xarxes de distribució, per l'ús efectiu del disseny industrial i per la fiabilitat de les seves màquines.

Una de les versions més avançades d'aquesta marca és la màquina de cafè expresso utilitzada en aquest estudi, Classe 9 XCelsius de Rancilio, amb una tecnologia USB que porta incorporada una electrònica avançada i una pantalla alfanumèrica per controlar la màquina.

1. Introducció



Figura 6: Màquina Classe 9 USB XCELCIUS – (*Rancilio*, 2016)

La principal opció de configuració de la màquina és el subministrament d'aigua calenta amb control de temps de dosificació, i la principal característica que la diferencia d'altres màquines de cafè és la possibilitat de variar la temperatura de l'aigua d'extracció. Aquest fet fa possible variar les propietats del cafè (*Rancilio*, 2016).

1. Introducció

1.8 Propietats de l'espresso a diferents temperatures

En estudis anteriors s'ha demostrat que la utilització de rampes o corbes de temperatura amb la màquina de cafè Rancilio XCelsius permet modificar les propietats fisicoquímiques del cafè en tassa.

D'entre tots els paràmetres analitzats s'ha detectat que la modificació de la temperatura d'extracció provoca un augment o una disminució del valor de la propietat fisicoquímica analitzada. Aquesta modificació s'ha observat en tots els tipus de cafè analitzats, i provoca el mateix efecte, independentment de quin sigui el grau de torrat del cafè.

En general, en els estudis anteriors es va determinar que utilitzant la rampa temperatura ascendent, en l'extracció de 88-93°C, comparada amb la temperatura plana de 90°C, la temperatura d'extracció habitual de les màquines de cafè, l'espresso obtingut té menor acidesa, més bon cos, un color marró més clar, amb menys contingut de cafeïna. Tots aquestes efectes indiquen que un espresso extret en aquestes condicions de temperatura i podria ser més gustós que un espresso extret a la temperatura habitual.

En el cas d'utilitzar la rampa de temperatura descendent, en l'extracció 93-88°C, comparada amb la temperatura plana de 90°C, l'espresso té menor acidesa, més bon cos, és més fosc, amb menys contingut de cafeïna. Aquestes propietats també defineixen que seria més gustós que l'habitual i extret a una rampa descendent.

Com s'ha esmentat, hi ha varis estudis sobre com es modifiquen les propietats fisicoquímiques del cafè espresso en tassa a diferents temperatures i rampes. Tot i això, es desconeix com s'extreuen els components de l'espresso al llarg de l'extracció i com l'extracció de compostos és diferent a cada temperatura d'extracció i a cada rampa de temperatura.

2. Objectiu

2. Objectiu

L'objectiu del treball és estudiar com es produeix l'extracció dels compostos més característics d'un espresso al llarg del temps d'erogació, en funció de la temperatura d'extracció. Per assolir aquest objectiu es farà una recollida de mostres en tres diferents etapes, i es faran extraccions a tres temperatures d'extracció fixa i dues rampes de temperatura: una rampa ascendent i una descendent.

L'extracció es dividirà en 3 etapes, cada una d'elles representa una franja de l'extracció. Els primers 10mL corresponen a la primera etapa, els següents 10mL a la segona etapa i els últims 10mL representen la tercera etapa.

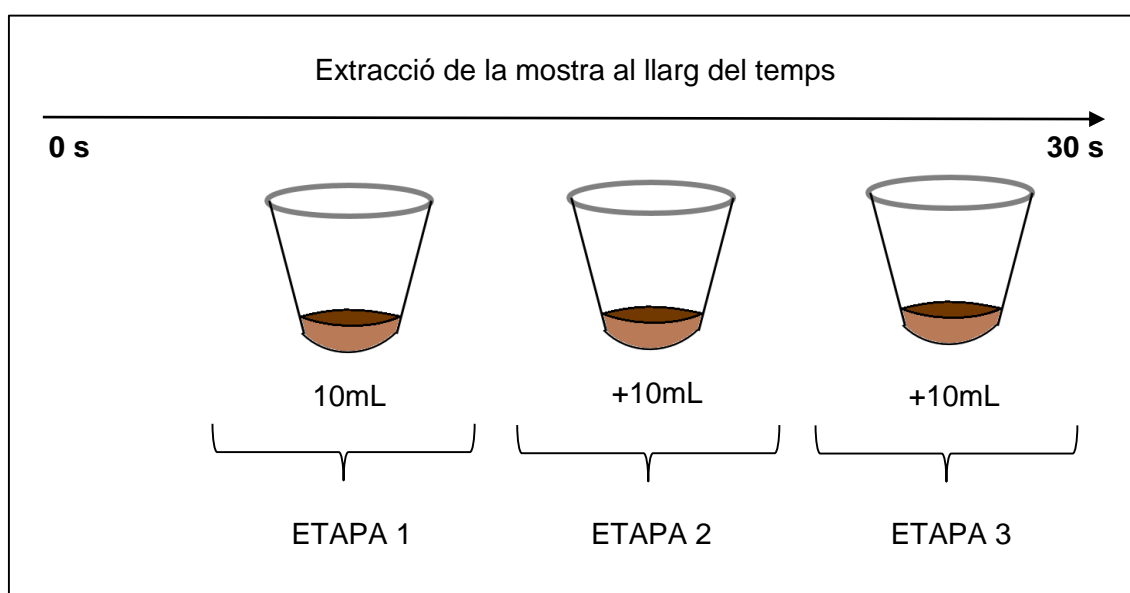


Figura 7: Divisió de les etapes al llarg de l'extracció

Per tal de determinar l'evolució de l'extracció dels compostos en els espressos, en cada una de les mostres obtingudes en aquestes etapes s'analitzarà el contingut de sòlids totals, sucres reductors, polifenols, pH i el color. Les diferents temperatures d'extracció que s'utilitzaran són: temperatura fixa 88°C, 90°C, 92°C, rampa ascendent de 88°C a 92°C i rampa descendent de 92°C a 88°C.

Dels resultats experimentals obtinguts es farà un tractament estadístic per veure el grau de significació de les diferències analítiques a diferents temperatures i etapes d'extracció. Per determinar si hi ha diferències significatives entre els resultats, es realitzarà un test ANOVA amb l'anàlisi Post Hoc, fragmentant les dades per etapes. Mitjançant un test estadístic de correlació de Pearson, s'estudiarà la relació entre tots

2. Objectiu

els paràmetres i per etapes. Es vol observar si amb la variació d'un valor d'un paràmetre escollit, sistemàticament varia el valor d'una altra variable.

3. Material i mètodes analítics

3.1 Preparació de les mostres i material

3.1.1 Molta del gra

Per la obtenció de l'extracte es necessita crear un llit uniforme de cafè molt, pel que passarà l'aigua a la temperatura indicada.

El gra de cafè utilitzat per les mostres és d'espècie aràbiga i de varietat bourbon, de la marca Cafè Saula (Barcelona) i de un grau de torrat elevat (9/10).

Amb el molinet de la marca Macap model MXD (Figura 8) es transformen els grans de cafè torrat en partícules de mida més petita i fina. Aquest molinet ens permet regular el grau de molta mitjançant una rodeta que es localitza a la part posterior. Segons el grau de mòlta, les partícules oferiran una major o menor resistència al pas de l'aigua per la pastilla de cafè disposada a la cassa, fent augmentar el temps d'extracció. (*D'Agostina et al, 2004*)



Figura 8: Molinet Macap model MXD

Realitzar una mòlta correcta del cafè és una condició indispensable per preparar un espresso perfecte. Si el cafè està molt massa gruixut o massa fi el resultat no serà l'esperat. El cafè ha d'estar en el seu punt just complint amb les característiques esmentades de la seva preparació.

El cafè mòlt per preparar espressos s'ha d'adequar a les específiques característiques a la nostra cafetera, per aconseguir que en tot just 30-35 segons extreure els 30mL de cafè que es vol analitzar.

3.1.2 Extracció de les mostres

Per analitzar els paràmetres de cada etapa s'ha procurat la màxima exactitud en els canvis de vasos de precipitats alhora de recollir les mostres. Des de que comença l'extracció, s'han hagut d'omplir els vasos de precipitats recollint els 10mL de cada etapa.

S'han posat 2 vasos de precipitats de 50mL (un per cada sortida) per recollir els 10mL de la primera etapa, una vegada recollit el volum desitjat, es canvien els vasos ràpidament per recollir els 10mL corresponents a la segona etapa i finalment es tornaven a canviar per recollir els 10 últims mL de la tercera etapa.



Figura 9: Mostres una vegada acabada l'extracció

Al final de cada extracció s'han obtingut 6 vasos de precipitats amb 10mL de cafè a cada un. El contingut de dos vasos de precipitats de la mateixa etapa s'han fusionat en una sola mostra i s'ha deixat refredar en un multi agitador magnètic de la marca Ovan. La mostra triga aproximadament 8 minuts en refredar-se fins a arribar a temperatura ambient quan està amb continua agitació a 200 rpm.



Figura 10: Mostres en continua agitació, aparell Ovan

El procediment s'ha repetit fins a obtenir 8 mostres de cada etapa per cada temperatura.

S'ha utilitzat l'aigua de la marca Viladrau per les extraccions, aigua de baixa mineralització.

3.2 Mètodes analítics

3.2.1 Determinació del pH

L'equip utilitzat per la determinació del pH és un pH-metre Crison 220, que consisteix a mesurar el potencial a través d'una fina membrana de vidre que separa dues solucions amb diferent concentració de protons.



Figura: pH-metre Crison 220

Els àcids i les bases tenen una característica que ens deixa poder mesurar-los, és la concentració de protons. Els àcids forts tenen altes concentracions de protons i els àcids febles tenen concentracions baixes. el pH llavors és un valor numèric que expressa la concentració protons.

El cafè conté molts àcids, alguns d'ells són: clorogènic, quínic, cítric, acètic, màlic, fòrmic, fosfòric, glicòlic, làctic, fumàric, maleic i tartàric. (*Puerta, 2011*)

El principal àcid que conté el cafè és l'àcid clorogènic, un dels principals compostos polifenòlics que caracteritzen el cafè i com tots aquests compostos, té una activitat antioxidant. El seu contingut ha estat relacionat amb el gust amarg (*Gloess et al., 2014; Campa et al., 2005*).

3.2.2 Determinació dels sòlids totals

El mètode utilitzat per la determinació del contingut de sòlids totals és un anàlisi gravimètric per evaporació (Osvaldo, 2011)

Una vegada obtingudes les mostres i s'han deixat refredar a l'agitador, s'han recollit 8mL de cada mostra en un vas de precipitats de 50mL. Aquests vasos s'han deixat en una estufa a 100°C durant 24h per tal d'evaporar tota l'aigua que porten. Una vegada han passat les 24 hores les mostres s'han deixat refredar a temperatura ambient en un dessecador per no absorbir la humitat de l'ambient. Finalment s'han pesat i per calcular el contingut de sòlids totals s'ha seguit la següent fórmula:

$$\frac{g \text{ pes del vas amb sòlids} - g \text{ pes del vas}}{8 \text{ mL de mostra de cafè}} \cdot \frac{1000 \text{ mL mostra de cafè}}{1 \text{ L mostra de cafè}} = \frac{g \text{ sòlids totals}}{L \text{ mostra de cafè}}$$

Els vasos de precipitats que s'han utilitzat per afegir els 8mL de la mostra da cafè han necessitat un tractament previ de deixar-los 20 minuts a l'estufa a 100°C i després deixar-se refredar en el dessecador, així assegurant que no hi ha humitat quan es pesin buits abans de començar.



Figura 11: Mostres al forn i al dessecador

3.2.3 Determinació del contingut de cafeïna

El mètode utilitzat per la determinació de la cafeïna és la cromatografia líquida d'alta eficàcia (HPLC).

Per dur a terme les determinacions analítiques s'utilitza un cromatògraf de la casa Konik model 550 A, amb una columna Nucleosil 100C18 de 5 μ (100 x 4,6 mm) i un detector a una longitud d'ona a 210 nm. Aquest permet ajustar certs paràmetres com el cabal de la fase mòbil o la concentració de l'eluent. El cabal utilitzat en l'anàlisi s'ha ajustat a 0.8 mL/min utilitzant 60/40 (metanol/aigua) com a fase mòbil.

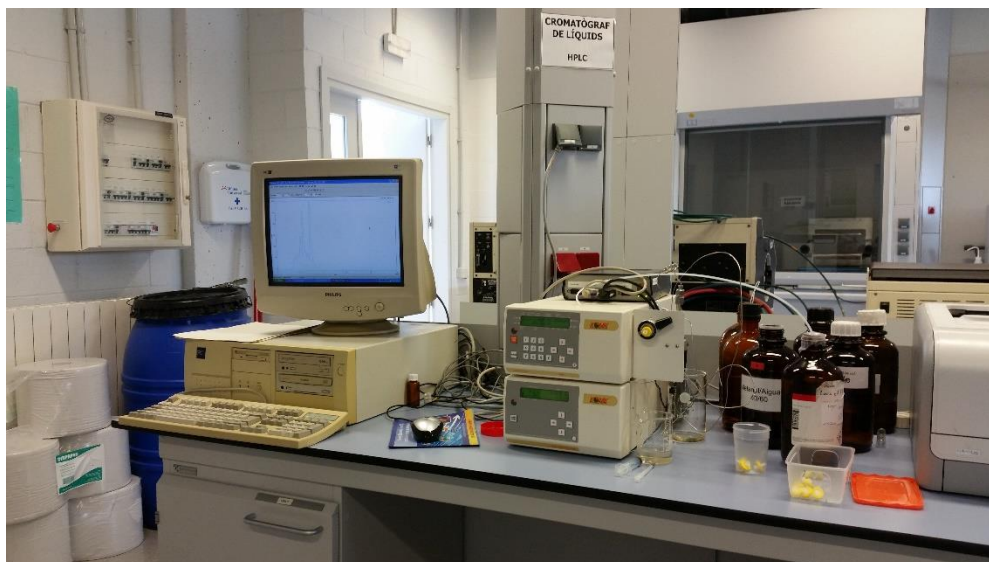


Figura 12: HPLC Konik 550 A

En l'equip utilitzat per l'anàlisi de les mostres de cafè, el sistema d'injecció permet un volum de mostra d'injecció de 20 μ L. La mostra s'introdueix a l'injector amb una xeringa, a la qual s'incorpora un microfiltre per evitar que entrin partícules sòlides al sistema HPLC.

Per la determinació de la cafeïna de les mostres primer s'ha creat la recta de calibratge a partir de patrons de 5, 10, 25 i 50 mg/L de cafeïna. S'ha observat que el pic de la cafeïna surt aproximadament després de 3 minuts de la injecció.

Abans d'injectar les mostres al cromatògraf, aquestes han de ser diluïdes i s'han diluït de la següent manera: 0.4 mL de mostra en 100 mL d'aigua Mili-Q per les mostres de l'etapa 1, 0.6 mL de mostra en 100 mL d'aigua Mili-Q per les mostres de l'etapa 2 i 0.8 mL de mostra en 100 mL d'aigua Mili-Q per les mostres de l'etapa 2.

El cromatograma que s'obté del cromatògraf és el de la Figura 13, on s'observa el pic de la cafeïna als 3 minuts. En el cas de la figura, és el pic del número 5.

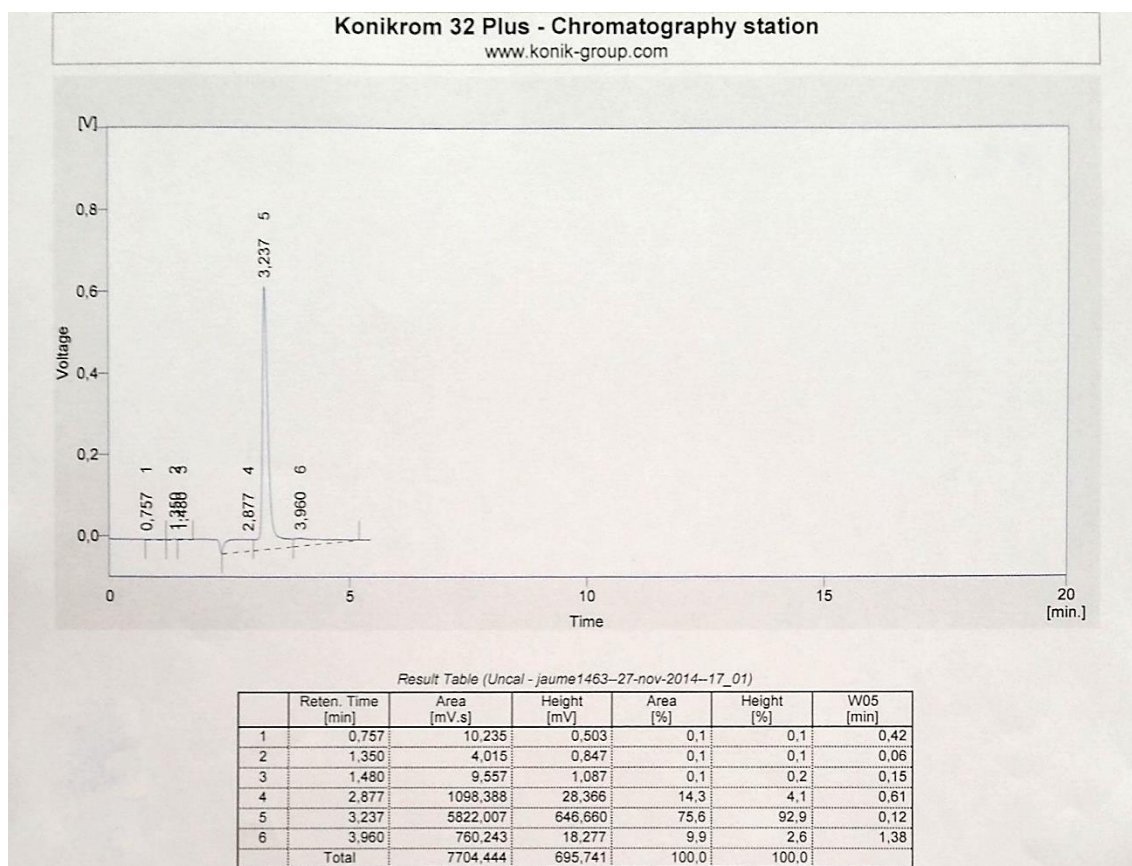


Figura 13: Cromatograma de la mostra d'espresso extret a 88°C, primera etapa

L'obtenció del resultat final s'ha fet a partir de l'àrea del pic de la cafeïna de la mostra i la recta de calibratge.

3.2.4 Determinació dels polifenols

El mètode utilitzat per la determinació del polifenols és amb el reactiu folin-ciocalteu amb la tècnica analítica d'espectrofotometria UV-VIS, utilitzant l'espectrofotòmetre Cecil CE2021.

L'equip utilitzat a la preparació de les mostres és Gilson 223 Sample Changer, mostrejador programable per a l'automatització de preparació i transferència de mostres, (García Martínez, *et al*, 2015). A la determinació la longitud d'ona d'absorció és de 760 nm.

El reactiu folin-ciocalteu és una barreja de wolframat sòdic ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) i molibdat sòdic en àcid fosfòric ($\text{H}_3\text{PM}_{12}\text{O}_{40}$) i reacciona amb els compostos fenòlics presents a la mostra. El reactiu, de color groc, al ser reduït pels grups fenòlics, dona lloc a un complex

blau intens, la intensitat de la qual es mesura per avaluar el contingut de polifenols (Figura 14).

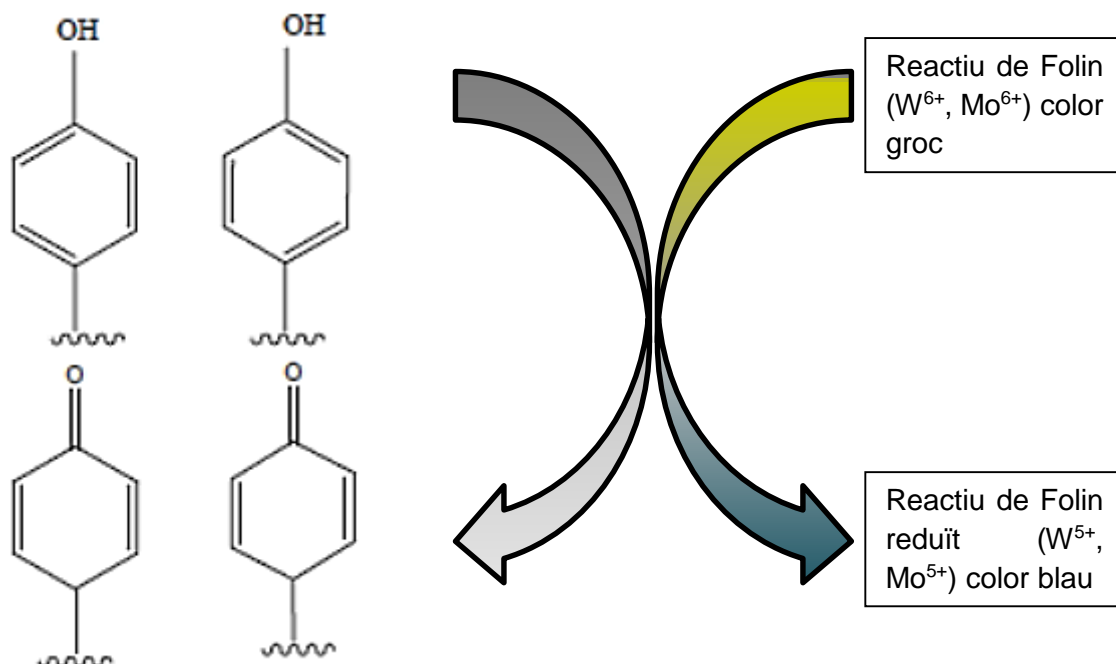


Figura 14: Procés de reducció del Folin-Ciocalteu (*Garcia et al, 2015*)

Per poder fer la mesura amb l'espectrofotòmetre, primer s'ha de fer una recta de calibratge amb uns patrons. Els patrons es preparen amb àcid gàl·lic 2000mg/L, diluït amb l'aparell Gilson 223 i fent reaccionar amb una solució al 10% de Na_2CO_3 i el reactiu foli-ciocalteu. Els patrons de 0, 200, 400, 600, 800, i 1000mg/L es deixen reposar durant 1.5h per que la reacció es dugui a terme.

Les mostres s'han preparat de la mateixa manera. Amb l'aparell Gilson 223 primerament s'han diluït amb aigua Mili-Q, 20 vegades les mostres de l'etapa 1 i 12,5 vegades les etapes 2 i 3. Tot seguit s'ha afegit una solució al 10% de Na_2CO_3 i el reactiu foli-ciocalteu, amb el mateix aparell. Finalment s'han deixat reposar 1.5 hores per finalitzar la reacció (*Garcia et al, 2015*).

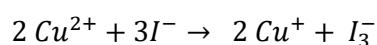
Com que la mesura és amb un aparell d'absorció molecular ultraviolat-visible, aquesta pot estar afectada pel color del cafè, tot i que estigui molt diluït. Per tant s'ha preparat un altre blanc, diluint les mostres de cafè. Així una vegada s'obtingui el resultat de l'absorció de la mostra, li restem el valor de l'absorció d'aquests blancs.

Els resultats del contingut total de polifenols s'expressen en grams equivalents d'àcid gàl·lic per litre (g EAG/L) a la mostra.

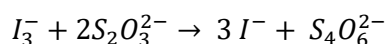
3.2.5 Determinació dels sucres reductors

El mètode utilitzat per la determinació dels sucres reductors és el de Benedict, es tracta d'una valoració utilitzant sulfat de coure (II), iodur de potassi i tiosulfat, analitzat en un medi àcid (àcid sulfúric).

Els ions blaus de coure (II) del sulfat de coure (II) es redueixen a ions vermells de coure (I) pels grups aldehyd en els sucres reductors. Això ens dona els canvis de color observats.



L'excés de coure (II) reaccionarà amb el iodur i amb l'adició de tiosulfat s'arribarà al punt final quan la solució es torna d'un color rosa molt pàl·lid.



La diferència de tiosulfat afegit entre el blanc i la mostra és igual als g/L que conté la mostra de sucres reductors.

Les solucions que s'han hagut de preparar són les següents:

- Solució de sulfat de coure (II): 41.92g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
10 mL H_2SO_4 (1N)
Enrasat a 1L amb aigua destil·lada
- Solució alcalina-sals: [250g tartrat de sodi i potassi
En 400mL d'aigua destil·lada
[80g NaOH
En 400mL d'aigua destil·lada
Enrasat a 1L amb aigua destil·lada
- Solució de iodur de potassi: 300g de iodur de potassi
Enrasat a 1L amb aigua destil·lada
100mL NaOH (1N)
- Solució àcid sulfúric (16%): 90.6mL H_2SO_4 (96%)
Enrasat a 1L amb aigua destil·lada
- Solució tiosulfat de sodi: 13.77g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

50mL NaOH
Enrasat a 1L amb aigua destil·lada.

Procediment per l'anàlisi:

En un Erlenmeyer de 100mL s'han afegeixen 10mL de la solució sulfat de coure (II), 5mL de solució alcalina-sals i 2mL de mostra. Tot seguit s'ha escalfat i deixat bullir 1 minut. Seguit d'un refredament ràpid, s'ha addicionat 10mL de solució de iodur de potassi i 10mL d'àcid sulfúric 16%.

Alhora de fer la valoració amb la solució de tiosulfat de sodi, s'han afegit 3 gotes de midó (1%). En la valoració s'ha observat que el color marró de la mostra s'ha anat canviant a lilós i al arribar al punt final, aquest ha passat a un color més blanquinós.

S'ha analitzat un blanc preparat amb aigua destil·lada enlloc de cafè, per tal de fer la diferència de tiosulfat gastat amb la mostra. Aquesta diferència són els sucres reductors (g/L) que conté la mostra.

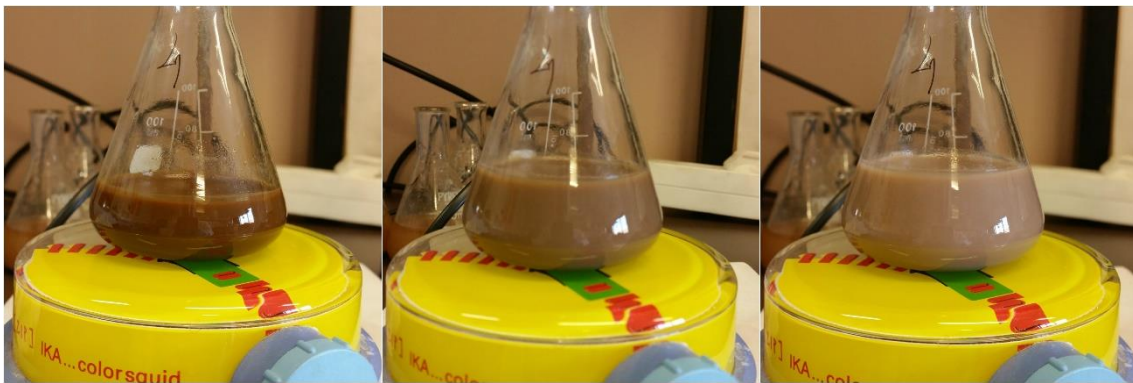


Figura 15: Canvi del color de la mostra (Etapa 1) fins al punt final.



Figura 16: Canvi del color de la mostra (Etapa 3) fins al punt final.

L'intens color marró de les mostres de cafè de la primera etapa ha dificultat veure la progressió de color, en les mostres de la tercera etapa no ha resultat tant dificultós i amb el blanc aquest canvi s'ha vist perfectament.

3.2.6 Determinació del color

Per la determinació del color s'ha utilitzat l'espectrocolorímetre Lovibond LC 100 & SV 100 (Figura 17).



Figura 17: Espectrocolorímetre Lovibond

Aquest aparell els permet determinar la diferència en les coordenades L , a i b de les mostres respecte el patró indicat. S'ha escollit el patró Black 4 2X, ja que és el que millor s'ajustava per fer les mesures amb aquest tipus de mostres. Els valors que caracteritzen aquest aparell es poden veure a la Taula 2:

Taula 2: Característiques del patró "Black 4 2X".

Il·luminació D65 10°	
ΔL	7.6
Δa	1.1
Δb	1.1

$$\Delta E = [\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2]^{0.5}$$

ΔL : És la diferència en el valor claredat/fosc. El color de la mostra és més clar que el patró per valors positius d'aquest paràmetre i més fosc per valors negatius.

Δa : És la diferència en el valor vermell/verd. El color de la mostra és més vermell que el patró per valors positius d'aquest paràmetre i més verd per valors negatius.

Δb : És la diferència en el valor groc/blau. El color de la mostra és més groc que el patró per valors positius d'aquest paràmetre i més blau per valors negatius.

ΔE : És la diferència total entre la mostra i el patró.

Les mesures s'han realitzat en cubetes després de cada extracció de les mostres, col·locant la cubeta a l'espectrocolorímetre i realitzant la mesura.

4. Resultats

4. Resultats

Els resultats que es mostren a continuació es presenten numèricament en una taula i representats en un gràfic de barres, on es distingeix el paràmetre analitzat de cada extracció a diferent temperatura i separat per les tres etapes. Els resultats mostrats són la mitjana dels valors de 8 mostres extretes per cada etapa.

Per la obtenció de les mitjanes, prèviament s'ha aplicat un diagrama de caixes a totes les dades de totes les anàlisis. Això ha permès visualitzar i comprovar si hi havia dades atípiques, entre el mínim i el màxim.

Per determinar si hi ha diferències significatives entre els resultats, s'ha realitzat un test ANOVA amb l'anàlisi Post Hoc, fragmentant les dades per etapes.

A la figura on es presenten els resultats de cada apartat s'indica amb lletres "a", "b" o "c" si hi ha diferències significatives entre els valors. Les barres etiquetades amb una lletra mateixa lletra indiquen que no hi ha diferència significativa entre elles. Un valor pot tenir similituds amb dos valors, indicat amb les dues lletres corresponents als dos valors similars.

4.1 Resultats del volum de l'espresso a cada etapa

Els resultats del volum de cafè espresso extret a cinc temperatures diferents i separat per les tres etapes es mostra a la Taula 3 i a la Figura 18.

Taula 3: Volum de les mostres de dos espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció

Volum (mL)					
Etapa	88 °C	88-92 °C	90 °C	92-88 °C	92 °C
1	14.38 ± 0.79	15.69 ± 0.70	18.25 ± 1.25	16.19 ± 0.65	15.56 ± 0.73
2	17.19 ± 1.65	16.56 ± 1.15	17.94 ± 1.94	17.69 ± 1.25	17.25 ± 1.51
3	18.00 ± 1.87	17.13 ± 1.85	19.5 ± 1.95	15.81 ± 1.73	17.88 ± 2.10

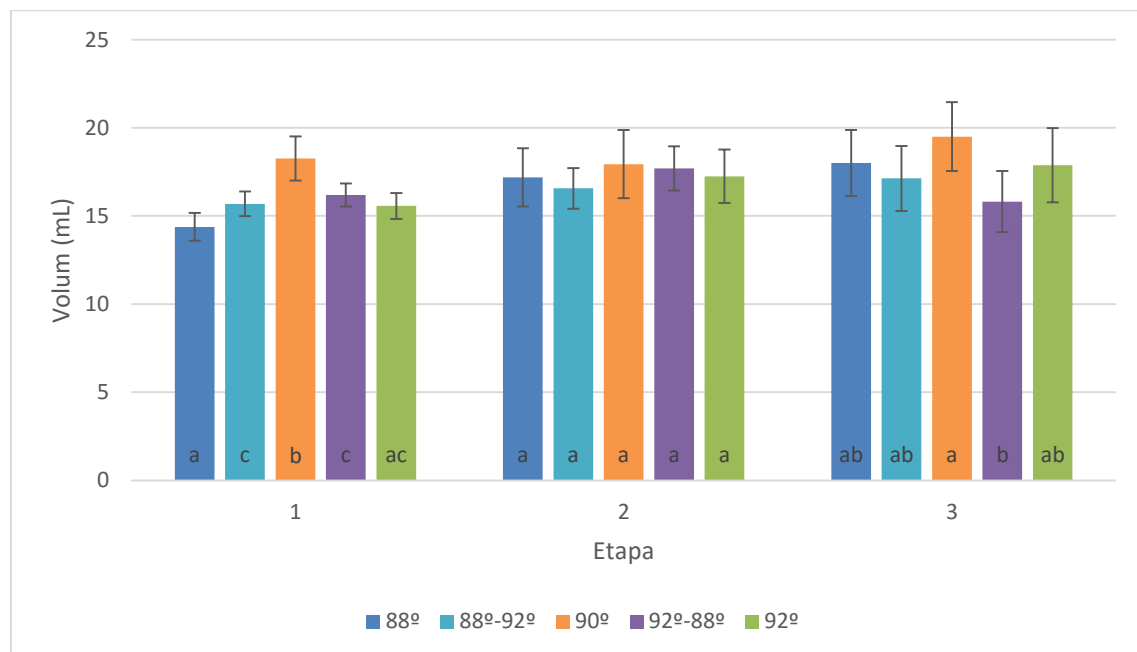


Figura 18: Volum a diferents temperatures per 2 espressos.

A la Figura 18 es pot observar com el volum no té sempre el mateix valor per les tres etapes de l'espresso. A la primera etapa és on es veuen més diferències entre els volums a temperatures d'extracció, en canvi a la segona etapa tots els volums són estadísticament iguals. A la tercera etapa, les extraccions més diferents han estat als 90°C i a la rampa 92-88°C, la resta tenen similituds entre elles i les esmentades.

És important destacar la importància d'obtenir mostres amb volums semblants per tal de poder comparar els valors dels paràmetres analítics determinats a cadascuna de les etapes i les diferents temperatures d'extracció. Com es pot veure, però, el volum de les mostres obtingudes a 90°C en la primera etapa i de la rampa descendent de la tercera etapa són diferents, el que dificulta la comparació dels resultats. Cal indicar que aconseguir volums iguals en cada mostra és altament difícil, ja que el volum de cafè extret en una tassa no és un valor fixe, sinó que varia en cada condició d'extracció. Això es degut a que cada temperatura d'extracció requereix un grau de mòlta del cafè diferent, el necessari per aconseguir un espresso en tassa de 30 mL en 30 segons, i que cal determinar experimentalment mitjançant proves d'assaig i error.

4.2 Resultats del pH

Els resultats del pH de cafè espresso extret a cinc temperatures diferents i separat per les tres etapes es mostra a la Taula 4 i a la Figura 19.

Taula 4: pH de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció.

pH					
Etapa	88 °C	88-92 °C	90 °C	92-88 °C	92 °C
1	5.38 ± 0.02	5.34 ± 0.01	5.36 ± 0.01	5.4 ± 0.01	5.36 ± 0.02
2	5.55 ± 0.03	5.5 ± 0.01	5.56 ± 0.03	5.57 ± 0.02	5.54 ± 0.03
3	5.78 ± 0.04	5.71 ± 0.06	5.79 ± 0.04	5.78 ± 0.04	5.75 ± 0.06

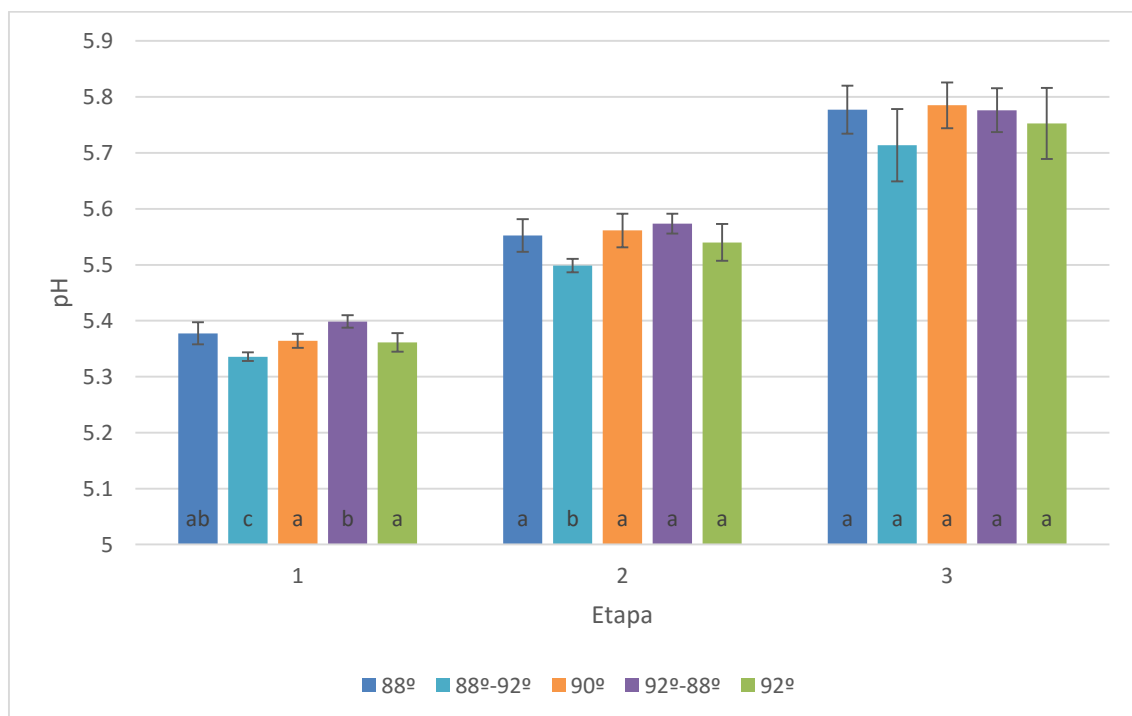


Figura 19: pH de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció..

A la Figura 19 s'observa que a la primera etapa és on el pH és més baix i s'extreuen més àcids d'aquesta etapa de l'espresso. Mentre avança el temps d'extracció, a les etapes 2 i 3 augmenta el pH donat el fet que disminueix la concentració d'àcids. En cap de les 3 etapes es veuen diferències de pH entre les temperatures planes 88°C, 90°C i 92°C.

En la primera etapa es pot observar com l'extracció a la temperatura plana 88°C és diferent a la de 88-92°C, ja que el pH final de la mostra de 88-92°C el pH és menor. Això indica que amb l'augment de temperatura s'extreu més àcids. El contrari passa amb la rampa decreixent 92-88°C, el pH és més elevat indicant que l'extracció d'àcids és menor.

En la segona etapa el pH de totes es mostres és superior que en la primera etapa, el que indica que hi ha un contingut més baix en àcids que la primera etapa, s'observa que l'extracció a la rampa de temperatura 88-92°C és el diferent a la resta, amb un valor més baix, fet que també s'ha observat a la primera etapa.

Finalment en la tercera etapa no s'observen diferències de pH entre les mostres extretes a diferents temperatures, tot i que en general hi ha un contingut més baix en àcids que a la segona etapa i el valor de 88-92°C és lleugerament més baix que la resta.

4.3 Resultats dels Sòlids Totals

Els resultats dels sòlids totals de cafè espresso extret a cinc temperatures diferents i separat per les tres etapes es mostra a la Taula 5 i a la Figura 20.

Taula 5: Sòlids totals de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció.

Sòlids Totals (g/L)					
Etapa	88 °C	88-92 °C	90 °C	92-88 °C	92 °C
1	171.29 ± 6.54	161.33 ± 4.05	152.39 ± 9.71	169.12 ± 4.91	160.16 ± 12.53
2	45.24 ± 3.27	39.34 ± 2.00	35.73 ± 2.15	38.61 ± 2.42	39.37 ± 2.27
3	19.81 ± 0.86	19.62 ± 1.49	17.09 ± 1.31	19.09 ± 1.45	19.02 ± 1.65

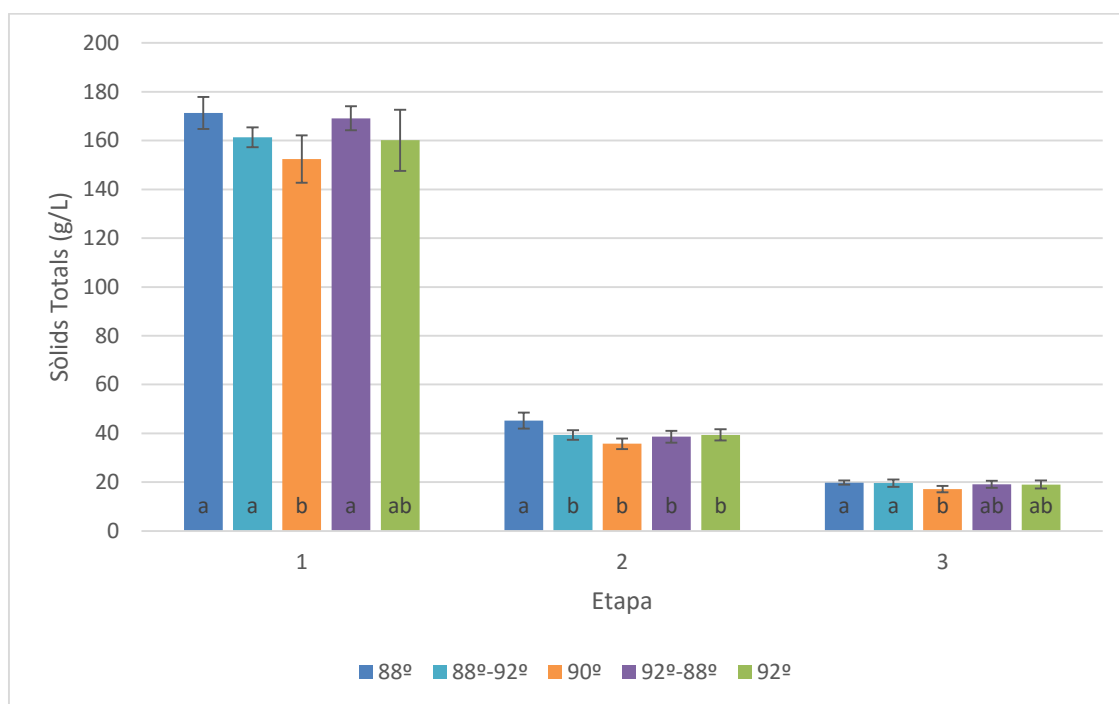


Figura 20: Sòlids totals de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció.

A la Figura 20 s'observa que majoritàriament l'extracció els sòlids totals es produeix en la primera etapa. Si es calcula el percentatge de sòlids extrets respecte al valor total de sòlids extrets en les tres etapes es pot dir que, entre el 72.47% i 74.26% el de sòlids totals s'extreuen a l'etapa 1, entre el 17.02% i el 19.14% a l'etapa 2 i entre el 8.91% i el 8.33% a l'etapa 3.

En la primera etapa es veu com els valors de sòlids totals en les mostres de les extraccions a 88°C, 88-92°C, 92-88°C i 92°C són iguals ja que no s'observen diferències entre el contingut de sòlids totals. A la temperatura plana de 90°C les mostres contenen menys sòlids totals que la resta, i no mostra diferències significatives entre les mostres de 92°C. Cal dir que aquesta disminució del valor de sòlids totals determinada en la mostra extreta a 90°C podria estar relacionada amb el major volum de mostra obtingut.

En la segona etapa s'observa que l'extracció realitzada a 88°C és diferent a la resta, i és l'extracció amb un contingut més elevat de sòlids totals.

En la tercera etapa les extraccions que comencen a les temperatures més elevades, 90°C, 92-88°C i 92°C són iguals entre elles. Tot i això entre els valors a 88°C, 88-92°C, 92-88°C i 92°C no hi ha diferències significatives estadísticament.

4.4 Resultats del contingut de cafeïna

Els resultats de cafeïna de cafè espresso extret a cinc temperatures diferents i separat per les tres etapes es mostra a la Taula 6 i a la Figura 21.

Taula 6: Contingut de cafeïna de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció.

Etapla	Cafeïna (g/L)				
	88 °C	88-92 °C	90 °C	92-88 °C	92 °C
1	5.44 ± 1.38	5.92 ± 0.64	7.55 ± 1.15	8.75 ± 1.33	7.8 ± 1.21
2	1.56 ± 0.56	1.82 ± 0.54	1.91 ± 0.17	1.63 ± 0.40	1.60 ± 0.60
3	0.41 ± 0.32	0.87 ± 0.22	0.78 ± 0.19	0.27 ± 0.24	0.64 ± 0.35

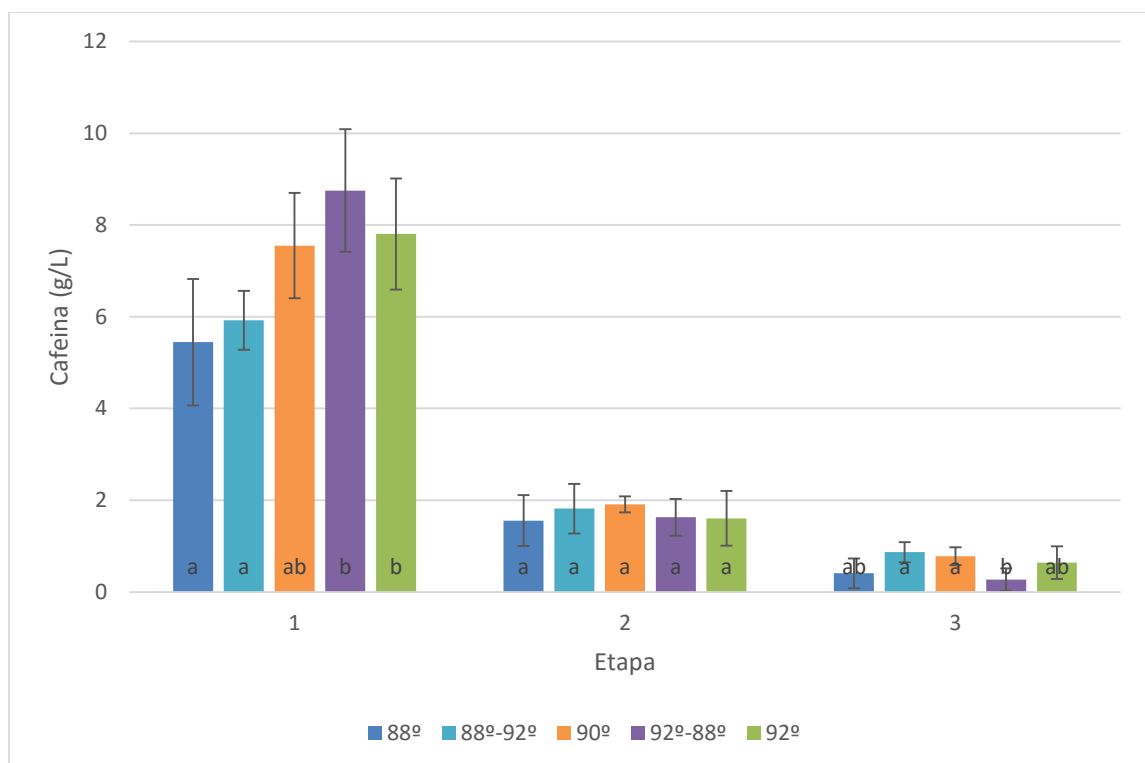


Figura 21: Contingut de cafeïna de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció.

En la Figura 21 s'observa que majoritàriament l'extracció de cafè es produeix en la primera etapa. Si es calcula el percentatge de cafeïna extreta respecte al valor total de cafeïna extreta en les tres etapes es pot dir que, entre el 82.20% i el 68.80% del

contingut de cafeïna que s'extreu és a l'etapa 1, entre el 21.12% i el 15.30% a l'etapa 2 i entre el 10.08% i el 2.51% a l'etapa 3.

S'observa a la primera etapa que les concentracions més baixes de cafeïna de les extraccions realitzades començant a una temperatura més baixa, 88°C, 88-90°C i 90°C són iguals. El contrari passa amb els resultats de les extraccions començant a temperatures altes, 90°C, 92-88°C i 92°C, són iguals i més elevats respecte les temperatures baixes. Això indica que amb una temperatura d'extracció més elevada s'obté un expresso amb més cafeïna.

En la segona etapa no s'han observat diferències entre els espressos.

En la tercera etapa es pot observar com les extraccions realitzades a 88°C, 88-92°C, 90°C i 92°C el contingut de cafeïna no varia. Alhora, els continguts de cafeïna presents en les mostres extretes a les temperatures 88°C, 92-88°C i 92°C també són iguals. Això indica que amb una temperatura d'extracció baixa en l'última etapa, la quantitat de cafeïna que s'extreu és més baixa que l'extracció realitzada a temperatures elevades.

4.5 Resultats del contingut de polifenols en les mostres

Els resultats de polifenols de cafè espresso extret a cinc temperatures diferents i separat per les tres etapes es mostra a la Taula 7 i a la Figura 22.

Taula 7: Contingut de polifenols totals de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció.

Polifenols (g EAG/L)					
Etapa	88 °C	88-92 °C	90 °C	92-88 °C	92 °C
1	19.34 ± 2.40	17.85 ± 1.45	17.57 ± 1.15	17.7 ± 0.23	18.18 ± 1.00
2	6.31 ± 0.30	5.54 ± 0.12	5.25 ± 0.38	5.42 ± 0.25	5.6 ± 0.49
3	3.21 ± 0.09	3.00 ± 0.18	2.63 ± 0.13	2.76 ± 0.16	2.74 ± 0.11

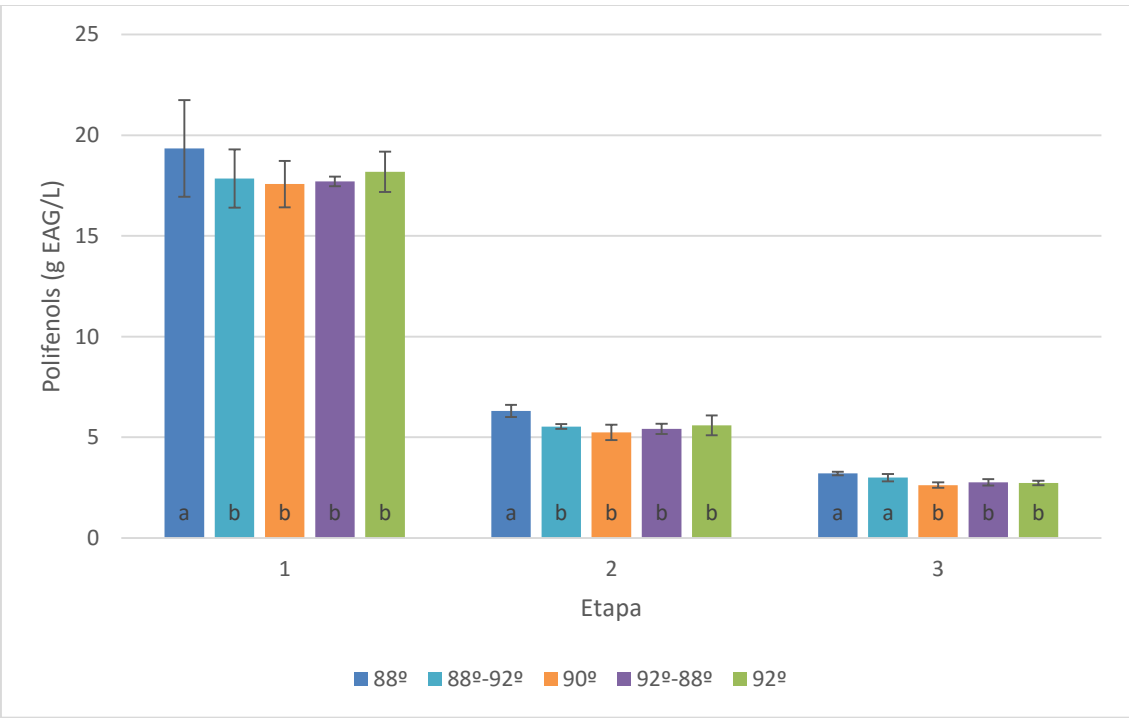


Figura 22: Contingut de polifenols totals de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció.

En la Figura 22 s'observa que majoritàriament l'extracció de polifenols es produeix en la primera etapa. Si es calcula el percentatge de polifenols extrets respecte al valor total de polifenols extrets en les tres etapes es pot dir que, entre el 69.05% i el 67.02% de

4. Resultats mostres

4.5 Resultats del contingut de polifenols en les

polifenols s'extreuen a l'etapa 1, entre el 21.87% i el 20.62% a l'etapa 2 i entre el 11.37% i el 10.32% a l'etapa 3.

En la primera etapa es pot observar com l'extracció realitzada a la temperatura més baixa, 88°C, és la diferent a la resta amb un contingut de polifenols més elevat.

En la segona etapa passa el mateix que a la primera, el contingut de polifenols és més elevat si s'extreu a una temperatura de 88°C, essent l'únic valor diferent a la resta.

Finalment en la tercera etapa els valor més elevats són de les extraccions a 88°C i a 88-92°C, diferenciant-se de la resta.

4.6 Resultats de Sucres Reductors

Els resultats dels sucres reductors de cafè espresso extret a cinc temperatures diferents i separat per les tres etapes es mostra a la Taula 8 i a la Figura 23.

Taula 8: Contingut de sucres reductors de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció.

Sucres Reductors (g/L)					
Etapa	88 °C	88-92 °C	90 °C	92-88 °C	92 °C
1	6.56 ± 1.57	8.81 ± 0.84	7.66 ± 0.50	8.76 ± 0.68	7.35 ± 0.85
2	2.94 ± 0.58	3.56 ± 0.39	3.23 ± 0.49	4.23 ± 0.37	3.01 ± 0.57
3	1.48 ± 0.19	1.97 ± 0.33	1.68 ± 0.20	3.03 ± 0.21	1.20 ± 0.40

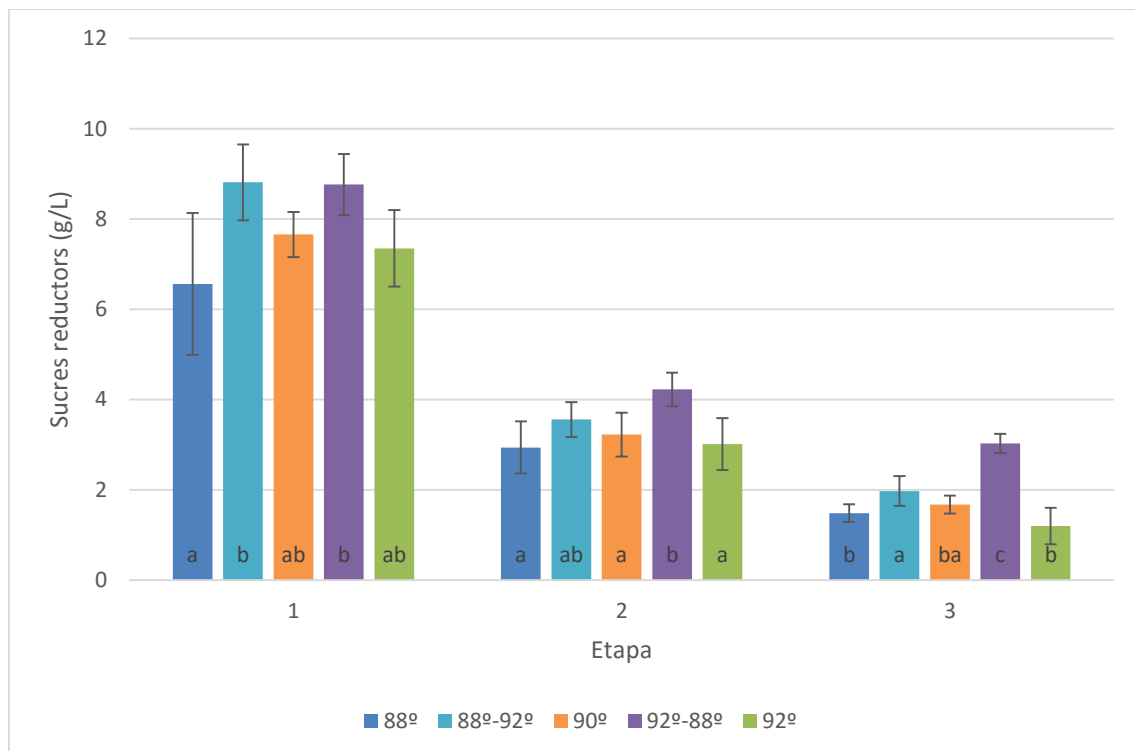


Figura 23: Contingut de sucres reductors de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció.

En la Figura 23 s'observa que majoritàriament l'extracció de sucres reductors es produeix en la primera etapa. Si es calcula el percentatge de sucres reductors extrets respecte al valor total de sucres reductors extrets en les tres etapes es pot dir que, com

entre el 63.57% i el 54.71% de sucres reductors s'extreuen a l'etapa 1, entre el 26.75% i el 24.81% a l'etapa 2 i entre el 18.91% i el 10.38% a l'etapa 3.

S'observa en la primera etapa com les extraccions a temperatures planes, 88°C, 90°C i 92°C no mostren diferències entre elles. Alhora tampoc presenten diferències els valors amb rampes de temperatura, 88-92°C, 92-88°C amb 90°C i 92°C.

En la segona etapa es pot observar com l'extracció realitzada amb rampa de temperatura de 92-88°C és la que presenta els sucres reductors més elevats i només és igual a l'extracció realitzada a l'altra rampa de temperatura ascendent, 88-92°C. Entre els resultats a 88°C, 88-92°C, 90°C i 92°C no hi ha diferències.

Finalment en la tercera etapa, la concentració més alta en sucres reductors s'observa a la rampa de temperatura 92-88°C, essent diferent a la resta dels resultats d'aquesta etapa. Els resultats a les temperatures de 88-92°C i 90°C són iguals. També són iguals els resultats de les extraccions a temperatures planes, 88°C, 90°C i 92°C.

4.7 Resultats del color de les mostres

Els resultats de color de cafè espresso extret a cinc temperatures diferents i separat per les tres etapes es mostra a la Taula 9 i a la Figura 24.

Taula 9: Variació del color de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció.

Color "E"					
Etapa	88 °C	88-92 °C	90 °C	92-88 °C	92 °C
1	1.89 ± 0.23	1.70 ± 0.17	1.92 ± 0.26	1.72 ± 0.32	1.58 ± 0.18
2	2.54 ± 0.46	2.33 ± 0.30	2.50 ± 0.39	2.26 ± 0.25	1.87 ± 0.20
3	3.00 ± 0.38	2.88 ± 0.29	2.83 ± 0.24	2.82 ± 0.33	2.13 ± 0.45

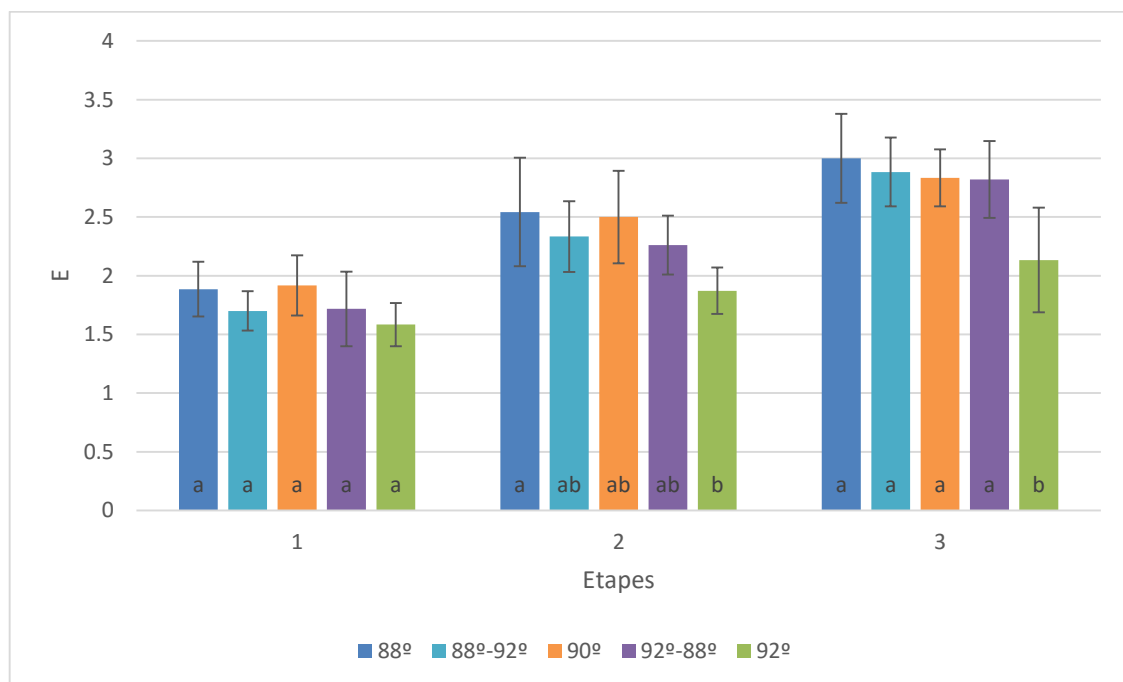


Figura 24: Variació del color de les mostres d'espressos per a cadascuna de les tres etapes d'extracció i obtinguts a diferents temperatures d'extracció

S'observa a la figura Figura 24 com la tendència dels valors és creixent amb l'evolució de les etapes, això significa que amb el pas de les etapes el color és més diferent al negre, el patró escollit. Mentre avança el temps d'extracció, a les etapes 2 i 3 augmenta el la diferència entre el color de les mostres de cafè respecte el patró donat el fet que s'aclareixen.

La principal diferència es veu amb la temperatura de 92°C, els valors de la qual són diferents i més baixos en les tres etapes. Això ens indica que a temperatures més elevades, la mostra és més fosca.

Al llarg de les tres etapes, entre les rampes de temperatura i les temperatures planes de 88°C i 90°C, no s'observen grans diferències, tot i que el cafè extret a 88°C és més clar, segons els resultats.

5. Discussions

En tots els paràmetres analitzats, s'observa que l'etapa d'extracció influeix en les concentracions dels paràmetres analitzats. En tots els casos, en la primera etapa s'hi troba la concentració més elevada dels compostos que hem analitzant i en les següents dues etapes aquestes concentracions van disminuint.

A mesura que augmenta el temps d'extracció les concentracions de tots els paràmetres van disminuint. En el cas del color, la diferència respecte el patró negre cada vegada és més gran. Això indica que la mostra de cafè en la segona etapa, respecte la primera, és més diluïda i en la tercera és més diluïda que en la segona.

Si es comparen les mostres d'espressos obtingut en les etapes i extrets a temperatures planes, 88°C, 90°C i 92°C, es pot observar que:

- El pH, estadísticament, es manté igual en les tres temperatures d'extracció al llarg de les etapes, però es pot observar com a la temperatura de 92°C el valor del pH és el més baix per les tres etapes, indicant que conté més àcids que la resta.
- Els sòlids totals i els polifenols s'extreuen majoritàriament en les primeres dues etapes, >89.5% de sòlids totals i >87.5% de polifenols. A la temperatura de 88°C els valors de concentració són els més elevats comparats amb les altres condicions d'extracció. Per contra, els valors més baixos s'obtenen a 90°C, en les tres etapes tan en el cas dels polifenols com pels sòlids totals.
- La cafeïna s'extreu majoritàriament a la primera etapa (>68.80%). En l'augment de la temperatura d'extracció, augmenta la concentració de cafeïna en el cafè. En la primera etapa, l'extracció més gran de cafeïna es produeix a temperatura 92°C i la més baixa a 88°C. En la segona i tercera etapa l'extracció més elevada és a temperatura fixa 90°C.
- El sucres reductors es troben presents en més concentració i en totes les etapes quan l'extracció es produeix a 90°C. A la temperatura de 88°C s'observen els valors més baixos d'extracció de sucres reductors en les tres etapes.
- El color de l'espresso és més proper al negre, el patró escollit, quan s'extreu a la temperatura de 92°C, fet que es produeix en totes les etapes. En les primeres dues etapes, els resultats d'aquest paràmetre a 88°C són els més elevats, indicant que és a la temperatura d'extracció on les mostres de l'espresso tenen més diferències del negre. Cal destacar que el paràmetre del color és difícil de comptabilitzar, ja que indica variacions en tres direccions (claredat/foscor,

5. Discussions

vermell/verd, groc/blau) i els resultats esmentats són de la variació total respecte el patró.

Si es comparen les extraccions realitzades amb rampes de temperatura, 88-92°C i 92-88°C amb la plana de 90°C, es produeix:

- El pH més baix, en les tres etapes, és troba quan l'extracció es realitza a la temperatura d'extracció de 88-92°C, indicant que és la rampa on s'extreuen més àcids. I en general, el pH més elevat s'obté a una temperatura d'extracció de 92-88°C, indicant que conté menys àcids. Només a la tercera etapa s'observa com a 90°C el pH és lleugerament més elevat que la rampa descendent 92-88°C.
- Els sòlids totals i els polifenols s'extreuen majoritàriament en les primeres dues etapes, >89.5% de sòlids totals i >87.5% de polifenols. A la temperatura de 90°C els valors de concentració són els més baixos comparats amb les altres condicions d'extracció. Per contra, els valors més elevats s'obtenen amb la rampa de 88-92°C en el cas dels polifenols i amb la rampa de 92-88°C dels sòlids totals.
- La cafeïna s'extreu majoritàriament a la primera etapa (>68.80%). En la primera etapa l'extracció més gran de cafeïna es produeix a la rampa descendent, 92-88°C, mentre que la concentració més baixa és amb la rampa ascendent, 88-92°C. En la segona etapa la concentració de cafeïna és més elevada a la temperatura plana 90°C, mentre que la més baixa és amb la rampa de 92-88°C. Finalment en la tercera etapa, passa el contrari de la primera, l'extracció més baixa de cafeïna es produeix a la rampa descendent, 92-88°C, mentre que la concentració més alta és amb la rampa ascendent, 88-92°C. Això ens indica que amb la rampa de temperatura descendent obtindrem menys cafeïna al final, però la màxima en la primera etapa (82.20%).
- Els sucres reductors es troben en més concentració a 92-88°C en el total de l'extracció. En la primera etapa amb l'extracció realitzada a 88-92°C s'obté el màxim valor dels sucres reductors, mentre que a la temperatura plana de 90°C s'obté el mínim valor. A les etapes 2 i 3 la màxima extracció de sucres reductors passa a la rampa descendent 92-88°C, i igual que a la primera etapa, a 90°C s'obté la mínima concentració.
- El color de l'espresso és més proper al negre, el patró escollit, quan s'extreu a la temperatura de 88-92°C en la primera etapa, mentre que els resultats que s'allunyen més del patró són a temperatura 90°C, són les mostres més clares. En la segona etapa s'observa com els resultats obtinguts amb la rampa de temperatura 92-88°C són els més baixos, per tant el cafè és més fosc, i a 90°C

5. Discussions

els més elevats, amb les mostres de cafè més clares. A la tercera etapa els resultats són més elevats a la rampa de temperatura de 88-92°C i més baixos a la rampa de 92-88°C, per tant a l'última etapa les mostres de cafè obtingudes amb la rampa de temperatura descendent són més properes al negre.

A continuació, mitjançant un test estadístic de correlació de Pearson, s'ha estudiat la relació entre tots els paràmetres i per etapes. Es vol observar si amb la variació d'un valor d'un paràmetre escollit, sistemàticament varia el valor d'una altra variable.

En ta taula es presenta el valor de correlació de Pearson, on el valor del índex de correlació varia entre un interval de -1 a 1. Si $r = 1$ existeix una correlació positiva perfecta, si $r = -1$ existeix una correlació negativa perfecta i si $r = 0$, no existeix relació lineal. El color blau indica una correlació forta i amb el turquesa, una correlació més feble. El color rosa indica que no hi ha correlació.

5. Discussions

Taula 10: Correlació entre paràmetres fisicoquímics analitzats i la temperatura a l'etapa 1

ETAPA 1	Temp Sig.	Sòl. Tot. (g/L) Sig.	pH Sig.	Color Sig.	Sucr. Red. (g/L) Sig.	Polifenols (g/L) Sig.	Cafeïna (g/L) Sig.
Temp Sig.	1	-0.320	-0.394	0.674	0.294	-0.290	0.613
Sòl. Tot. (g/L) Sig.	-0.320	1	0.462	0.318	-0.071	0.556	-0.032
pH Sig.	-0.394	0.462	1	-0.229	0.018	-0.109	-0.089
Color Sig.	0.674	0.318	-0.229	1	0.120	0.101	-0.053
Sucr. Red. (g/L) Sig.	0.294	-0.071	0.018	0.120	1	0.102	0.322
Polifenols (g/L) Sig.	0.290	0.556	-0.109	0.101	0.102	1	-0.086
Cafeïna (g/L) Sig.	0.613	-0.032	-0.089	-0.053	0.322	-0.086	1

En la Taula 10 es pot observar com hi ha una correlació forta entre la temperatura amb el color i la cafeïna, indicant que amb la variació de la temperatura, aquests paràmetres variaren proporcionalment. També s'observa una correlació més dèbil de sòlids totals amb el pH i els polifenols.

5. Discussions

Taula 11: Correlació entre paràmetres fisicoquímics analitzats i la temperatura a l'etapa 2

ETAPA 2	Temp Sig.	Sòl. Tot. (g/L) Sig.	pH Sig.	Color Sig.	Sucr. Red. (g/L) Sig.	Polifenols (g/L) Sig.	Cafeïna (g/L) Sig.
Temp Sig.	1	-0.494	-0.170	0.633	-0.058	-0.477	0.042
Sòl. Tot. (g/L) Sig.	-0.494	1	-0.327	0.169	-0.016	0.684	0.008
pH Sig.	-0.170	-0.327	1	0.095	0.038	-0.081	-0.210
Color Sig.	0.633	0.169	0.095	1	0.005	0.030	0.404
Sucr. Red. (g/L) Sig.	-0.058	-0.016	0.038	0.005	1	-0.031	0.064
Polifenols (g/L) Sig.	-0.477	0.684	-0.081	0.030	-0.031	1	-0.113
Cafeïna (g/L) Sig.	0.042	0.008	-0.210	0.404	0.064	-0.113	1

En la Taula 11 es pot observar com hi ha una correlació forta entre la temperatura amb el color i entre els sòlids totals amb polifenols, indicant que amb la variació de la temperatura, aquests paràmetres variaren proporcionalment. També s'observa una correlació més dèbil de la temperatura amb el color i els polifenols.

5. Discussions

Taula 12: Correlació entre paràmetres fisicoquímics analitzats i la temperatura a l'etapa 3

ETAPA 3	Temp Sig.	Sòl. Tot. (g/L) Sig.	pH Sig.	Color Sig.	Sucr. Red. (g/L) Sig.	Polifenols (g/L) Sig.	Cafeïna (g/L) Sig.
Temp Sig.	1	-0.129	-0.210	0.496	-0.373	-0.670	0.298
Sòl. Tot. (g/L) Sig.	-0.129	1	-0.511	-0.180	-0.248	0.641	0.090
pH Sig.	-0.210	-0.511	1	0.280	0.167	-0.049	-0.119
Color Sig.	0.496	-0.180	0.280	1	0.181	0.470	-0.333
Sucr. Red. (g/L) Sig.	-0.373	-0.248	0.167	0.181	1	-0.172	0.130
Polifenols (g/L) Sig.	-0.670	0.641	-0.049	0.470	-0.172	1	-0.293
Cafeïna (g/L) Sig.	0.298	0.090	-0.119	-0.333	0.130	-0.293	1

En la Taula 12 es pot observar com hi ha una correlació forta entre els polifenols amb la temperatura i els sòlids totals, indicant que amb la variació de la temperatura, aquests paràmetres variaren proporcionalment. També s'observa una correlació més dèbil de la temperatura amb el color, sòlids totals amb el pH i el color amb els polifenols.

En general les taules de correlació indiquen com en totes les etapes hi ha correlació entre els sòlids totals i els polifenols, i la temperatura amb el color.

6. Presuppost

6. Pressupost

Per realitzar el pressupost del treball, s'ha tingut en compte el preu de mà d'obra, el material i els reactius de cada un dels anàlisis. En aquest cas no s'ha tingut en compte l'amortització dels equips. El material comprat expressament per aquest treball és l'esmentat en el pressupost, la resta és l'existent al laboratori de la Universitat i s'ha comptabilitzat el valor de l'ús de l'equip per cada anàlisi.

6. Pressupost

Pressupost dels materials per els anàlisis

		€/unitat
Cafè en gra		95.00 €
Puntes pipetes 1000µl		6.00 €
Puntes pipetes 10 ml		18.00 €
SUCRES REDUCTORS		
1Kg	Sulfat de coure (II) pentahidratat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	30.53 €
1L	Àcid Sulfúric 98%	12.94 €
1Kg	Tartrat de Sodi i Potassi $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	40.03 €
1Kg	NaOH (sòlid)	23.88 €
1Kg	Iodur de Potassi	136.66 €
1Kg	Tiosulfat de Sodi pentahidratat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	33.43 €
250g	Midó (1%)	12.42 €
POLIFENOLS		
250ml	Folin-Ciocalteu	34.18 €
1Kg	Carbonat de Sodi Na_2CO_3	27.33 €
CAFEÏNA		
200u	Filtres HPLC	106.76 €
1Kg	Cafeïna (patrons)	123.52 €
COST MATERIAL		700.68 €

Pressupost mà d'obra

	Hores (h)	Preu (€/h)	Cost
Realització dels anàlisis	120	19.00 €	2,280.00 €
Cerca de bibliografia i preparació	134.4	19.00 €	2,553.60 €
Redacció i reunions	160	19.00 €	3,040.00 €
COST MÀ D'OBRA			7,873.60 €

6. Pressupost

Pressupost d'ús d'equips

Paràmetres a analitzar	Preu/Anàlisi	nº Anàlisis	Cost
Sòlids totals	4.82 €	120	578.04 €
pH	1.40 €	120	168.00 €
Color	1.40 €	120	168.00 €
Cafeïna	5.53 €	120	663.24 €
Polifenols	36.25 €	120	4,349.88 €
Sucres Reductors	1.40 €	120	168.00 €
COST ÚS D'EQUIPS			6,095.16 €
COST TOTAL DEL PROJECTE			14,669.44 €

* Impostos no repercutits

7. Conclusions

7. Conclusions

- L'extracció a diferent temperatura o la utilització de rampes o corbes de temperatura amb la màquina de cafè Rancilio XCelsius permet modificar les propietats físicoquímiques del cafè espresso.
- A mesura que augmenta el temps d'extracció, les concentracions de sòlids totals, àcids, polifenols, cafeïna i de sucres reductors disminueixen. Durant els 10 primers segons d'extracció s'extreu, com a mínim, el 67% dels compostos estudiats i en els 10 últims segons no més del 10% de la majoria dels compostos. La diferència del color respecte el patró també augmenta amb el pas del temps de l'extracció.
- La rampa de temperatura ascendent, 88-92°C, comparada amb la temperatura descendent 92-88°C, permet obtenir un espresso amb major acidesa, menor cafeïna i amb un major contingut de polifenols, propietats totes elles que afecten al gust d'un espresso, que podria indicar que fos un espresso més amarg i astringent. Per altra banda, l'espresso és de color marró més clar.
- La rampa de temperatura descendent 92-88°C, comparada amb la temperatura ascendent 88-92°C, permet obtenir un espresso amb menor acidesa, més sòlids totals, més fosc, amb més contingut de cafeïna i sucres reductors. En general si es compara amb la rampa ascendent probablement podria ser menys gustos, ja que els valors obtinguts que caracteritzen el gust de l'espresso són menors. Per altra banda, per elevat contingut en sòlids totals respecte l'extracció ascendent podria indicar un major cos de l'espresso.
- L'extracció de la cafeïna augmenta amb l'augment de la temperatura d'extracció.
- Amb rampes de temperatura s'extreuen més sucres reductors comparat amb les temperatures planes. Amb la rampa de temperatura descendent 92-88°C, és amb la que s'obté més sucres reductors en una tassa d'espresso final.

7. Conclusions

- El test de correlació de Pearson indica una correlació directa entre els sòlids totals i els polifenols, i una correlació entre la temperatura d'extracció i color de l'espresso.

8. Planificació

8. Planificació

Per la planificació del treball s'ha aplicat un Diagrama de Gantt, on s'ha planificat i programat les tasques al llarg de la durada del treball. Ens permet una còmoda visualització de les tasques, la seva durada i el seu cost.

A continuació es mostra un resum del diagrama de Gantt, on es pot veure com el treball s'ha dividit en tres fases. Cada una d'aquestes fases està detallada a l'annex I.

S'han comptabilitzat les hores de l'estudiant, el tutor i l'oficina tècnica. Només s'ha posat un preu/hora a les hores d'estudiant.

8. Planificació

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo	Trabajo	enero ene	febrero feb	marzo mar	abril abr	mayo may	junio jun	julio jul	ago
▣ Pla de projecte	96 días	lun 01/02/16	mar 14/06/16	7,873.60 €	428 horas								
▷ 1 Fase planificació	26 días	lun 01/02/16	lun 07/03/16	1,489.60 €	84.8 horas								
▷ 2 Fase experimental	25 días	mar 08/03/16	lun 11/04/16	1,900.00 €	100 horas								
▷ 3 Fase de redacció i seguiment	96 días	lun 01/02/16	mar 14/06/16	4,484.00 €	243.2 horas								

Planificació detallada

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo	Trabajo	enero ene	febrero feb	marzo mar	abril abr	mayo may	junio jun	julio jul
▣ Pla de projecte	96 días	lun 01/02/16	mar 14/06/16	7,873.60 €	428 horas							
▣ 1 Fase planificació	26 días	lun 01/02/16	lun 07/03/16	1,489.60 €	84.8 horas							
1.1 Plantejament del treball	0.5 días	lun 01/02/16	lun 01/02/16	15.20 €	1.6 horas		01/02					
1.2 Estudi dels anàlisis a realitzar	6 días	mar 02/02/16	mar 09/02/16	91.20 €	9.6 horas		02/02	09/02				
1.3 Reunió	1 día	mié 10/02/16	mié 10/02/16	15.20 €	1.6 horas		10/02	10/02				
1.4 Posta a punt laboratoris	8 días	jue 11/02/16	lun 22/02/16	608.00 €	32 horas		11/02	22/02				
1.5 Assajos experimentals	9 días	mar 23/02/16	vie 04/03/16	684.00 €	36 horas		23/02	04/03				
1.6 Anàlisi pressupost	1 día	lun 07/03/16	lun 07/03/16	76.00 €	4 horas		07/03	07/03				
▷ 2 Fase experimental	25 días	mar 08/03/16	lun 11/04/16	1,900.00 €	100 horas							
▷ 3 Fase de redacció i seguiment	96 días	lun 01/02/16	mar 14/06/16	4,484.00 €	243.2 horas							

8. Planificació

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo	Trabajo	015	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul
▲ Pla de projecte	96 días	lun 01/02/16	mar 14/06/16	7,873.60 €	428 horas										
▷ 1 Fase planificació	26 días	lun 01/02/16	lun 07/03/16	1,489.60 €	84.8 horas										
▲ 2 Fase experimental	25 días	mar 08/03/16	lun 11/04/16	1,900.00 €	100 horas										
▲ 2.1 Temperatura d'extracció 88°C	5 días	mar 08/03/16	lun 14/03/16	380.00 €	20 horas										
2.1.1 Extracció de les mostres	1 día	mar 08/03/16	mar 08/03/16	76.00 €	4 horas						08/03	08/03			
2.1.2 Realització dels anàlisis	3 días	mié 09/03/16	vie 11/03/16	228.00 €	12 horas						09/03	11/03			
2.1.3 Anàlisi estadístic dels re:	1 día	lun 14/03/16	lun 14/03/16	76.00 €	4 horas						14/03	14/03			
▲ 2.2 Temperatura d'extracció 90°C	5 días	mar 15/03/16	lun 21/03/16	380.00 €	20 horas										
2.2.1 Extracció de les mostres	1 día	mar 15/03/16	mar 15/03/16	76.00 €	4 horas						15/03	15/03			
2.2.2 Realització dels anàlisis	3 días	mié 16/03/16	vie 18/03/16	228.00 €	12 horas						16/03	18/03			
2.2.3 Anàlisi estadístic dels re:	1 día	lun 21/03/16	lun 21/03/16	76.00 €	4 horas						21/03	21/03			
▲ 2.3 Temperatura d'extracció 92°C	5 días	mar 22/03/16	lun 28/03/16	380.00 €	20 horas										
2.3.1 Extracció de les mostres	1 día	mar 22/03/16	mar 22/03/16	76.00 €	4 horas						22/03	22/03			
2.3.2 Realització dels anàlisis	3 días	mié 23/03/16	vie 25/03/16	228.00 €	12 horas						23/03	25/03			
2.3.3 Anàlisi estadístic dels resultats	1 día	lun 28/03/16	lun 28/03/16	76.00 €	4 horas						28/03	28/03			
▲ 2.4 Temperatura d'extracció 92°C a 88°C	5 días	mar 29/03/16	lun 04/04/16	380.00 €	20 horas										
2.4.1 Extracció de les mostres	1 día	mar 29/03/16	mar 29/03/16	76.00 €	4 horas						29/03	29/03			
2.4.2 Realització dels anàlisis	3 días	mié 30/03/16	vie 01/04/16	228.00 €	12 horas						30/03	01/04			
2.4.3 Anàlisi estadístic dels resultats	1 día	lun 04/04/16	lun 04/04/16	76.00 €	4 horas						04/04	04/04			
▲ 2.5 Temperatura d'extracció 88°C a 92°C	5 días	mar 05/04/16	lun 11/04/16	380.00 €	20 horas										
2.5.1 Extracció de les mostres	1 día	mar 05/04/16	mar 05/04/16	76.00 €	4 horas						05/04	05/04			
2.5.2 Realització dels anàlisis	3 días	mié 06/04/16	vie 08/04/16	228.00 €	12 horas						06/04	08/04			
2.5.3 Anàlisi estadístic dels re:	1 día	lun 11/04/16	lun 11/04/16	76.00 €	4 horas						11/04	11/04			
▷ 3 Fase de redacció i seguiment	96 días	lun 01/02/16	mar 14/06/16	4,484.00 €	243.2 horas										

8. Planificació

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo	Trabajo	2015	nov	dic	tri 1, 2016	ene	feb	mar	tri 2, 2016	abr	may	jun	tri 3, 2016	jul	ago	sep	tri 4, 2016	oct	nov
▣ Pla de projecte	96 días	lun 01/02/16	mar 14/06/16	7,873.60 €	428 horas																		
▸ 1 Fase planificació	26 días	lun 01/02/16	lun 07/03/16	1,489.60 €	84.8 horas																		
▸ 2 Fase experimental	25 días	mar 08/03/16	lun 11/04/16	1,900.00 €	100 horas																		
▣ 3 Fase de redacció i seguiment	96 días	lun 01/02/16	mar 14/06/16	4,484.00 €	243.2 horas																		
▣ 3.1 Redacció del projecte	96 días	lun 01/02/16	lun 13/06/16	4,408.00 €	235.2 horas																		
3.1.1 Cerca de la bibliografia	95 días	lun 01/02/16	lun 13/06/16	1,444.00 €	76 horas																		
3.1.2 Redacció memòria	70 días	lun 22/02/16	vie 27/05/16	2,128.00 €	112 horas																		
3.1.3 Correccions	1 día	lun 30/05/16	lun 30/05/16	76.00 €	5.6 horas																		
3.1.4 Redacció resultats	8 días	mar 31/05/16	jue 09/06/16	608.00 €	32 horas																		
3.1.5 Correccions finals	1 día	vie 10/06/16	vie 10/06/16	152.00 €	9.6 horas																		
▣ 3.2 Seguiment i reunions	68 días	jue 03/03/16	lun 06/06/16	76.00 €	8 horas																		
3.2.1 Reunió Tutor	1 día	lun 07/03/16	lun 07/03/16	30.40 €	3.2 horas																		
3.2.2 Reunió Oficina Tècnica 1	1 día	jue 03/03/16	jue 03/03/16	15.20 €	1.6 horas																		
3.2.3 Reunió Oficina Tècnica 2	1 día	jue 02/06/16	jue 02/06/16	15.20 €	1.6 horas																		
3.2.4 Reunió Oficina Tècnica 3	1 día	lun 06/06/16	lun 06/06/16	15.20 €	1.6 horas																		
3.3 Entrega del projecte	0 días	mar 14/06/16	mar 14/06/16	0.00 €	0 horas																		

9. Bibliografia

9. Bibliografia

Azkoyen. Navarra. A propósito del café. Azkoyen, 1995.

Barberá, Pedro. El café espresso. Fórum cultural del café. Deseembre 2000, p. 6-16.

D'Agostina, A., Boschini, G., Bacchini, F., & Arnoldi, A. (2004). Investigations on the high molecular weight foaming fractions of espresso coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 7118–7125.

García Martínez Eva, Fernández Segovia Isabel, Fuentes López Ana. 2015 Determinación de polifenoles totales por el método de FolinCiocalteu. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València.

Gloess N.A., Vietri A., Wieland F., Smrke S., Schönbächler B., Sánchez López J.A., Petrozzi S., Bongers S., Koziorowski T., Yeretzian C., (2014) Evidence, of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTE-ToF-MS, *International Journal of Mass Spectrometry*, 365 366, 324-337.

Illy, A. and Viani, R. Espresso Coffee: The Chemistry of Quality. San Diego: Academic Press Inc., 1995.

Lerici, C.R., Nicoli, M.C., 1990. Il caffè: aspetti chimici, tecnologici e qualità della bevanda. *La Rivista della Società Italiana di Scienza dell'Alimentazione* 19, 1–16

Moriondo Angelo. Nuovi apparecchi a vapore per la confezione economica ed istantanea del caffè in bevanda. *Sistema A. Moriondo. Maig del 1884. Vol. 33 n. 256*

Osvaldo Manzo, T. Análisis gravimétrico por volatilización. *Maig* 17, 2011.

Pittia, P., Romani, S. In press. Coffee Processing. In: K. Kristbergsson, S. Otles (Eds.), *Food Processing - Part IV Food Processing Operations*, ISEKI Food Series, Springer

Puerta Quintero, G. I. Composición química de una taza de café (Deseembre, 2011).

Rancilio Group, (2016), Rancilio coffeering the wold, (consulta: 30/05/2016). Accessible a: http://www.ranciliogroup.com/2-Rancilio-Coffee-Machines--Classe_9

Rao, S. The professional barista's handbook. Hardcover. 2008.

Planificació detallada