

ANEXO I PROPOSTA DE PROXECTOS DE INVESTIGACIÓN STEMbach

Coordinación STEMbach na Facultade/Escola UVigo:	
Nome: Marta Teijeira Bautista	
Enderezo electrónico: gomaca@uvigo.es	Teléfono: 986 812 280
Dirección do proxecto Uvigo:	
Nome: Luis Gago Duport	
Enderezo electrónico: duport@uvigo.es	Teléfono: 627804004
Co-dirección do proxecto UVigo:	
Nome: Angela Fontán Bouzas	
Enderezo electrónico: afontan@uvigo.es	Teléfono:
Bienio	2022-2024
Número de participantes (máx. 4)	4

NOTA: Os custos derivados da execución deste proxecto de investigación tales como os desprazamentos do profesorado da UVigo ao centro educativo ou doutras actividades establecidas no plan de traballo, correrán a cargo do centro educativo ao que se asigne este proxecto.

Título

O sabor do chocolate: un asunto de cristalografía

Resumo

Negro, branco, só ou con améndoas, pero sempre baixo o mesmo nome, o chocolate presenta unha infinita gama de sabores detrás da que, segundo mostran estudos recentes, está a cristalografía. Ao parecer, o sabor do chocolate depende por algunha vía, non totalmente definida, da relación dos polimorfos de cristais de cacao presentes na mostra. Como sucede con moitos outros tipos de cristais, a estrutura cristalina, xunto a aspectos como a microestrutura determina as súas propiedades macroscópicas, so que neste caso, en lugar da cor ou a semiconductividade, a propiedade determinada é o seu exquisito sabor. Este feito é de grande importancia industrial e económica e fai que as empresas alimentarias, fabricantes de chocolates, invistan grandes cantidades na busca cristalográfica do “secreto” do seu sabor óptimo.

Obxectivo

A finalidade xenérica do proxecto é mostrar a importancia do estudo dos cristais, e en particular da cristalografía, en múltiples aspectos de vida cotiá, que comprenden non só os tecnolóxicos ou estéticos, senón ademais os que teñen que ver coa saúde ou cos alimentos e que non son tan frecuentemente divulgados. De maneira concreta, preténdese establecer relacións entre as propiedades estruturais -determinadas mediante difracción de raios X- do chocolate comercial [1] procesado polo alumnado mediante protocolos propios, cos aspectos sensoriais [2]. Estes últimos son entendidos como conxunto de propiedades macroscópicas medibles mediante perfís sensoriais cuantitativos (PSC). Para iso, un equipo, previamente entrenado, analizará as mostras anónimas, caracterizadas antes mediante DRX, empregando un número de factores diferenciadores (sabor, gusto, dulzor, etc.) medidos nunha escala normalizada. A información recollerase en diagramas sensoriais e finalmente establecerán correlacións entre os aspectos estruturais, microestruturais e sensoriais.

Plan de traballo

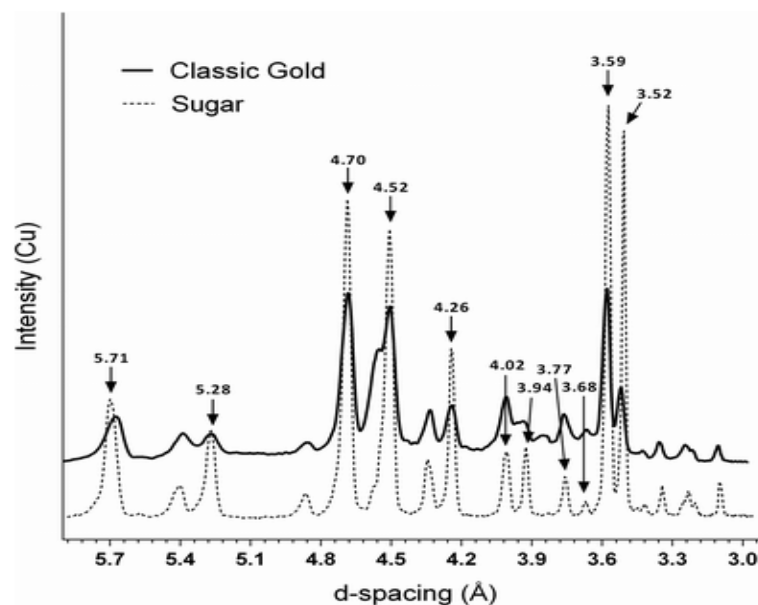
O traballo realizarase en catro tempos:

1. No primeiro, instruírse o alumnado mediante unha charla, sobre a idea básica da cristalografía, como a ciencia que se encarga do estudo das estruturas cristalinas dos sólidos e das súas propiedades. Poranse exemplos e explicaranse os conceptos básicos cristalográficos que necesitan para realizar o estudo. Entón exporase o problema de forma xenérica:

O chocolate presenta distintas estruturas cristalinas. A diferenza dos cristais inorgánicos, onde a presenza de polimorfismo é ben coñecida, por exemplo entre o diamante e o grafito, no chocolate estes polimorfos están asociados aos cristais orgánicos de manteca de cacao basicamente compostos por triacilglicerois, mesturados con cristais de azucre. Estes cristais presentan un comportamento polimórfico complexo, con ata sete estruturas diferentes e distinto punto de fusión que coexisten na estrutura final do chocolate. A secuencia de transformacións polimórficas, o conxunto de fases coexistentes no produto final e a súa microestrutura dependen enormemente do procesamento térmico ao que se someta o chocolate. Estas transformacións poden -en ocasións- observarse mediante a análise dos diagramas de difracción de raios X [1],[3].

Aínda que a análise estrutural deste tipo de polimorfos, baseada en diagramas DRX, pode chegar a ser complicada e require coñecementos técnicos precisos que caen fóra do alcanzable nun proxecto destas características, é posible, como se describe no seguinte apartado, restrinxir o estudo a un conxunto limitado de parámetros relevantes para a caracterización sensorial da mostra.

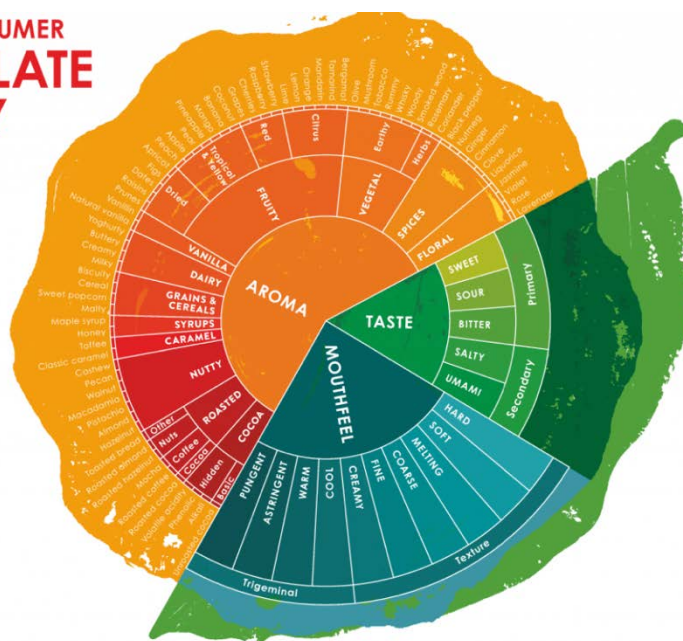
2. Nun segundo tempo visitarase co alumnado o CACTI e realizaranse algúns diagramas de difracción de Raios X de mostras de chocolate comercial. Como exemplo, indícase na figura 1 o diagrama de difracción do Lindt Classic Gold, comparado co diagrama de difracción do azucre [3]. Basicamente o estudo dos diagramas de difracción consistiría en (1) a identificación dos picos específicos do chocolate (polo seu espazado, que ocorre normalmente a baixos ángulos) e a súa comparación cos picos característicos do azucre. (2) A variación relativa das intensidades integradas entre os picos de ambas as especies para determinar cuantitativamente a fracción relativa de cada fase. Esta última análise pode facerse nunha primeira etapa de forma cualitativa -para ilustrar o método- facendo fotocopias ampliadas das reflexións do diagrama DRX, recortando as áreas e pesándoas. E despois mediante o emprego de programas sinxelos que permitan calcular a área baixo os picos, así como o seu ensanchamento (FWHM) relacionado co tamaño dos cristais. Ensinaraselles a caracterizar as reflexións características do polimorfo V (a 6.6 e 3.2nm e a espazados de 0.46, 0.40, e 0.37nm) [3]. Esta fase V presenta un punto de fusión a 38°C cunha cinética dependente do seu tamaño e é considerada responsable do sabor do chocolate.



3. Nun terceiro tempo o alumnado deseñará as súas propias mesturas, a partir de chocolates comerciais e con varios procesos de enfriamento. As mostras gardaranse cun nome en clave e realizaranse diagramas DRX, que os/as estudantes analizarán seguindo o protocolo aprendido no periodo anterior.
4. Finalmente un grupo de estudantes será instruído no uso de diagramas sensoriais para realizar a análise descritiva cuantitativa coa finalidade de crear perfís sensoriais de chocolate. Entrenarase ao equipo definindo varios factores diferenciadores: sabor (chocolate, cacao, acre, ácido), gusto (chocolate, cacao, ácido), dozura, amargor e astrinxencia. Para a valoración utilizarase unha escala de dez puntos, onde "0" significa a falta dunha característica dada, e 10 unha característica intensa perceptible. Como exemplo deste tipo de diagramas, pode utilizar o “Chocolate Sensory Wheel”[4]

Os resultados das características sensoriais refiriranse aos parámetros analizados mediante difracción de raios X (porcentaxes relativas de fase V vs. azucre, tamaño de cristalito, etc.) e estableceranse as conclusións do estudo.

**THIS IS THE CONSUMER
CHOCOLATE
SENSORY
WHEEL**



Referencias.

[1] A Method to Qualify and Quantify the Crystalline State of Cocoa Butter in Industrial Chocolate. *Journal-of-the-American-Oil-Chemists-Society*-1558-9331. <http://dx.doi.org/10.1007/s11746-009-1498-9>

[2] Kowalska, J., Kowalska, H., Cieślak, B. *et al.* Influence of sucrose substitutes and agglomeration on volatile compounds in powdered cocoa beverages. *J Food Sci Technol* **57**, 350–363 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04067-z>

[3] Bayés-García, L.; Calvet, T.; Cuevas-Diarte, M. A.; Rovira, E.; Ueno, S.; Sato, K. New Textures of Chocolate are Formed by Polymorphic Crystallization and Template Effects: Velvet Chocolate. *Crystal Growth & Design*, 2015, 15, 4045-4054.

[4] Renata Januszewska (2018) Hidden Persuaders in Cocoa and Chocolate: A Flavor Lexicon for Cocoa and Chocolate Sensory Professionals.