



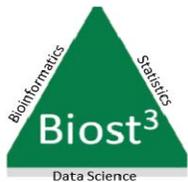
Desarrollo de métodos rápidos identificativos de las propiedades viscoelásticas de las masas

Dr Antonio Monleón Getino. Grupo de Investigación BHOST3. Sección de Estadística.
Departamento de Genética, Microbiología y Estadística. Universitat de Barcelona.

24 - 25 octubre
Jerez de la Frontera (Cádiz)



Asociación Española de
Técnicos Cerealistas



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

SECTION OF STATISTICS

Department of Genetics,
Microbiology and Statistics

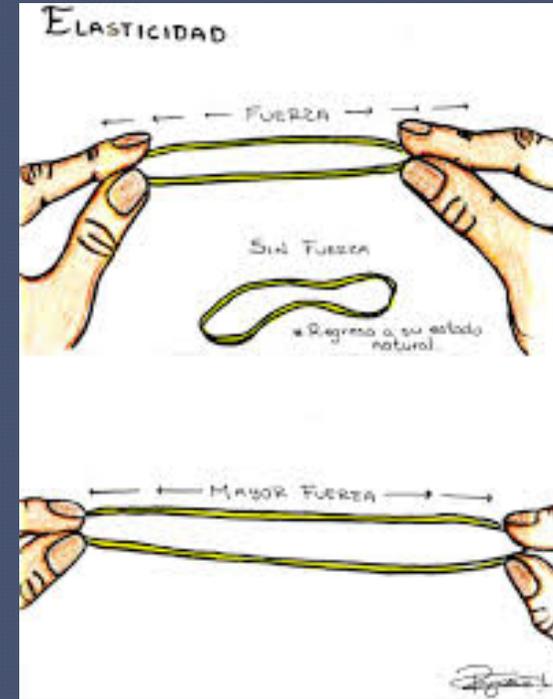
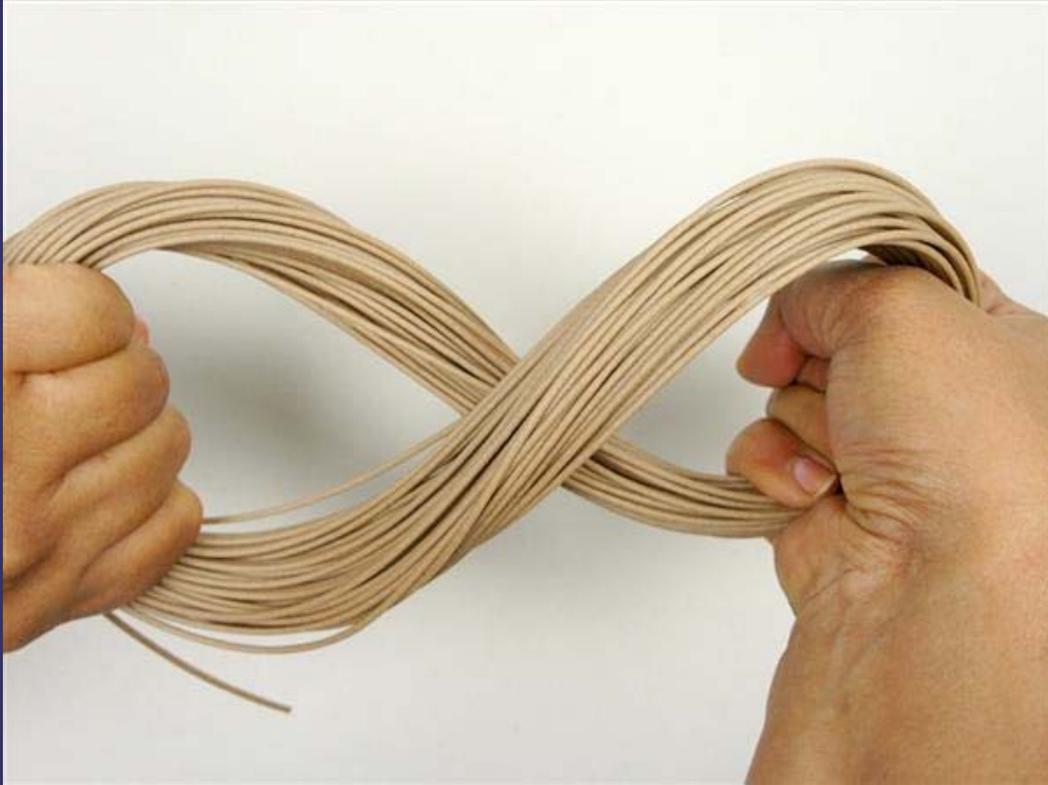


Bosch i Gimpera
UNIVERSITAT DE BARCELONA



Índice:

- Antecedentes
- Puntos clave
- Objetivos
- Resultados actuales
- Futuro del proyecto
- Conclusiones



Antecedentes
¿Cómo surgió el proyecto?

Antecedentes



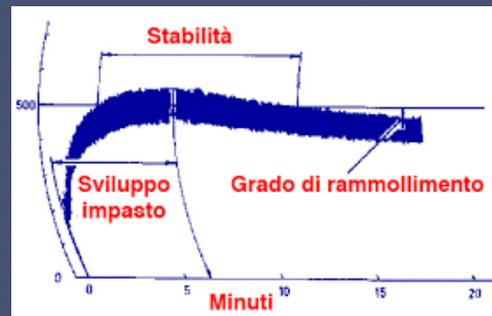
Origen del proyecto:

- ✓ Estudios previos sobre el índice de elasticidad de las masas de harina y su aplicación industrial.
- ✓ Diversas publicaciones realizadas en la universidad:
 - MONLEÓN GETINO, T.; GORDÚN, E., (1998) *Estudio del índice de elasticidad y mínimo de 1ª derivada alveográfica*. Molinería y panadería 93 (1056): 66-74 (PRIMER PREMIO AETC, 1ª EDICION)
 - MONLEÓN GETINO, T.; COLLADO FERNÁNDEZ, M. (2008). *Calidad industrial del trigo y la harina. Técnicas de control estadístico de procesos y software*. Alimentación equipos y tecnología 238 : 32-35.
 - Stela B; Monleon-Getino A. Facilitating the Automatic Characterisation, Classification and Description of Biological Images with the VisionBioShape Package for R. 2016. Open Access Library Journal 3(e3108) 1 -16
 - Toni Monleón Getino, Jaume Cambra Sánchez. 2016. APP API-STAT. Una aplicación para dispositivos móviles para el cálculo del nivel de infestación por varroa (Varroa destructor) en el campo. Vida apícola: revista de apicultura, 200, 38-46
- ✓ Línea de investigación sobre “Machine Learning” en biología

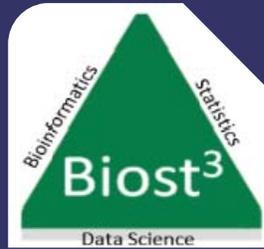
Antecedentes

Entender el problema

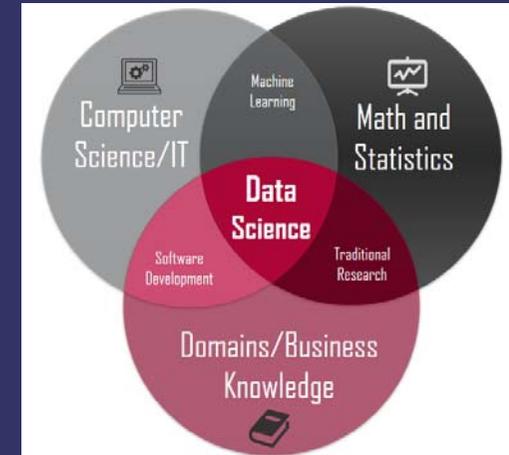
- Para evaluar la calidad de los materiales viscoelásticos (como las masas de harina, goma, látex, espumas, plásticos blandos, agar-agar, y otros) se consideran diferentes características, entre las cuales las más importantes son las propiedades reológicas de sus masas que determinan las condiciones de procesamiento y su uso final.
- Para la evaluación de las propiedades reológicas de este tipo de materiales, los métodos reológicos experimentales (como el uso de reómetros como el farinógrafo Brabender, alveógrafo de Chopin y reómetros son utilizados ampliamente por las industrias, ya que ofrecen resultados de gran precisión y exactitud, para cada material.
- Pero el problema es que estos ensayos de caracterización deben hacerse en un laboratorio analítico de control de calidad con aparatos costosos, delicados y que requieren un técnico especializado.



BIOST³

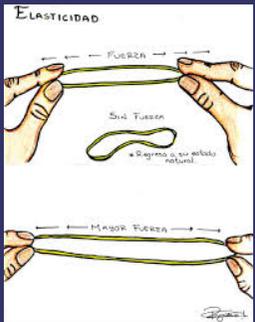


- El grupo de investigación BIOST3 forma parte de la Sección de Estadística del Departamento de Genética, Microbiología y Estadística de la UB.
- Centra su investigación en aplicar métodos de estadística computacional (machine learning, data science, etc) y estadística bayesiana en sistemas biológicos, con especial énfasis en datos biológicos, clínicos, bioinformáticas y de biodiversidad.
- Dentro del grupo de investigación se llevan a cabo diferentes proyectos de investigación competitivos, contratos de investigación, 4 tesis doctorales y transferencia tecnológica a las empresas y sociedad (algoritmos, software, artículos, patentes, etc.).
- Una de las tesis doctorales la lleva a cabo el Científico Emprendedor, Pedro López Brosa, que desarrolla algoritmos de predicción de situaciones complejas tales como la turbidez del agua en el tiempo.



- La Dra Sahuquillo es la Directora del Laboratorio de Preparación de Materiales para el Control de Calidad (Mat Control) de la Facultad de Química de la Universidad de Barcelona. Desde 2012 hasta la actualidad.
- Dra Sahuquillo (Laboratorio de Preparación de Materiales para el Control de Calidad de la Facultad de Química de la UB) dispone de los aparatos y experiencia para la preparación de materiales para el control de calidad, que desde el año 2004 organiza ensayos de aptitud para la evaluación externa de laboratorios de análisis y caracterización reológica de cereales ('**Circuito Español de Cereales**')
- **Circuito Español de Cereales:** Entre los parámetros ensayados por los más de 40 laboratorios participantes se encuentran los parámetros alveográfico obtenidos con el alveògraf de Chopin, lo que permite disponer de un gran número de muestras de harina y trigo muy bien caracterizados.





Puntos clave:
¿El porqué del proyecto?

Puntos clave



Los puntos clave del problema son principalmente :

1. Tanto la industria alimentaria como la industria de materiales (plásticos, gomas, química, etc) requieren conocer las propiedades viscoelásticas de las materias primas y productos elaborados.
2. La necesidad de disponer de métodos para la medida de las propiedades viscoelásticas de materiales elásticos de manera rápida y en campo (masas de harina, espumas, latex, etc).
3. Actualmente no se dispone de ningún sistema (Herramienta) que permita evaluar en terreno (Fuera del Laboratorio) las propiedades viscolásticas de las masas (elasticidad, tenacidad, resistencia, etc) de manera rápida y barata. Existen numerosas metodologías diferentes pero en laboratorio (reómetro, alveógrafo, farinógrafo, etc)

Una posible solución es el empleo de una aplicación electrónica-informática basada en sensores electrónicos y en la aplicación de las matemáticas/estadística capaz de medir y **predecir** la **viscoelasticidad estándar** de las **masas** de harina, y otros tipos de materiales.

MONLEÓN GETINO, T.; GORDÚN, E., (1998) *Estudio del índice de elasticidad y mínimo de 1ª derivada alveográfica*. Molinería y panadería 93 (1056): 66-74



Índice de elasticidad de la masa de harina

Usos industriales del trigo	Intervalo de confianza 95% (Ie)
FC2E	0,23 – 0,77
FCN2	0,36 – 0,52
FCN5	0,40 – 0,43
FFES	0,56 – 0,64
FFGF	0,57 – 0,69

Intervalo poblacional 95% = Media +/- 1,96* Desviación típica

Tipos de harinas caracterizadas según su índice de elasticidad

- FFGF: W > 300 y elevada P. Adecuado para ensaimadas y masa congelada.
- FCN2: 120-140 W. Adecuado para panificación normal sin frío.
- FC2E: 140-160 W. Adecuado para panificación con fermentaciones largas y fermentación controlada a 4° C.
- FCN5: 100-120 W. Adecuado para panificación con procesos rápidos (batidos, magdalenas, bizcochos, etc.)
- FFES: W > 300 y P moderada. Adecuado para bollería congelada, pan de molde, bollería y pizzas.



dreamstime

THE CHEMISTRY OF BREAD-MAKING

Baking bread may seem like a very simple process. It's a combination of only four different ingredients: flour, water, yeast, and salt. However, there's a lot of science in how these four ingredients interact, and how varying them varies the bread's characteristics.

- MIX INGREDIENTS
- KNEAD THE DOUGH
- LEAVE TO FERMENT
- BAKE THE BREAD

FLOUR, WATER & SALT

PROTEINS
Specifically glutenin and gliadin

↓ WATER

GLUTEN
Viscoelastic network that traps gas

Flour contains high levels of glutenin and gliadin proteins. These classes of proteins are collectively referred to as gluten. When water is added, these proteins form a network held together by hydrogen bonds & disulfide cross-links. Kneading uncoils gluten proteins, strengthening the network and the dough.

THE ROLE OF SALT
ADDS FLAVOUR TO BREAD
SLOWS DOUGH FERMENTATION
STRENGTHENS GLUTEN STRUCTURE
MAKES DOUGH MORE ELASTIC

STARCH & SUGAR

STARCH
Composed of many sugar molecules stuck together

↓ ENZYMES

GLUCOSE
Used by yeast for fermentation.

Flour contains starch, long chains of connected sugar molecules. Amylase converts starch to maltose; maltase in yeast converts this to glucose. Along with other sugars, this can be used by the yeast for fermentation, and is also involved in the flavour-forming browning reactions that help to form the bread's crust.

GLUCOSE **MALTOSE**

YEAST & FERMENTATION

GLUCOSE → **YEAST**

↓

CARBON DIOXIDE **ETHANOL**

Helps bread rise Boils off during baking

Yeast are single-celled fungi that help convert sugars in the bread mix into carbon dioxide. The bubbles of carbon dioxide formed cause the bread to rise; kneading makes their size more uniform. Sour dough breads contain both bacteria and wild yeasts. The lactic acid produced by bacteria can sometimes give a sour taste.

SOUR DOUGH
100:1
BACTERIA:YEAST
Both feed on sugars; yeasts in sour dough can't break down maltose, bacteria can.

LACTIC ACID

OTHER INGREDIENTS

FATS
Weaken the gluten network, giving a softer bread. Also stabilise gas bubbles, increasing loaf volume.

BAKING SODA
Sodium bicarbonate. Combined with moisture and acidity, produces carbon dioxide, which can help bread rise. Can cause bitterness.

BAKING POWDER
NaHCO₃ + CREAM OF TARTAR
Also sodium bicarbonate, but with cream of tartar (potassium bitartrate), an acid ingredient that activates the bicarbonate.

ASCORBIC ACID
More commonly known as vitamin C, it helps to strengthen the dough's gluten network.

XANTHAN GUM
A POLYSACCHARIDE THAT IS PRODUCED BY THE BACTERIUM XANTHOMONAS CAMPESSTRIS
Used in the production of gluten-free breads.

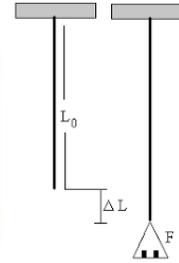
© COMPOUND INTEREST 2016 - WWW.COMPOUNDCHEM.COM | Twitter: @compoundchem | Facebook: www.facebook.com/compoundchem
This graphic is shared under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence.

Propiedades reológicas de los materiales viscoelásticos que deseamos medir con nuestro aparato



Elasticity is defined by how a material springs back to its original shape after it is deformed. The more a material returns to its original shape, the more elastic it is, like a rubber band.

GLUTEN



Viscosity is the the resistance to flow of any material. Water out of a tap is not viscous as it flows freely, while peanut butter is very viscous because it will not flow.

ALMIDON



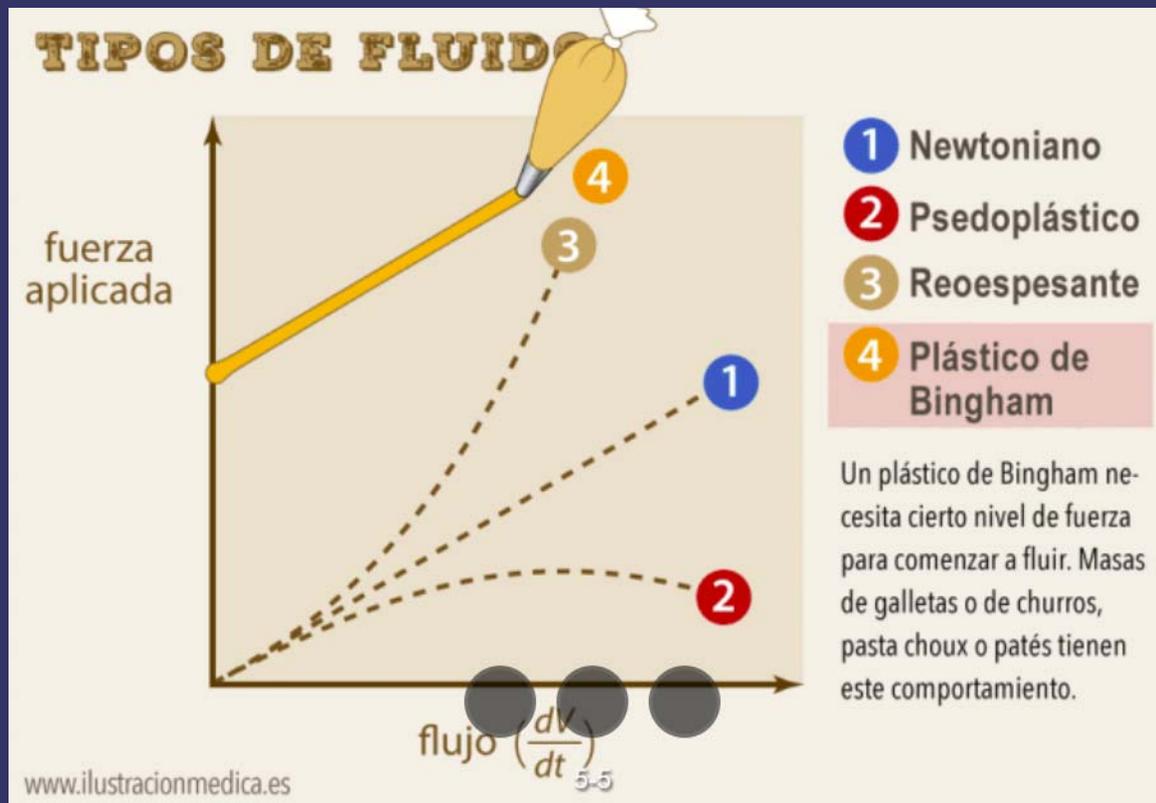
Extensibility is the ability to stretch without breaking. This property is rarely seen in food systems, but do occur in taffy and chewing gum.

GLUTEN

Sistema Internacional (S.I.)	$1 \frac{N}{m^2} = Pa$
Sistema inglés	$1 \frac{lb}{in^2}$

(SI)	$\frac{Newton}{m^2 \cdot \frac{m}{s \cdot m}} = \frac{N}{m^2 \cdot \frac{m}{s \cdot m}} = Pascal \cdot s$
(CGS)	$\frac{dina}{cm^2 \cdot \frac{cm}{s \cdot cm}} = \frac{g \cdot cm}{s^2 \cdot \frac{cm^3}{s \cdot cm}} = \frac{g}{cm \cdot s} = poise$

Propiedades reológicas de los materiales viscoelásticos que deseamos medir con nuestro aparato



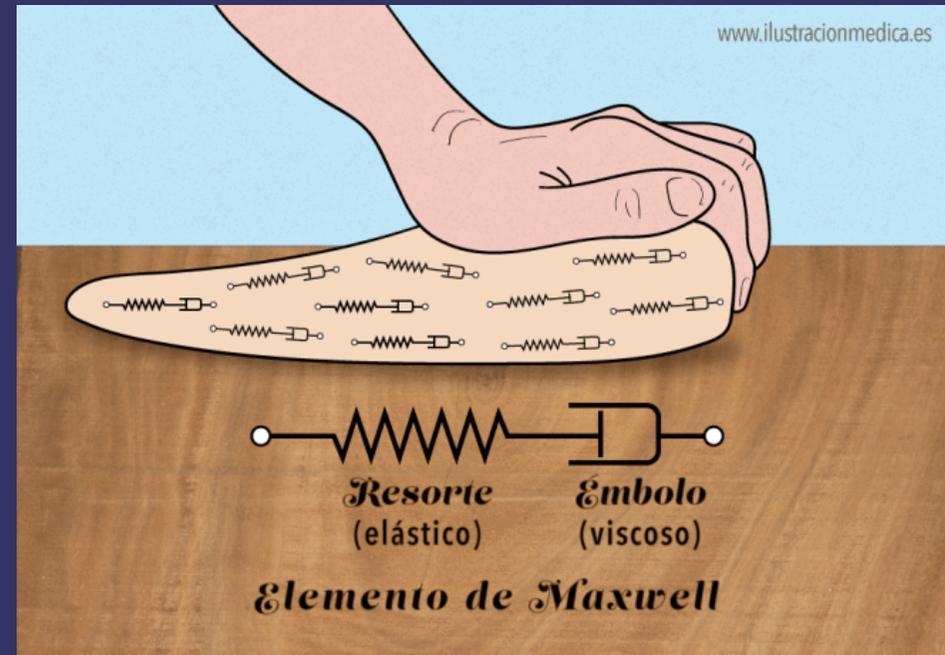
fluido es aquellas sustancias que se deforman al aplicar sobre ellas fuerzas de corte o presión, y que tienden a tomar la forma del recipiente

Masas: fluidos viscoelásticos

Son los fluidos más interesantes y complejos, aquellos que aparte de su espesor muestran un comportamiento elástico que hace que la deformación vuelva atrás al cesar la fuerza de cizallamiento

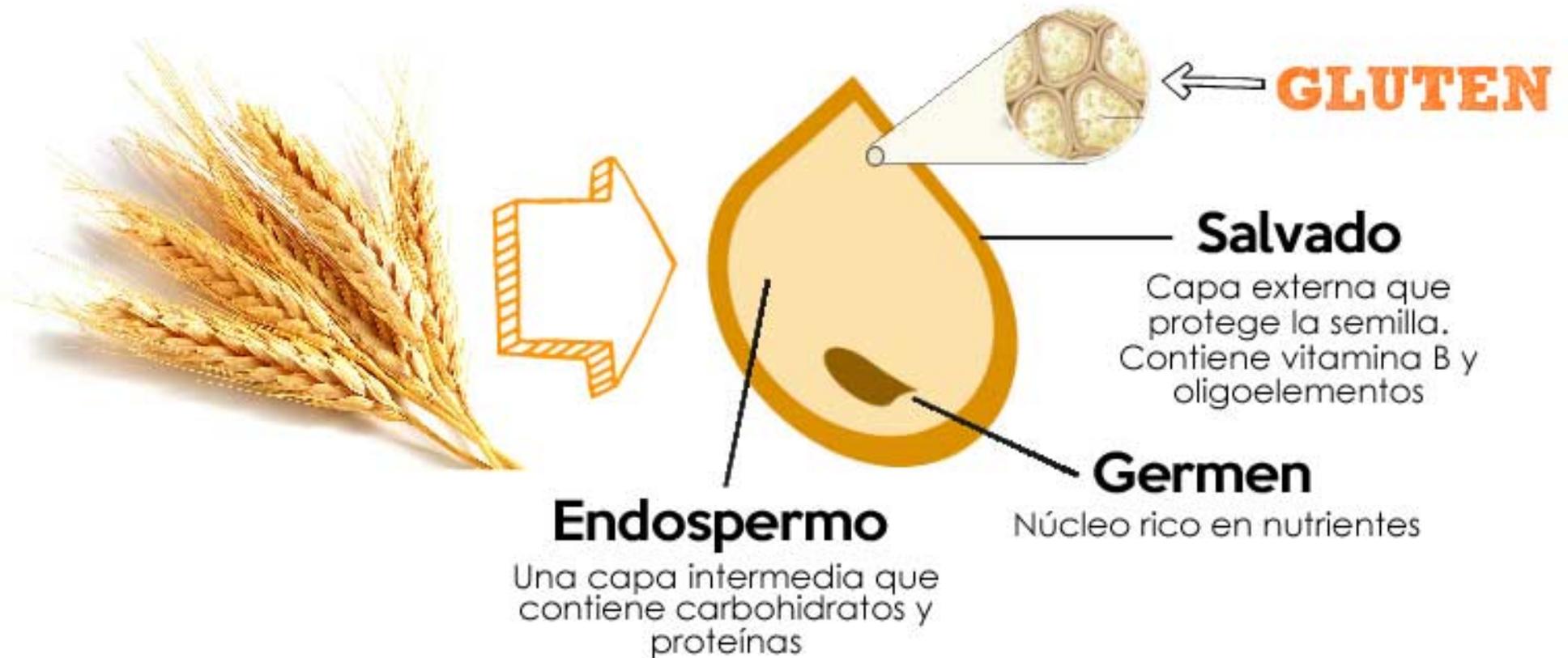
Propiedades reológicas de los materiales viscoelásticos que deseamos medir con nuestro aparato

- Bien sabemos que al amasar o estirar masas de pan o pasta éstas muestran una resistencia (viscosidad) y que tienden a retraerse y encoger (elasticidad).
- En mecánica de fluidos se identifican los viscoelásticos como *elementos de Maxwell*, representados mediante un muelle (componente elástico) y un pistón (elemento resistente-viscoso) colocados en serie.
- Al aplicar poca fuerza sobre una masa viscoelástica ésta se deforma un poco y vuelve a su forma, y al aplicar más fuerza se vence la resistencia y se elonga la masa.
- ¡Quién diría que al estirar una pizza estamos manipulando un sistema de elementos de Maxwell!

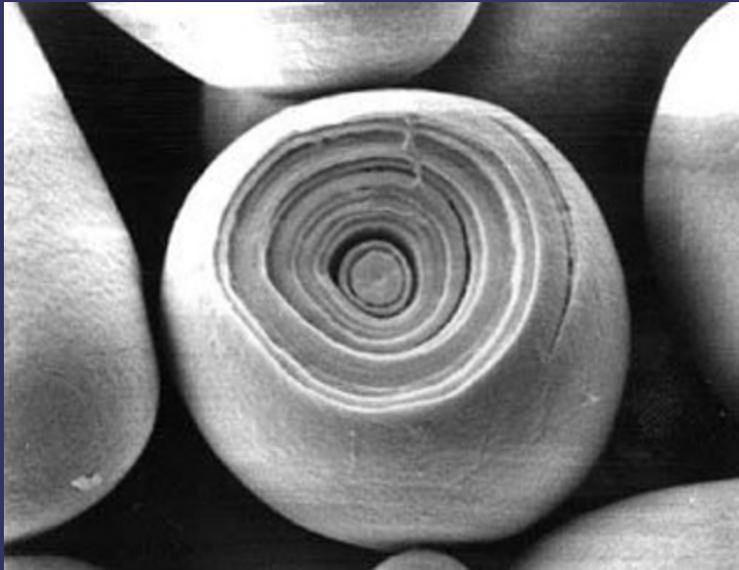


Sistema de elementos de Maxwell!

¿Qué es el Gluten?



Almidón



SECTION OF STATISTICS

Department of Genetics,
Microbiology and Statistics



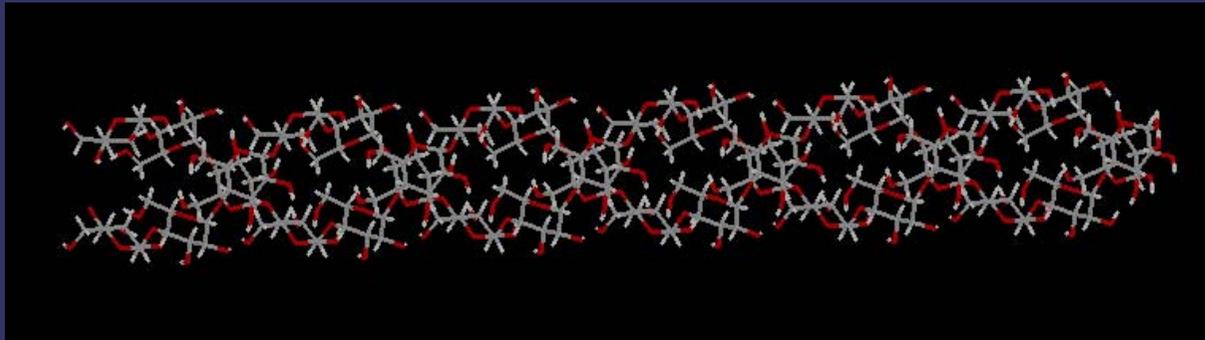
UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Estructura interna del gránulo de almidón observada con microscopio electrónico de barrido. Las capas amorfas de amilosa han sido eliminadas por tratamiento con amilasas, de modo que resaltan las capas semicristalinas de amilopectina

Fotografía obtenida de Braukaiser.com.

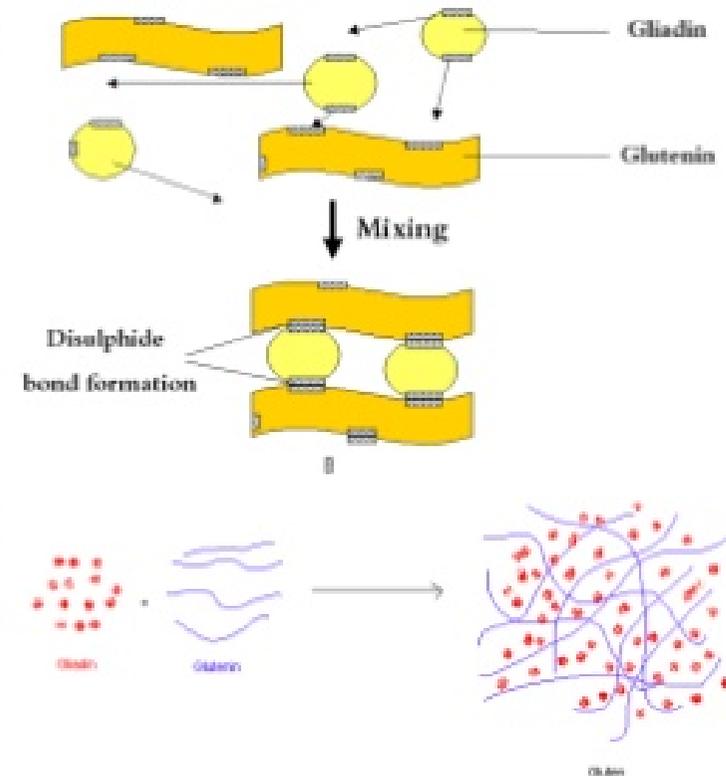
Polisacáridos constituyentes del almidón

Lo que llamamos almidón no es realmente un polisacárido, sino la mezcla de dos, la amilosa y la amilopectina. Ambos están formados por unidades de glucosa, en el caso de la amilosa unidas entre ellas por enlaces α 1-4 lo que da lugar a una cadena lineal. En el caso de la amilopectina, aparecen ramificaciones debidas a enlaces α 1-6.



Las cadenas de almidón se asocian mediante puentes de hidrógeno, formando una hélice doble.

- **Gluten is a complex protein formed of two protein structures, Gliadin and Glutenin, connected by disulfide bridges.**
- **In bread and other baked goods, yeasts consume sugar and produce carbon dioxide via fermentation.**
- **The carbon dioxide becomes trapped in this molecular mesh structure of gluten, causing bread to “rise.”**
- **In patients with Celiac Disease, consumption of this protein leads to inflammation and severely impacts digestive health.**



The long, complex strands of glutenin and the relatively compact gliadin combine to create a molecular mesh that we call gluten

Función del gluten

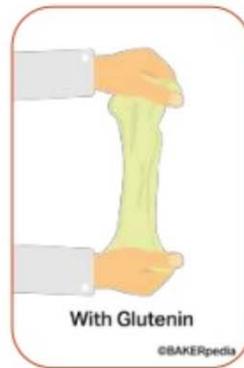
THE FUNCTION OF GLUTEN

C. What is inside gluten?

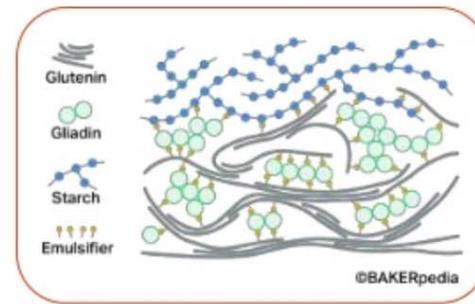
The two main components of gluten: Gliadin and Glutenin



Gliadin dough would exhibit a good flow, with no memory or resistance

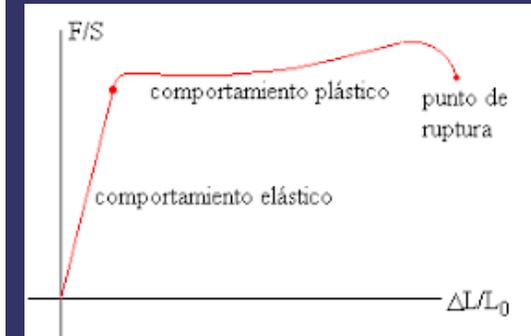
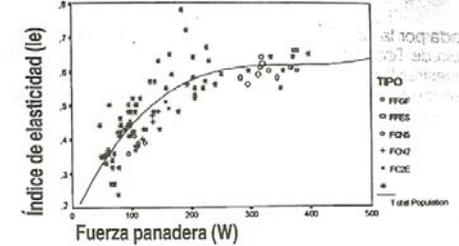
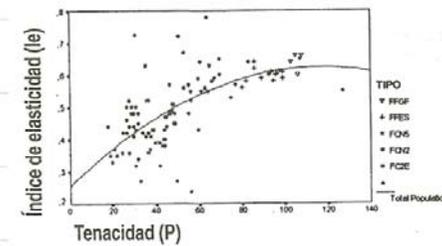


When you add glutenin to this system, it will provide a degree of resistance and help give the elasticity to the dough



Together with proper dough strengthening emulsifiers like SSL and DATEM, they help strengthen the gluten network

REGRESIÓN ESTADÍSTICA DE W / Ie Y DE P / Ie



THE FUNCTION OF GLUTEN

A. Intrinsic properties of gluten

Elasticity

Dependent upon bonds within its gluten molecule, which makes it react like a spring when it is extended

Viscosity

Theoretically dependent upon interchanging of these hydrogen bonds and hydrophobic bonds

Extensibility

The strength of the gluten network prevents it from breaking while stretching



Reología de masas

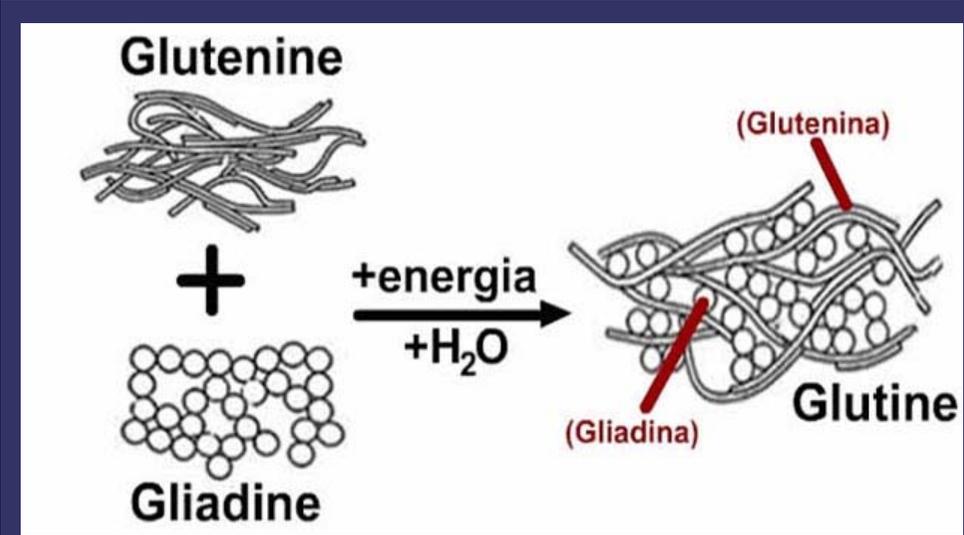
Dough Rheology

- Hydration of flour results in the formation of a visco-elastic dough (ie both elastic and extensible). The rheology of dough is attributable to:

1)gluten proteins (ie gliadin and glutennin)

The long chain **Glutennin** chains have extensive sites for cross linking and therefore contribute mainly to dough elasticity.

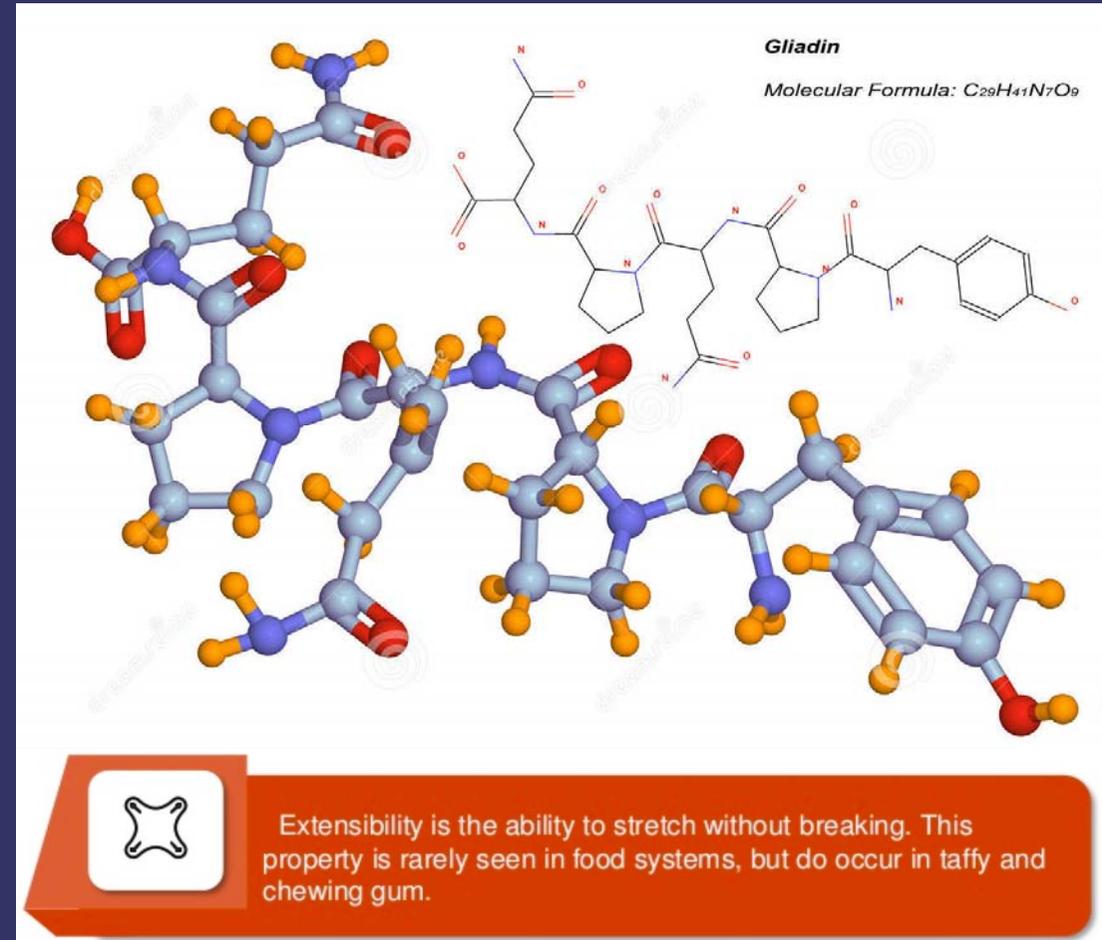
 Elasticity is defined by how a material springs back to its original shape after it is deformed. The more a material returns to its original shape, the more elastic it is, like a rubber band.



Gliadinas

- Gliadin molecules which are smaller and more symmetrical have less surface area available for bonding with other protein molecules(re diag.)
- As bonding is less between the spherical gliadin molecules than between glutenin molecules,there is limited capacity for gliadin to cross link with neighbouring molecules (ie intermolecular bonding) and so gliadin contributes less to elasticity and more to the extensibility of the dough. (Kent, , 1994)

2



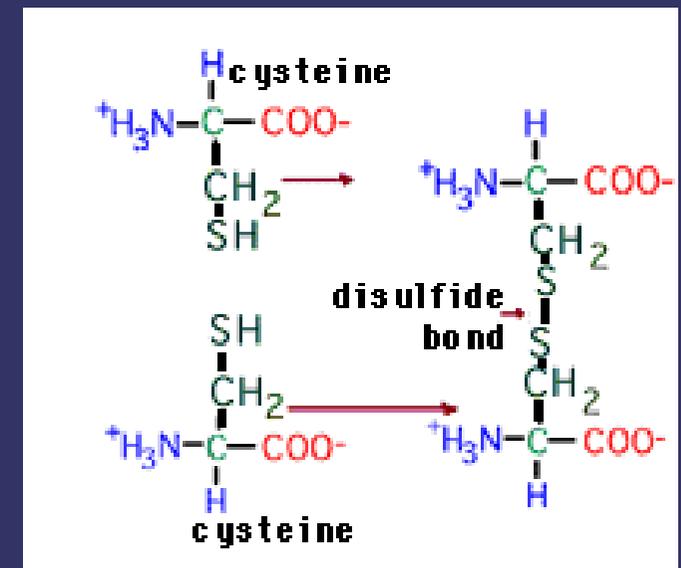
2) bonding(intra and intermolecular)

1)covalent bonds (30-100 kcal/mol)

Disulfide bonds which form between cystine and cysteine amino acids in the protein chains contribute to dough elasticity.

The thiol-disulfide interchange reaction has been proposed to explain the extensible (ie viscous) characteristic of the dough.

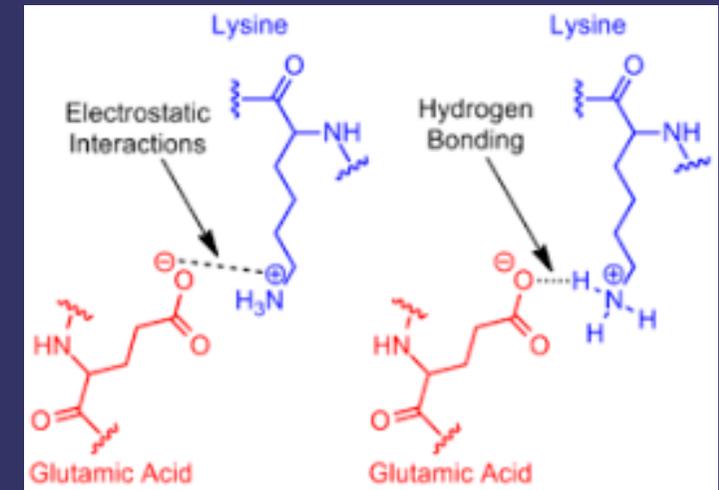
In the first stage of this reaction(re diag) between protein molecules a naturally present thiol compound (ie XSH) opens the 1,2 disulfide bond.



ii) Ionic bonds (10-20 kcal/mol)

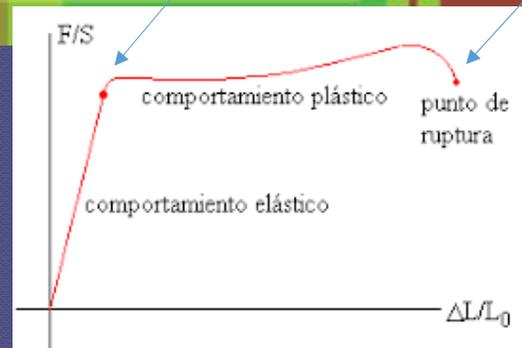
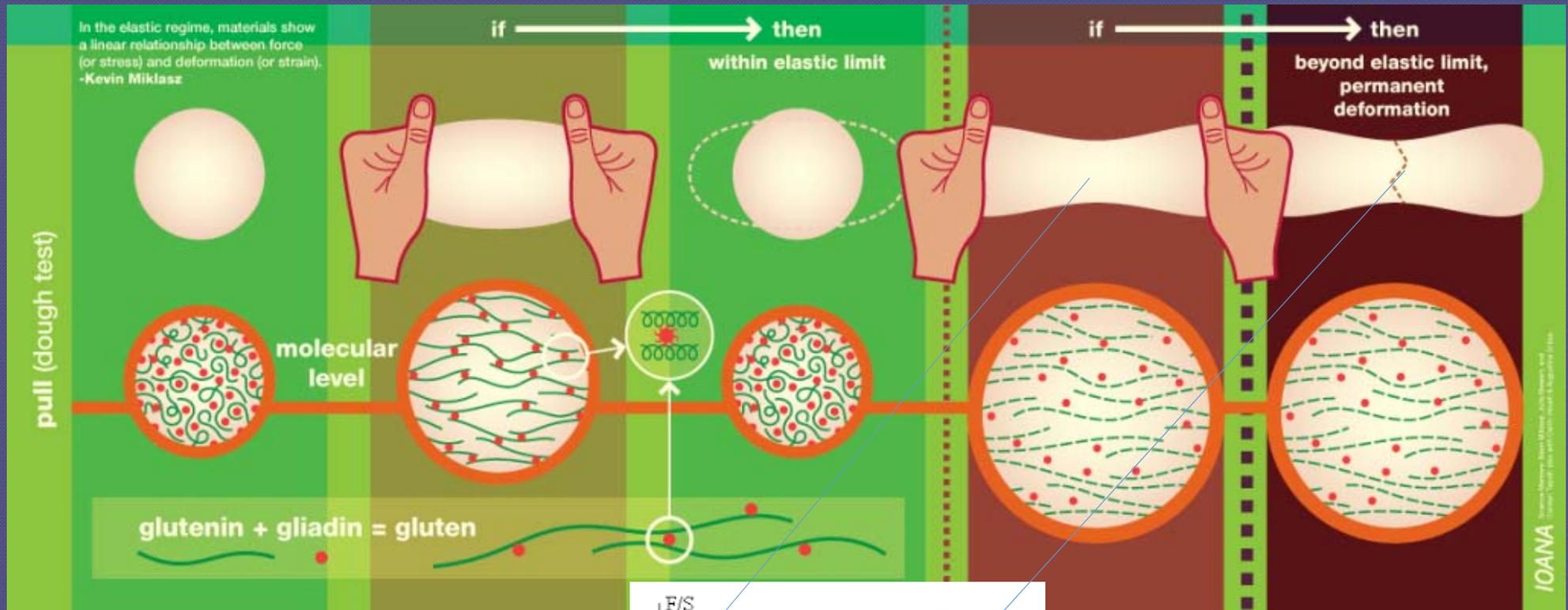
In theory ions may enhance association and dissociation of dough components. In practice the former prevails. Re. effect of the addition of salt (ie NaCl) to the dough formulation on dough elasticity or rigidity. Ionic bonds increase dough rigidity.

iii) Hydrogen bonds (weak links: 2-10 kcal/mol)



Cuando se separan y se redondean trozos de masa, el balance viscoelástico de sus componentes es crítico. Una masa demasiado elástica es difícil de manipular y así a menudo se traducirá en un producto final deforme que será rechazada por el fabricante. Del mismo modo, una masa que es demasiado viscosa no mantendrá una estructura final deseable .

• Reologia de masas de harina y su medida





A comprehensive review on wheat flour dough rheology

Muhammad Rizwan Amjid¹, Aamir Shehzad^{1*}, Shahzad Hussain², Muhammad Asim Shabbir¹, Moazzam Rafiq Khan¹,
Muhammad Shoaib¹



Table 1: Rheological methods used for cereal products

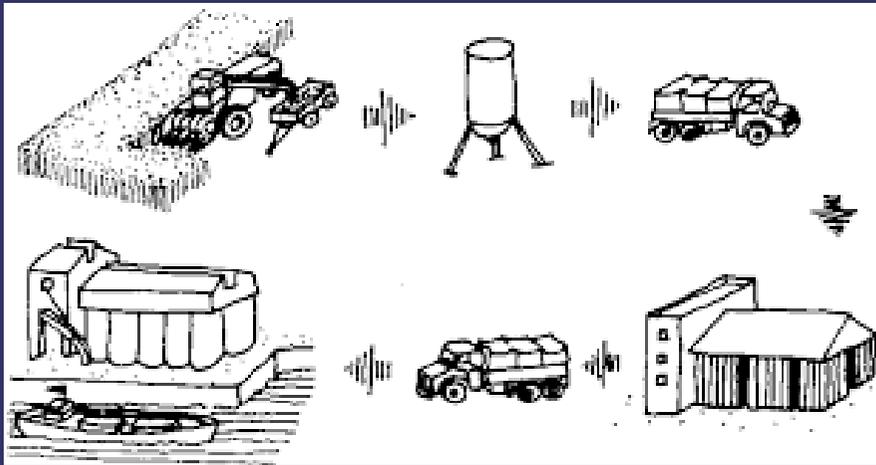
Methods	Products	Property measured	References
Empirical Methods:			
Mixers: Farinograph, Mixograph, Reomixer	Dough	Mixing time/torque Apparent viscosity	(Mani <i>et al.</i> , 1992)
Extensigraph	Dough	Extensibility	
TAXT2/Kieffer RIG	Dough, Gluten	Extensibility	(Mani <i>et al.</i> , 1992)
Alveograph	Dough, Gluten	Biaxial extensibility	(Bonet <i>et al.</i> , 2006)
Amylograph RVA	Pastes, Suspensions	Apparent Viscosity, Gelatinisation temperature	
Consistometer	Sauces, Fillings	Apparent viscosity	(Bonet <i>et al.</i> , 2006)
Flow cup	Fluids, Sauces, Batters	Apparent viscosity	
Falling ball	Fluids	Apparent viscosity	
Flow viscosimeters	Fluids, Pastes	Apparent viscosity	
Fermentometers	Dough	Height, Volume	
Penetrometers	Semi-solid foods, Gels	Firmness, Hardness	
Texturometer, TPA	Solid foods	Texture, Firmness	
Fundamental methods:			
Dynamic oscillation, Concentric cylinders, Parallel plates	Fluids, Pastes, Batters, Doughs	Dynamic shear moduli, Dynamic viscosity	(Rouille <i>et al.</i> , 2005)
Tube viscometers: Capillary, Pressure, Extrusion, Pipe flow	Fluids, Sauces, Pastes, Dough	Viscosity, In-line viscosity	(Rouille <i>et al.</i> , 2005)
Transient flow: Concentric cylinders, Parallel plates	Semi-solid viscoelastic Material	Creep relaxation, Moduli and time	
Extrusion: Uniaxial, Biaxial, Dough inflation system, Lubricated compression	Solid foods, Doughs	Extensional viscosity, Strain hardening	(Dobraszczyk, 2004a)



16 Métodos para medir las propiedades reológicas de los cereales, 9 para masas de harina



Objetivos y fases del proyecto



Gran rapidez, fiabilidad aceptable y asequible



SECTION OF STATISTICS

Department of Genetics,
Microbiology and Statistics



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



Tiempo



OBJETIVO: DISPONER DE UNA
TECNOLOGIA PARA MEDIDA DE
PROVIEDADES REOLOGICAS DE
MATERIALES VISCOELÁSTICOS

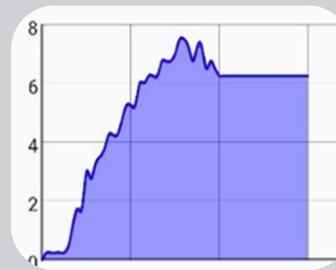
- Cribado previo en recepción
- Cribado en cooperativa o almacén de cereales

Objetivos



EL OBJETIVO:

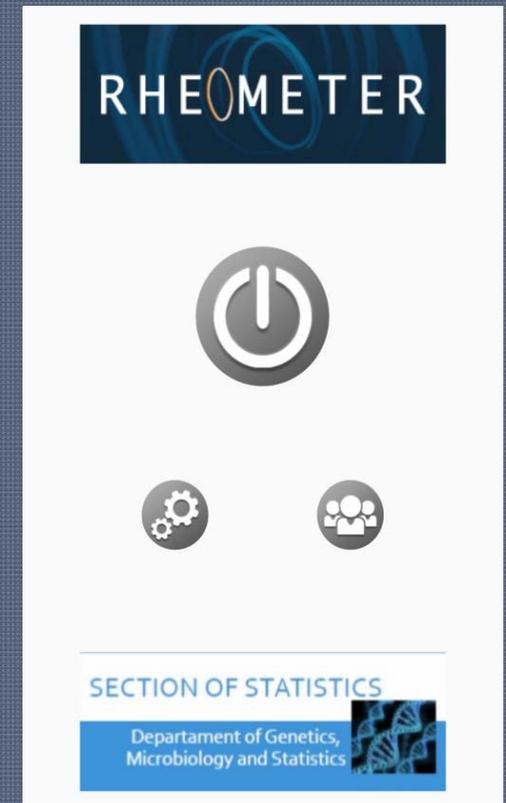
- ✓ Es el **desarrollo** de un prototipo de medida rápida basado en **modelos matemáticos/estadísticos** que puedan utilizarse para la **MEDIDA** de la **elasticidad y otros parámetros reológicos** de las sustancias viscoelásticas (masas de harina, espumas, latex, plásticos, etc).



FASE 0: 2017 (nacimiento de la tecnología)

- Proyecto de fin de grado del ingeniero informático: DAVID JORQUERA I ABELLAN

RHEOMETER APP



RHEOMETER APP

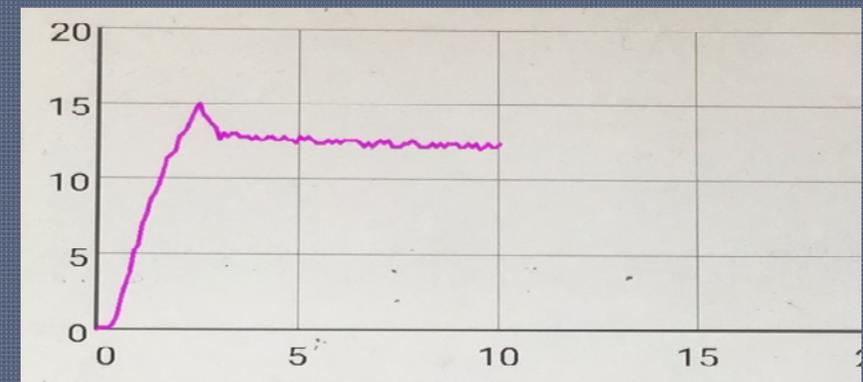
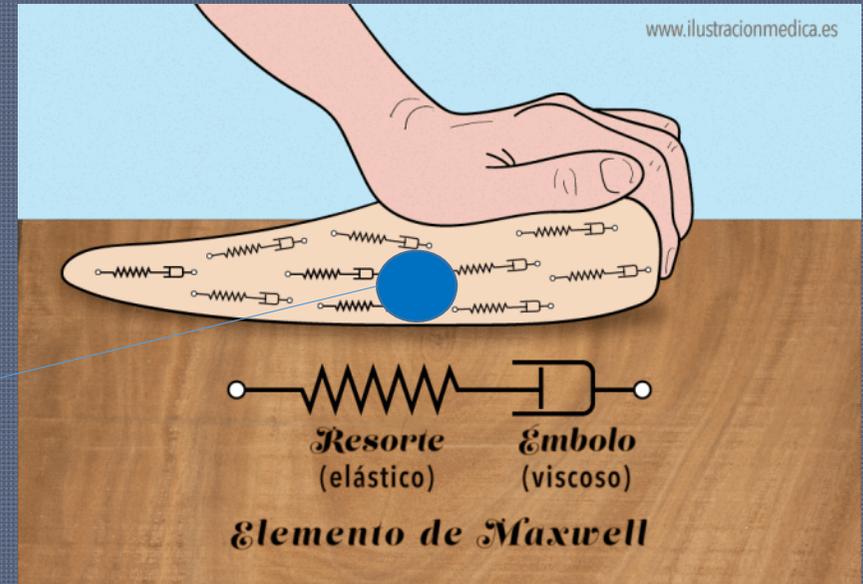
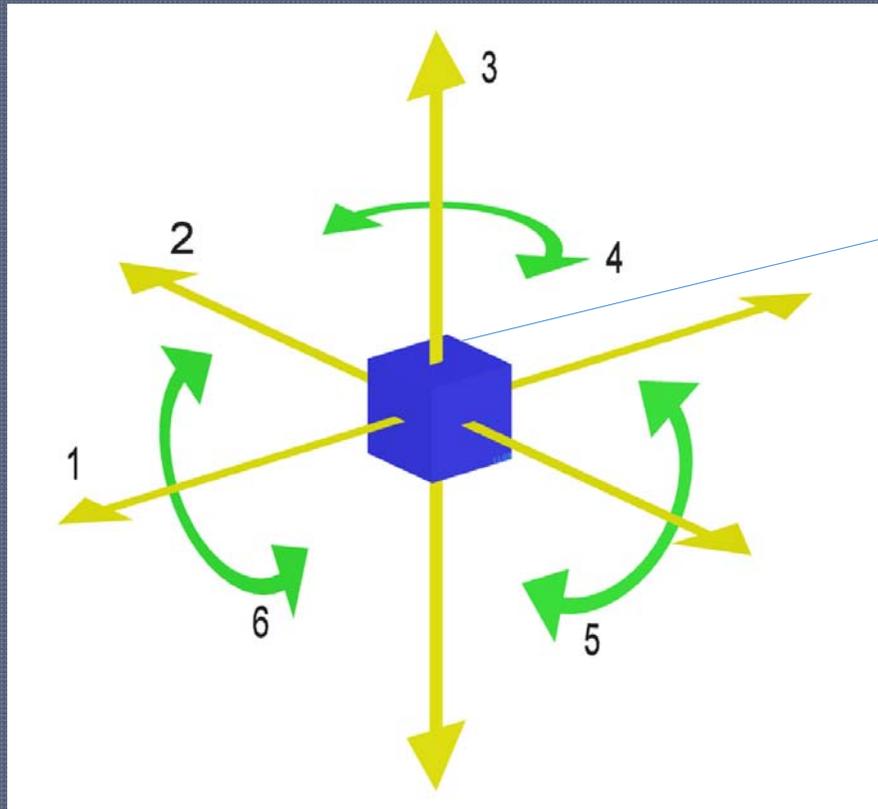


SECTION OF STATISTICS

Department of Genetics,
Microbiology and Statistics



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



Actualidad:



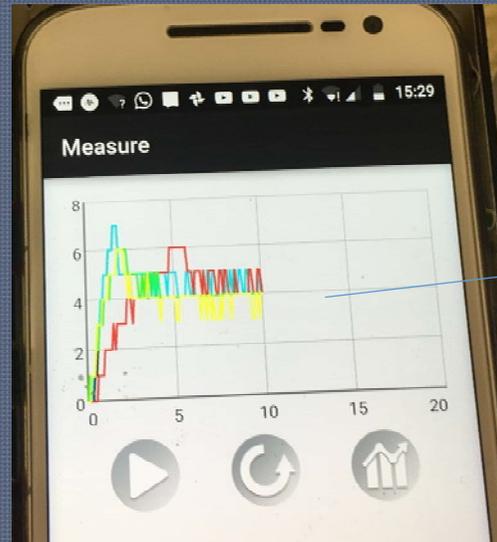
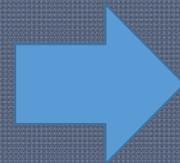
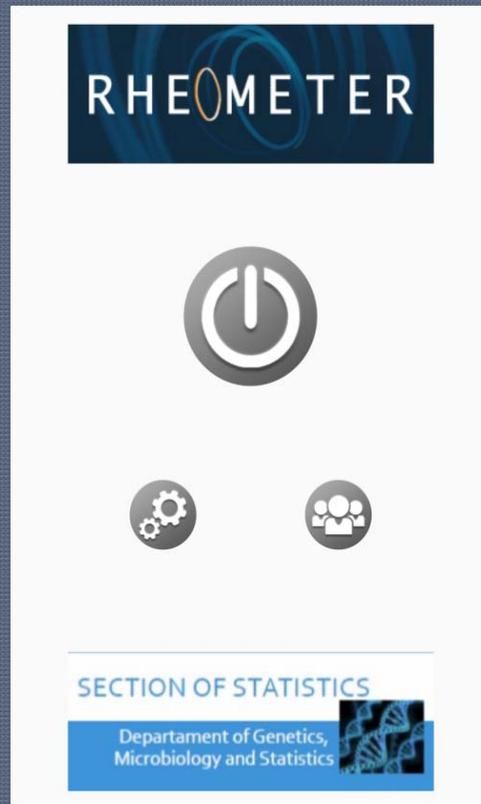
SECTION OF STATISTICS

Department of Genetics,
Microbiology and Statistics



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

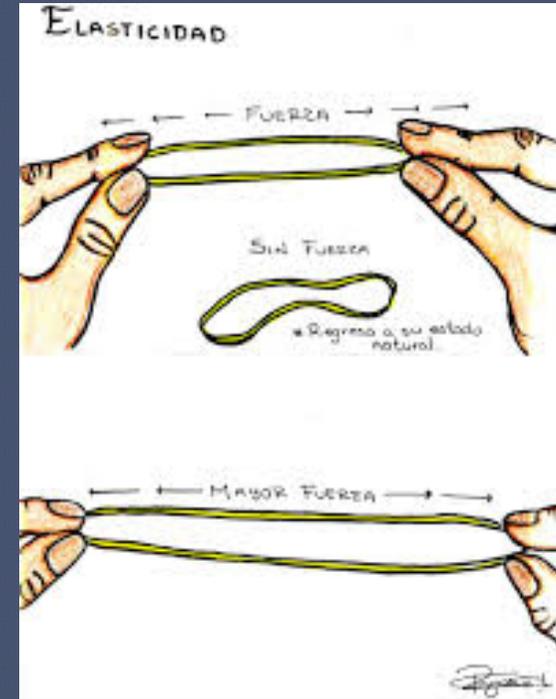
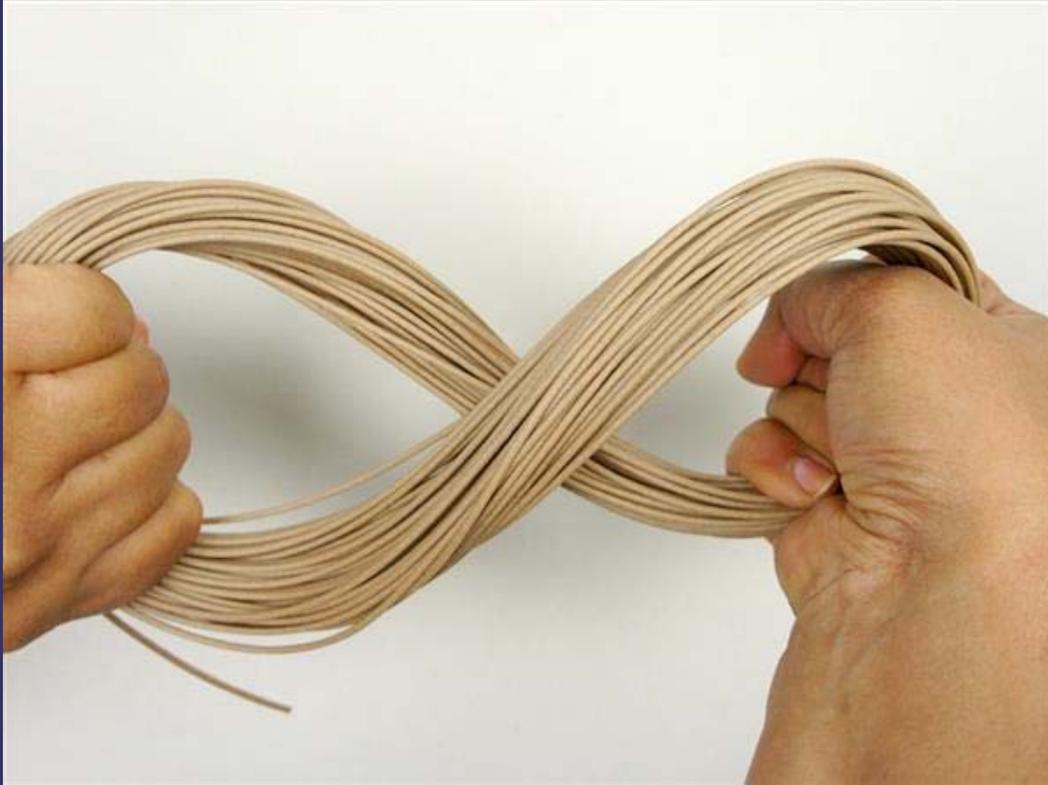
RHEOMETER APP



Measure



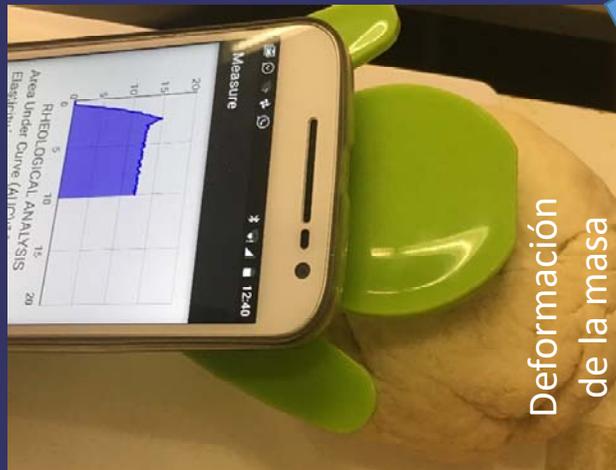
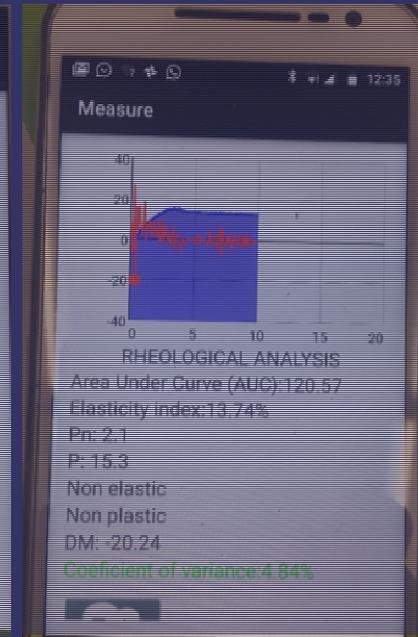
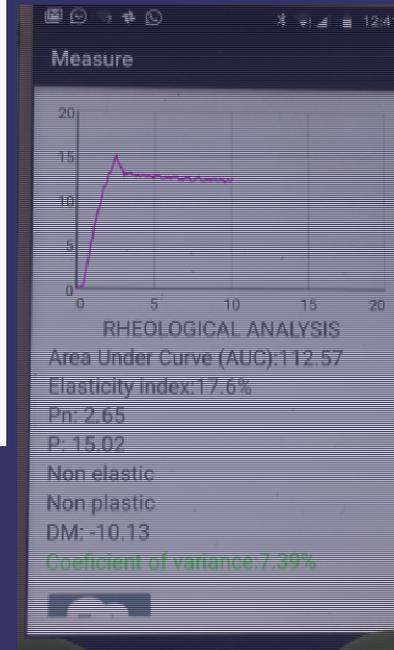
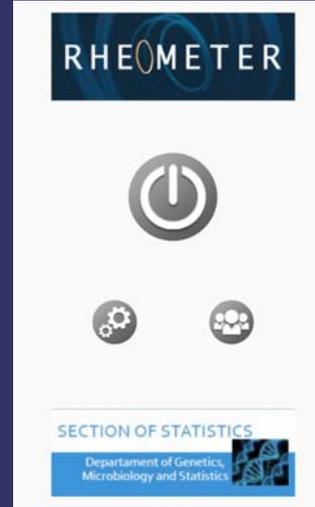
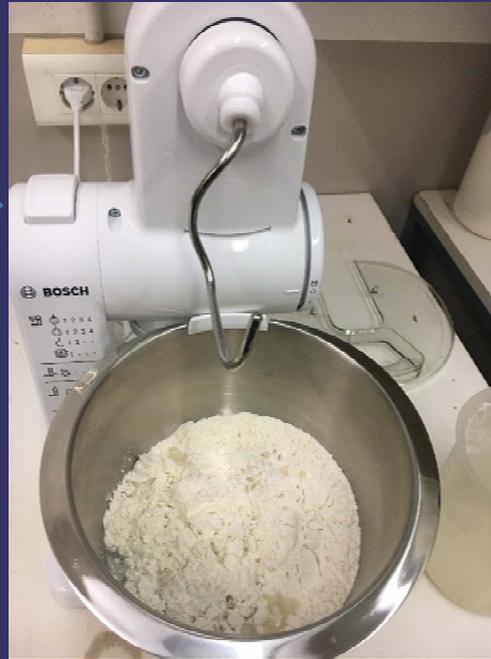
Medida rápida de elasticidad,
área de la curva de
deformación, cambios en la
elasticidad, deformación



Resultados
actuales



Harina o trigo

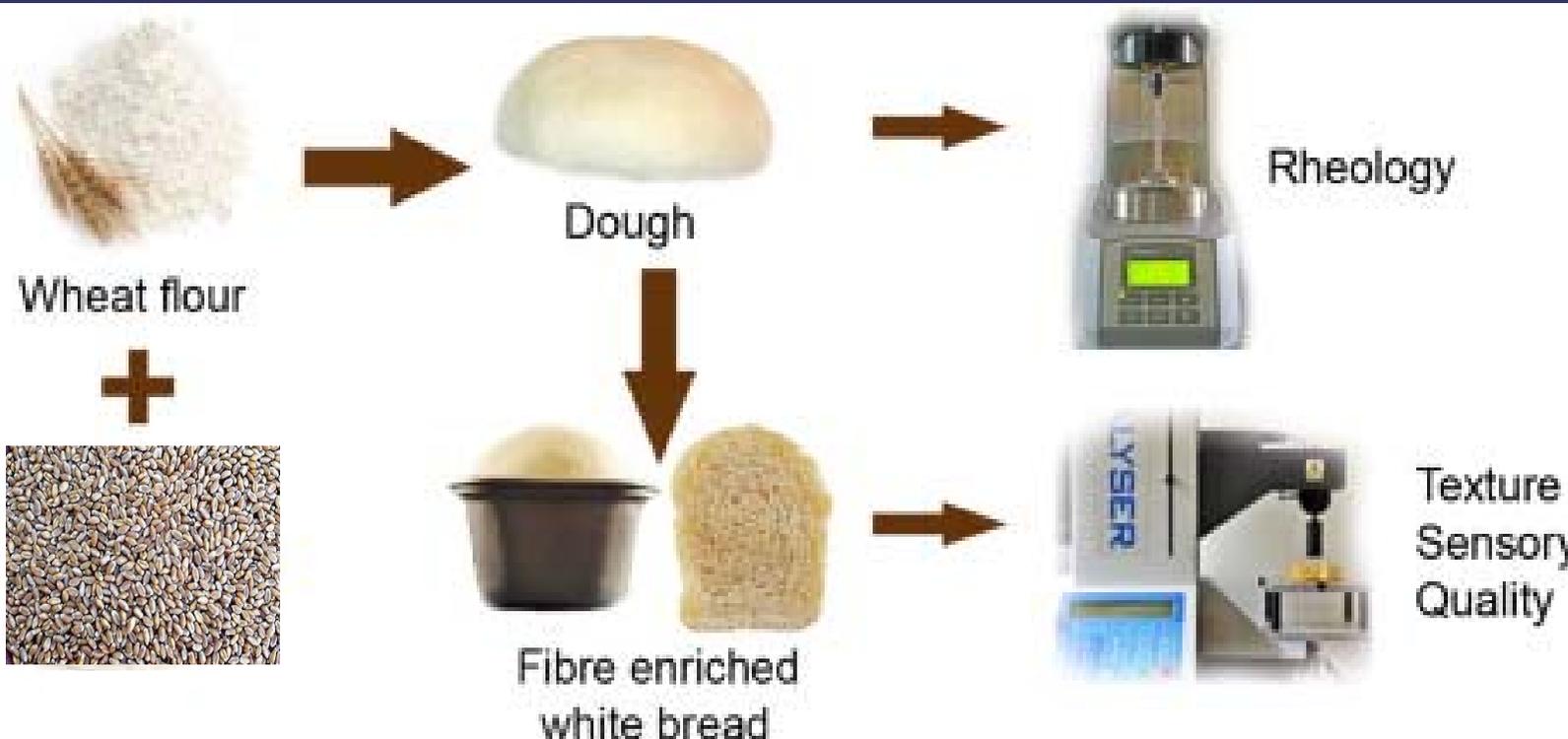
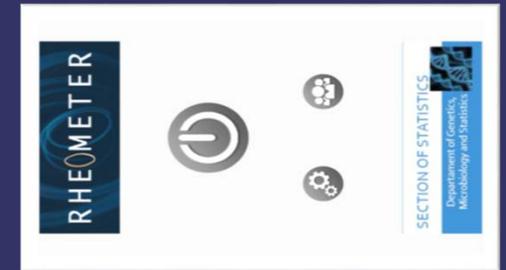


Deformación de la masa

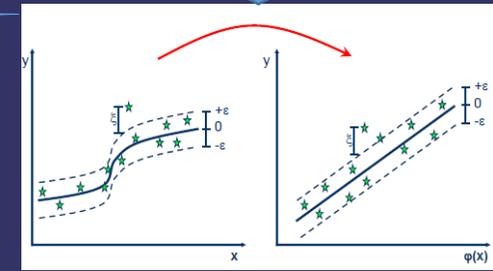
Duración del análisis 10-15 min minutos, incluyendo preparación de la muestra
 Análisis inmediato y aceptablemente fiable (indica la precisión)

Actualidad: pruebas

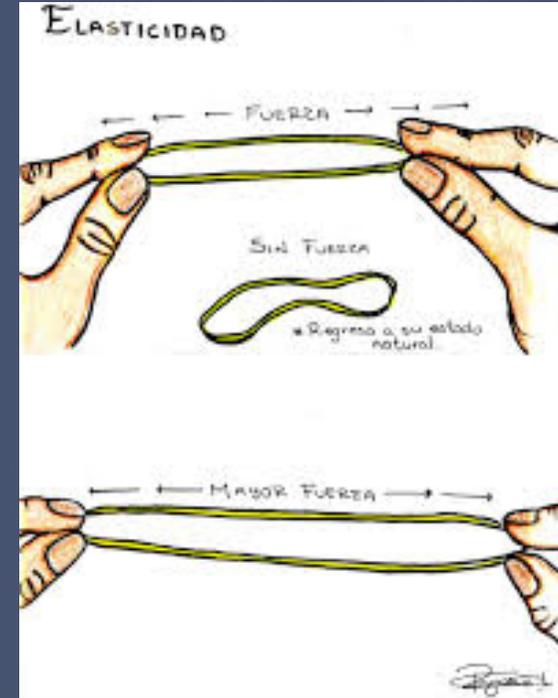
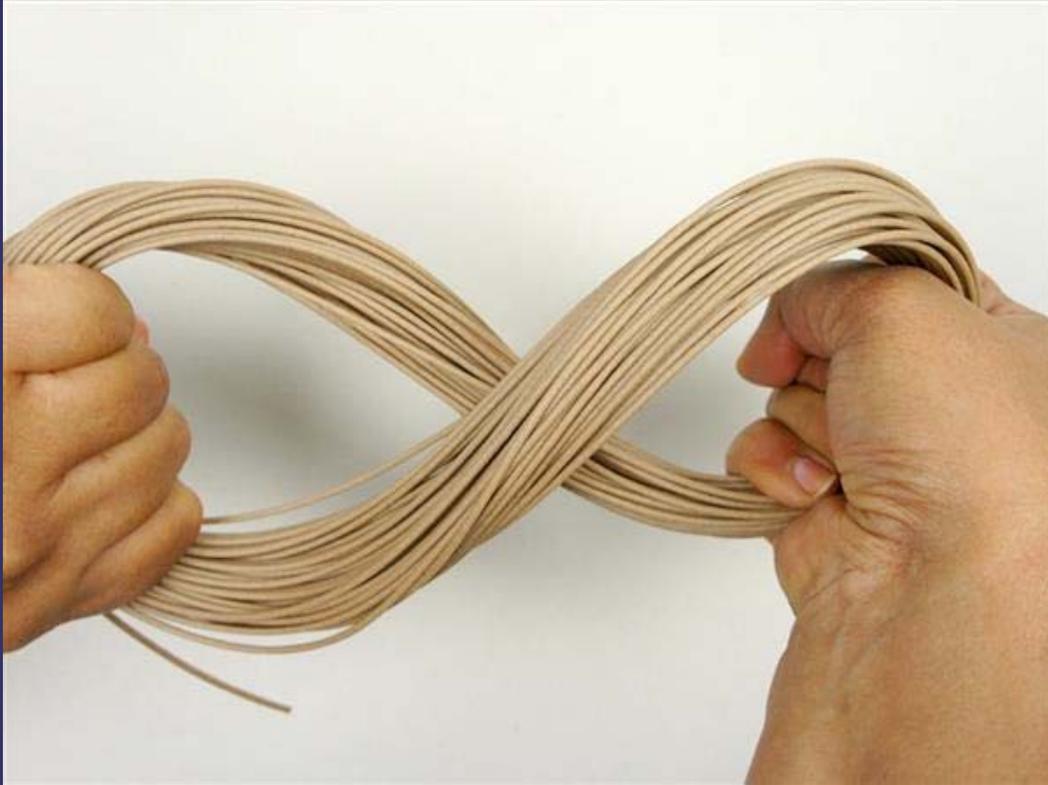
Uso de trigos y harinas de referencia
(Circuito Español de Cereales, Dra Sahuquillo) con
medidas alveográficas



Medidas propias
(elasticidad,
penetrabilidad, esfuerzo
de defomación, etc)



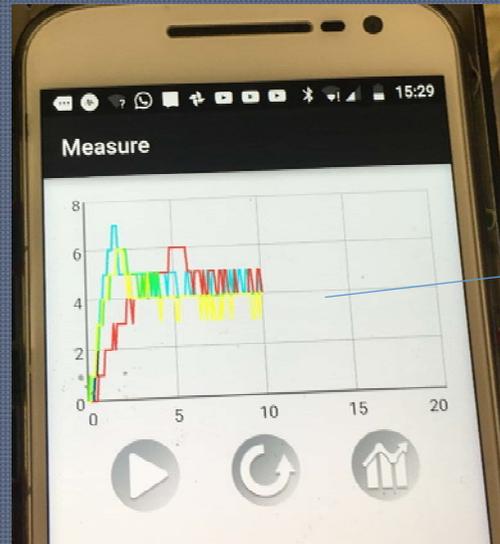
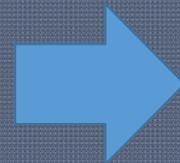
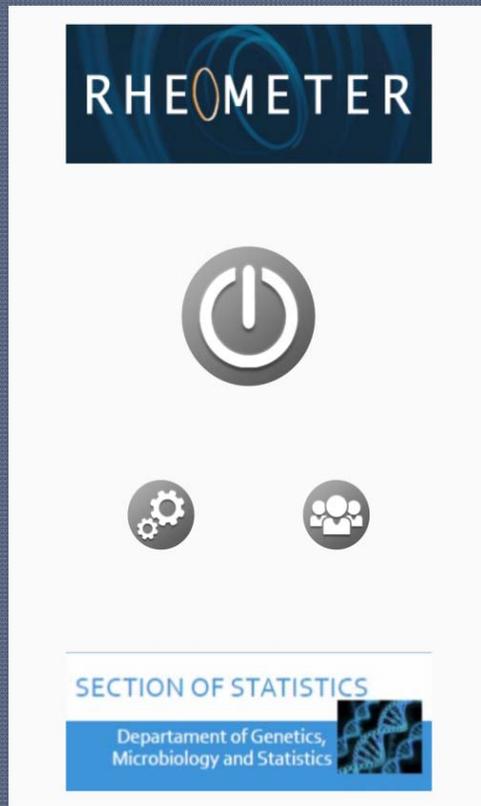
Predicción parámetros
reológicos estandar



Futuro del
proyecto

Actualidad:

RHEOMETER APP



Medida rápida de elasticidad, área de la curva de deformación, cambios en la elasticidad, deformación

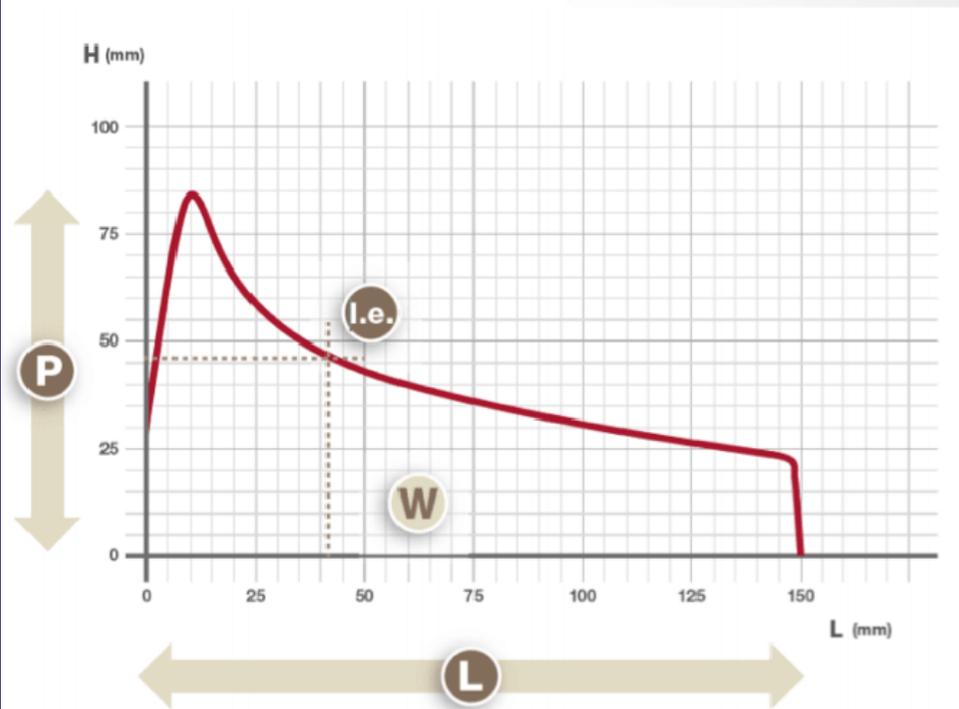
Futuro:

Electronic device + Mathematical Algorithm

Rheological standard measures: elasticity and others

Alveógrafo Chopin

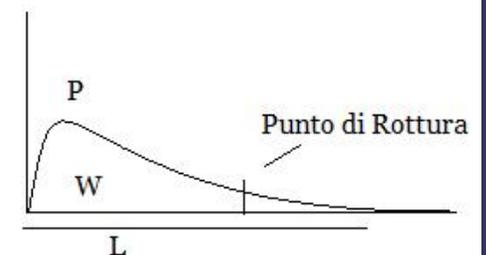
La curva del Alveografo



- **P** : tenacidad (capacidad a resistir a la deformación)
- **L** : extensibilidad (volumen máximo de aire que puede contener la burbuja)
- **P/L** : configuración de la curva
- **I.e.** : índice de elasticidad, $I.e. = P200 / P$ ($P200$: presión $L = 40$ mm)
- **W** : fuerza panadera o energía (área bajo la curva)



Esempio di Curva Alveografo



20 minutos + preparación muestra (24h)

Farinografo Brabender

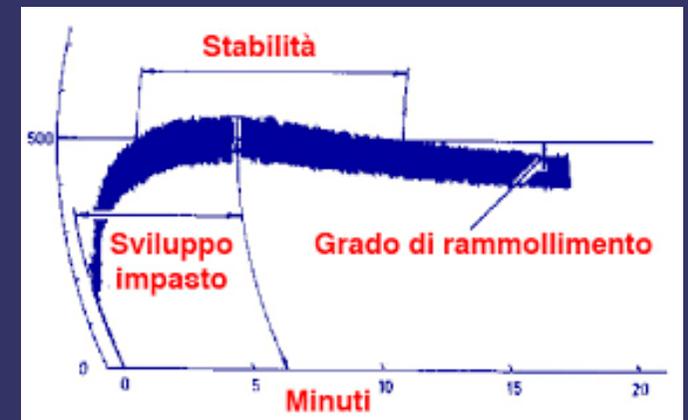
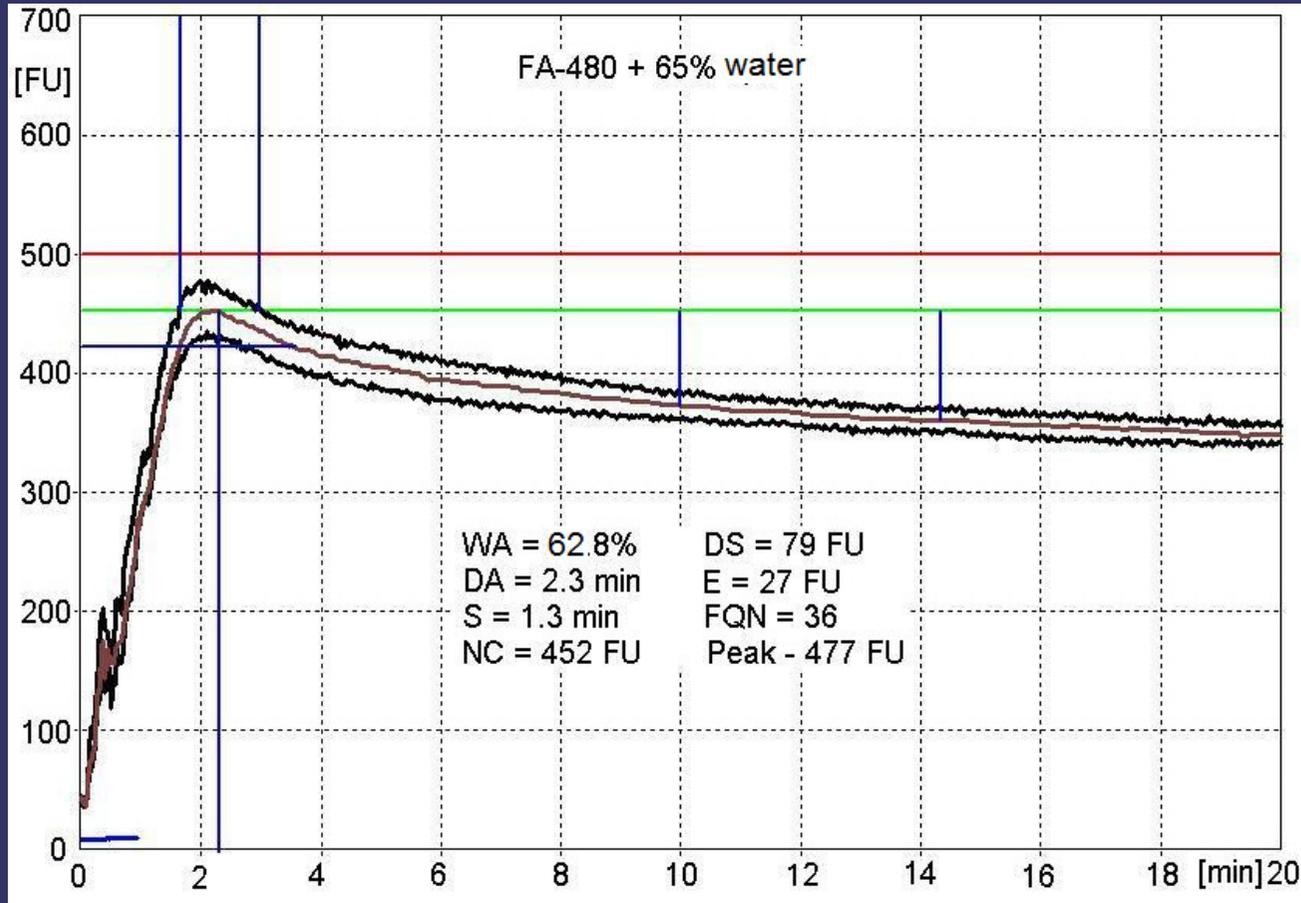


SECTION OF STATISTICS

Department of Genetics,
Microbiology and Statistics

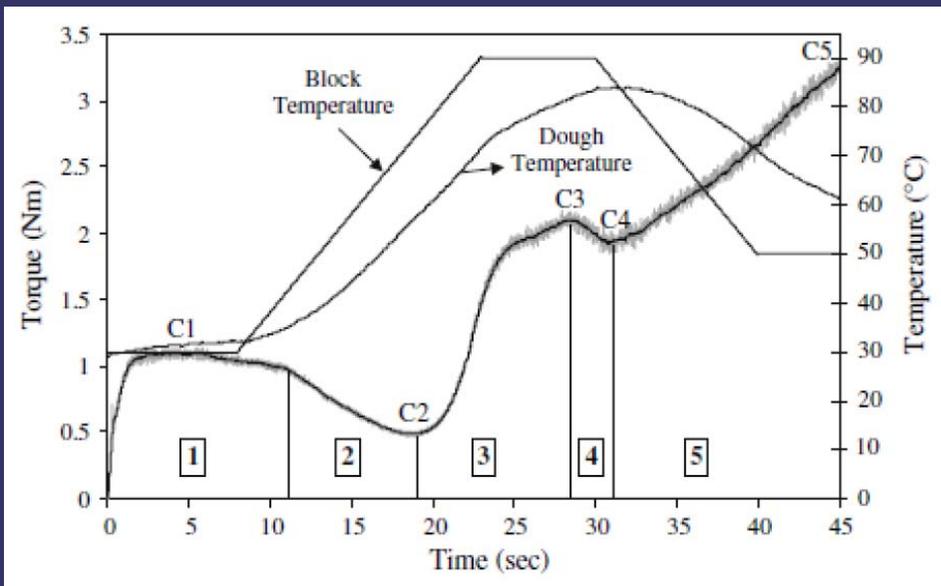
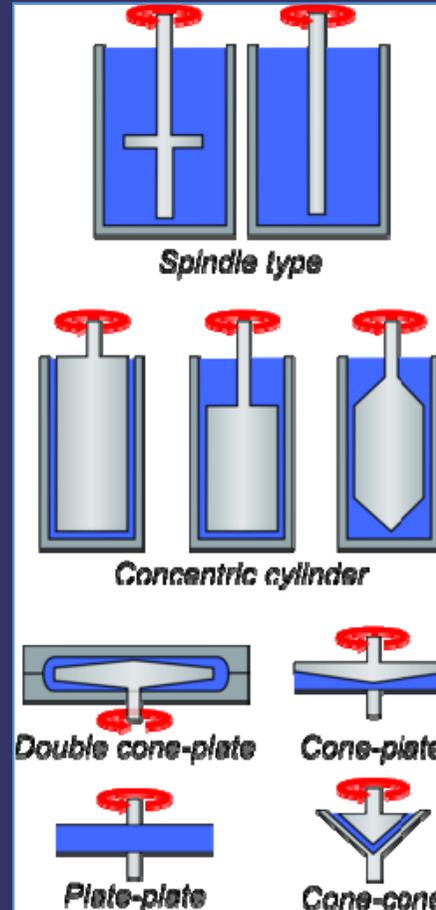
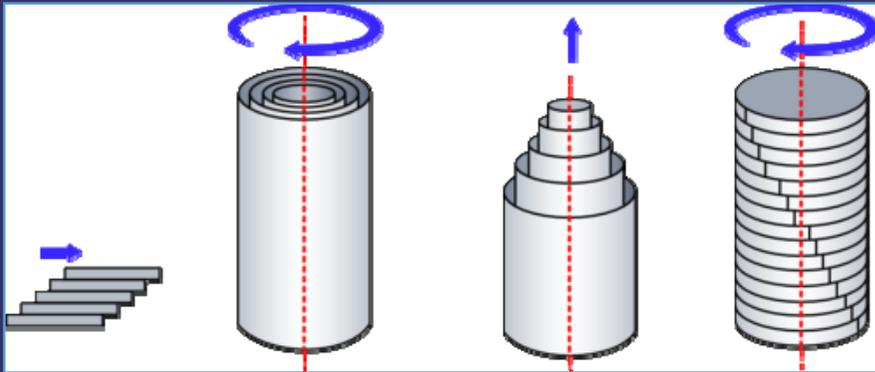


UNIVERSITAT DE
BARCELONA



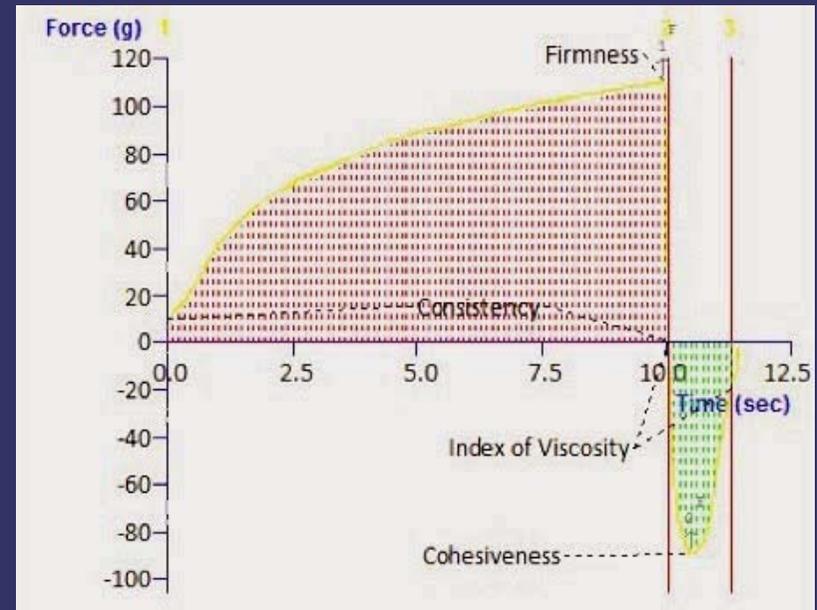
20 minutos + preparación muestra (24h)

Reómetro rotacional



Tiempo de preparación desconocido

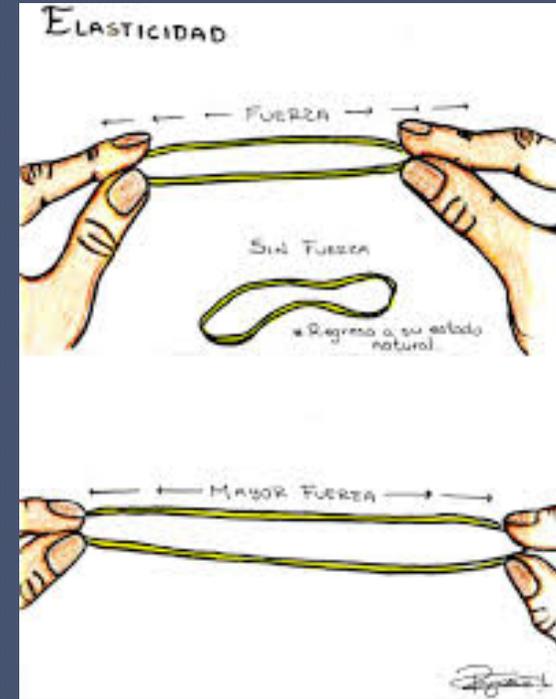
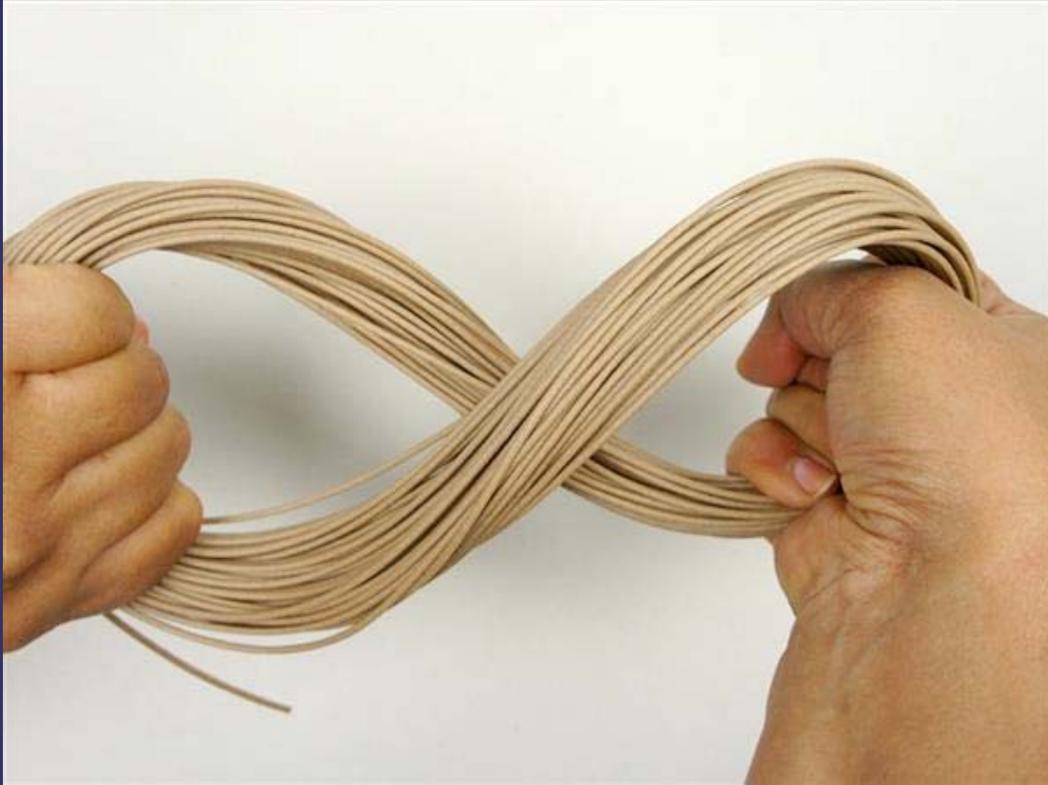
Texturómetro



Tiempo de preparación desconocido

Data Science

- Diseño de experimentos
- Uso de patrones (harinas y trigos de diferentes características)
- Uso de medidas referenciadas y correctas de valores reológicos de diferentes aparatos (reómetro de laboratorio, alveógrafo de Chopin, Texturómetro de laboratorio)
- Uso de Rheometer APP/dispositivo validado para su uso
- Muchas pruebas
- Uso de algoritmos novedosos del tipo Machine Learning
- Validación en laboratorio de control de calidad y en campo



Conclusiones

- La alternativa tecnológica que se plantea es un dispositivo electrónico (tipo Arduino o DEL) controlada por una APP para dispositivos móviles Android (APP Rheometer, ya desarrollado como prueba de concepto).
- El conjunto APP + DEL permite obtener medidas viscoelásticas (principalmente elasticidad, tenacidad, fuerza, etc) de materiales visco-elásticos comunes, utilizando procedimientos matemático-informáticos de manera rápida, fiable y poco costosa.
- Esta aplicación es un reómetro portátil, que no pretende sustituir los reómetros de laboratorio, pero sí que proporcione resultados aproximados sobre un amplio espectro de materiales, con fiabilidad adecuada como para ser empleado como método de screening (cribado) con un tiempo de respuesta de pocos minutos.

¿Qué necesitamos?

- Más trigos de referencia (con medidas reológicas ya realizadas: alveográficas, farinográficas, reómetro de torsión, texturómetro, etc)
- Molienda en diferentes tipos de molinos (laboratorio, fábrica, etc)
- Personas dispuestas a colaborar en ensayos de campo (cooperativas, harineras – recepción, etc) y a probar APP-Rheometer/DEL
- Posibles inversores
- Contactar con: amonleong@ub.edu



