

**materia**

Tecnoloxía do Procesado de Alimentos

unidade didáctica 8

# **Procesos biolóxicos de transformación dos alimentos. Fermentacións. Cultivos iniciadores. Uso de enzimas**

**Olga Díaz Rubio e Ángel Cobos García**

Departamento de Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía

Área de Tecnoloxía dos Alimentos

Facultade de Ciencias



VICERREITORÍA DE ESTUDANTES,  
CULTURA E FORMACIÓN CONTINUA





unidade didáctica 8

**Procesos biolóxicos de  
transformación dos alimentos.  
Fermentacións. Cultivos  
iniciadores. Uso de enzimas**

Olga Díaz Rubio e Ángel Cobos García  
Departamento de Química Analítica, Nutrición e Bromatoloxía  
Área de Tecnoloxía dos Alimentos  
Facultade de Ciencias



© Universidade de Santiago de Compostela, 2011

**Deseño**

Unidixital

**Edita**

Vicerreitoría de Estudantes, Cultura  
e Formación Continua da  
Universidade de Santiago de Compostela  
Servizo de Publicacións  
da Universidade de Santiago de Compostela

**Imprime**

Unidixital

Servizo de Edición Dixital da  
Universidade de Santiago de Compostela

**Dep. Legal:** C 2091-2011

**ISBN** 978-84-9887-733-5

ADVERTENCIA LEGAL: reservados todos os dereitos.  
Queda prohibida a duplicación, total ou parcial desta  
obra, en calquera forma ou por calquera medio (elec-  
trónico, mecánico, gravación, fotocopia ou outros) sen  
consentimento expreso por escrito dos editores.

**MATERIA: Tecnoloxía do Procesado de Alimentos**  
**TITULACIÓN: Grao en Nutrición Humana e Dietética**  
PROGRAMA XERAL DO CURSO  
Localización da presente unidade didáctica

**Unidade I. Introducción e conceptos xerais. Alteración dos alimentos frescos**

**Unidade II. Conservación por calor**

**Unidade III. Conservación polo frío. Procedementos de aplicación de frío. Desconxelación**

**Unidade IV. Radiacións electromagnéticas utilizadas na industria alimentaria**

**Unidade V. Conservación por modificación da atmosfera. Conservación por descenso da actividade de auga**

**Unidade VI. Conservación química dos alimentos. Outros métodos de conservación. Métodos combinados**

**Unidade VII. Transformación dos alimentos. Métodos**

**Unidade VIII. Procesos biolóxicos de transformación dos alimentos. Fermentacións. Cultivos iniciadores. Uso de enzimas**  
Tipos de fermentacións. Alimentos elaborados por fermentación.  
Cultivos iniciadores: definición e aplicacións. Uso de enzimas na industria alimentaria: tipos, orixe e produtos en que se empregan

**Unidade IX. Novas tecnoloxías. Envasado, almacenamento, transporte e distribución de alimentos**



## ÍNDICE

---

<b>Presentación</b> .....	7
<b>Os obxectivos</b> .....	8
<b>A metodoloxía</b> .....	8
<b>Os contidos básicos</b> .....	9
1. Fermentacións .....	9
1.1. Definición .....	9
1.2. A fermentación como método de conservación .....	9
1.3. Beneficios dos alimentos fermentados .....	10
2. Tipos de fermentacións. Alimentos elaborados por fermentación .....	10
2.1. Fermentación láctica .....	11
2.2. Fermentación alcohólica ou etanólica .....	13
2.3. Outras fermentacións .....	14
3. Cultivos iniciadores: definición e aplicacións .....	15
4. Uso de enzimas na industria alimentaria: tipos, orixe e produtos en que se empregan .....	15
4.1. Xeneralidades .....	15
4.2. Tipos de enzimas .....	16
4.3. Orixe dos enzimas de uso alimentario .....	17
4.4. Produtos en que se empregan .....	17
<b>Actividades propostas</b> .....	19
<b>Avaliación da unidade didáctica</b> .....	20
<b>Bibliografía</b> .....	21



## PRESENTACIÓN

---

A materia «Tecnoloxía do procesado de alimentos» empézase a impartir no curso 2011/2012 no primeiro semestre do 2º curso do Grao en Nutrición Humana e Dietética, onde comeza a docencia do módulo de Ciencia dos Alimentos. No primeiro curso o alumnado só estudou materias do módulo de Formación Básica. Esta unidade didáctica denomínase *Procesos biolóxicos de transformación dos alimentos. Fermentacións. Cultivos iniciadores. Uso de enzimas*.

En primeiro lugar trátase a fermentación. É un método de conservación/transformación dos alimentos de gran tradición que se emprega para elaborar produtos de características moi diferentes, como produtos cárnicos (chourizo, salchichón, etc.), lácteos (iogur, queixo, etc.) e de orixe vexetal (cervexa, viño, etc.). Nesta unidade descríbense os beneficios que reportan os alimentos fermentados, tamén trátanse os tipos de fermentacións e os alimentos elaborados baseados nelas. Aínda que, como se mencionou, é un método tradicional de elaborar alimentos, introduciuse nas industrias o emprego de cultivos iniciadores, os cales se tratan no seguinte apartado. Finalmente, desenvólvese o uso de enzimas na industria alimentaria, sinalando os tipos de enzimas que se utilizan e cales son os alimentos en que se empregan.

### **Xustificación da unidade temática no contexto da materia e da titulación**

As tecnoloxías aplicadas aos alimentos adoitan ser de dous tipos: de conservación e de transformación. A materia «Tecnoloxía do Procesado de Alimentos» desenvolve nas seis primeiras unidades didácticas as tecnoloxías de conservación, dedicándose ás de transformación as unidades sete e oito. A Unidade didáctica VIII céntrase na fermentación e uso de cultivos iniciadores e enzimas para a elaboración de alimentos. Aínda que se considere un método de transformación, as fermentacións constituían antigamente un método de conservación, polo que tamén contribúen a esta. Os alimentos en cuxa elaboración se desenvolven fermentacións e/ou implican o uso de enzimas son moi variados e o seu coñecemento é fundamental para moitas materias que se imparten en semestres posteriores deste grao e unha parte importante da formación necesaria que os futuros graduados deben posuír para o seu desenvolvemento profesional.

### **Duración e destinatarios**

Os contidos van dirixidos a estudantes do 2º curso do Grao en Nutrición Humana e Dietética e serán impartidos en dez horas totais (tres sesións expositivas maxistras, dúas sesións interactivas de prácticas de laboratorio e unha de seminario), máis a realización dun traballo en grupo non presencial.

## OS OBXECTIVOS

---

Os obxectivos desta unidade didáctica son os seguintes:

- Coñecer os procesos fermentativos na obtención de alimentos variados, seguros, nutritivos e de características organolépticas agradables.
- Elaborar un alimento fermentado no laboratorio e comparar as diferenzas con alimentos similares elaborados con substitutos dos microorganismos.
- Coñecer que son os cultivos iniciadores, por que e para que se utilizan.
- Valorar a importancia dos enzimas na elaboración de diversos alimentos.

## A METODOLOXÍA

---

Os contidos teóricos desenvolveranse en tres clases expositivas (maxistráis) de cincuenta minutos cada unha. Empregaranse os medios audiovisuais na aula para proxectar unha presentación que sirva de guía á exposición, e o encerado. Para o seguimento das clases, os estudantes dispoñerán de materiais didácticos (principalmente esquemas das presentacións e algún outro material adicional) que poderán obter a través da USC virtual.

Os contidos prácticos (interactivos) desenvolveranse de forma presencial no laboratorio e na aula (seminario), e non presencial (traballo en grupo).

- Prácticas de laboratorio: consistirán en dúas sesións no laboratorio de tres horas de duración cada unha, en grupos de vinte persoas. Para o seguimento desta actividade dispoñeráse de boletíns de prácticas que se poderán obter a través da USC virtual.
- Seminario: traballarase sobre a esquematización dos procesos de elaboración de alimentos e as estratexias de procura de información, de maneira que se oriente ao alumnado sobre a realización do traballo en grupo. Tamén se fornecerán previamente materiais-guía para o seguimento do seminario.
- Traballo en grupo: os estudantes, en grupos de dúas persoas, desenvolverán un traballo (presentación esquemática) relacionado cos contidos teóricos da unidade didáctica. Forneceranse uns materiais básicos de partida para a realización do traballo que se recollen na bibliografía da unidade e/ou estarán dispoñibles na USC virtual.

A orientación de todas as actividades e tarefas realizadas polos estudantes será realizada polo profesorado encargado da materia nas sesións de titoría en grupo.

## **OS CONTIDOS BÁSICOS**

---

### **1. Fermentacións**

#### **1.1. Definición**

En xeral, as fermentacións pódense definir como as transformacións que sofren determinadas materias primas baixo a acción de enzimas segregados por microorganismos. Estas transformacións adoitan ser cambios producidos sobre os carbohidratos, moitas veces en condicións de anaerobiose.

De forma máis concreta, as fermentacións alimentarias adoitan ser procesos polos cales os microorganismos modifican as propiedades sensoriais e funcionais dun alimento para producir un produto final agradable, cunha vida útil prolongada e seguro desde o punto de vista sanitario.

Mediante a manipulación das condicións ambientais é posible seleccionar microorganismos específicos máis adecuados, que impartan un sabor, olor, textura ou aparencia determinados ao alimento: esta é en realidade a base da fermentación.

A fermentación, xunto coa salgadura, o afumado e a deshidratación, é un dos métodos máis antigos para prolongar o tempo de conservación dos alimentos que utilizaron numerosas culturas en todo o mundo. Durante miles de anos, materias primas de orixe animal e vexetal fermentáronse empregándose técnicas desenvolvidas empiricamente grazas á experiencia de moitas xeracións.

#### **1. 2. A fermentación como método de conservación**

Co desenvolvemento de novas técnicas de conservación, a importancia dos procesos de fermentación para conservar os alimentos diminuíu. Con todo, aínda pode ser un método efectivo para incrementar a vida útil dos alimentos e, en moitos casos, pode desenvolverse cun equipamento básico relativamente barato. Ten ademais o atractivo para os consumidores de que non necesita utilizar aditivos químicos.

A composición química de moitos alimentos é relativamente estable, polo que xeralmente a conservación baséase en eliminar os microorganismos ou controlar o seu crecemento. Os microorganismos desexables poden incrementar a súa competitividade mediante o cambio das condicións ambientais, de forma que estas fanse inhibitorias ou letais para outros microorganismos, mentres que estimulan o seu propio crecemento; esta selección é a base da conservación mediante fermentación.

A fermentación incrementa a seguridade dos alimentos ao diminuír o risco de que os microorganismos patóxenos alcancen o nivel infectivo ou toxixénico, e incrementa a vida útil mediante a inhibición do crecemento dos

microorganismos alterantes, que causarían cambios sensoriais no alimento facéndoo inaceptable para o consumidor.

Os factores producidos polo metabolismo dos microorganismos que contribúen á conservación dos alimentos fermentados son:

- Descenso do pH.
- Produción de ácidos orgánicos: ácido láctico, acético e fórmico.
- Descenso do potencial redox.
- Redución de nutrientes dispoñibles.
- Acumulación de compostos inhibidores: toxinas, bacteriocinas, antibióticos, natamicina, peróxido de hidróxeno.
- Produción de etanol, diacetilo, dióxido de carbono, etc.

### **1.3. Beneficios dos alimentos fermentados**

Os beneficios dos alimentos fermentados son os seguintes:

- Incrementan a seguridade e a vida útil e diminúen a toxicidade.
- Son beneficiosos para a saúde, aumentan o valor nutritivo e a dixestibilidade dos alimentos, reducindo os niveis de factores antinutritivos.
- Melloran as propiedades sensoriais.
- Facilitan o almacenamento e o transporte.
- Incrementan o valor engadido dos alimentos e reducen custos de produción e as necesidades de equipamento.
- Diminúen o tempo de cociñado.

## **2. Tipos de fermentacións. Alimentos elaborados por fermentación**

As fermentacións alimentarias clasifícanse en función dos produtos finais máis abundantes aos que dan lugar. Os compostos adoitan ser ácidos orgánicos (láctico, acético, propiónico, etc.), etanol, dióxido de carbono, etc.

Tamén en función dos compostos finais que xeran, os microorganismos responsables das fermentacións clasifícanse en dous tipos:

- Homofermentativos: producen un composto final maioritario e unha proporción moi baixa doutros.
- Heterofermentativos: dan lugar a unha mestura de compostos finais da fermentación.

Os principais tipos de fermentacións alimentarias, os microorganismos implicados e os alimentos que se obteñen a partir delas detállanse a continuación.

## 2.1. Fermentación láctica

As fermentacións lácticas divídense en dous tipos: homolácticas, nas que o produto maioritario é o ácido láctico (90% do total), e heterolácticas, nas que o ácido láctico pode ser entre o 50 e 60% dos produtos finais, sendo a proporción restante unha mestura doutros compostos como etanol, acetaldehído, CO<sub>2</sub>, etc.

Hai moitos alimentos nos que a fermentación láctica é fundamental; son produtos derivados de materias primas de orixe animal (leite, carne), aínda que tamén hai alimentos de orixe vexetal.

### 2.1.1. Os embutidos crus curados

A fermentación nos embutidos crus curados (chourizo, salchichón, salami) é un paso fundamental na súa elaboración, aínda que tamén se produce unha etapa posterior de maduración na cal o produto se estabiliza microbioloxicamente e desenvolve o seu aroma e sabor típicos. As condicións ambientais que se aplican durante a fermentación industrial dos embutidos buscan conseguir que os microorganismos desexables se multipliquen rapidamente.

Os microorganismos involucrados na fermentación son bacterias lácticas, destacando os xéneros *Lactobacillus* e *Pediococcus*. Con todo, tamén outros microorganismos son fundamentais no desenvolvemento das características destes alimentos, como é a cor e o aroma. Entre eles están bacterias micrococáceas dos xéneros *Staphylococcus*, *Micrococcus* e *Kocuria*, e nalgúns casos, mofo e lévedos.

As materias primas dos embutidos crus curados, carne e graxa, pícanse e logo mestúranse con sal, axentes de curado (nitratos e nitritos, ácido ascórbico, carbohidratos), especias e outros aditivos. Despois embútense en tripas naturais ou artificiais permeables ao vapor de auga (de coláxeno ou celulosa). Tras esta fase prodúcese a fermentación, durante a cal se producen modificacións importantes:

- a) Cambios na microbiota: primeiro predominan os microorganismos psicrótrofos aerobios (*Pseudomonas*, enterobacterias, etc.) e pouco despois, grazas ás condicións creadas na masa do embutido (presenza de sal, nitrificantes) prodúcese un crecemento moi rápido de bacterias lácticas e micrococáceas, microorganismos beneficiosos para o desenvolvemento das características destes produtos cárnicos.
- b) As bacterias lácticas fermentan os carbohidratos, producindo grandes cantidades de ácido láctico que reduce o pH ata valores próximos a 5. O descenso do pH axuda a inhibir a outras bacterias e modifica a estrutura das proteínas cárnicas, xunto coa presenza de cloruro sódico e a temperatura ambiental, iniciando os cambios necesarios para desenvolver a textura e estrutura típica do produto.
- c) As micrococáceas son capaces de transformar (por redución) os nitratos en nitritos e estes en óxido nítrico. Este composto é

responsable do desenvolvemento da cor típica dos embutidos crus curados ao unirse coa mioglobina da carne.

Na fase de maduración prodúcese diversos cambios:

- Forte deshidratación e desenvolvemento da textura.
- Ralentización do crecemento microbiano.
- Modificacións nos lípidos: lipólise e autooxidación lipídica.
- Cambios nas proteínas: xelificación e proteólise.

As degradacións de lípidos e proteínas xeran os compostos responsables do sabor e o aroma dos embutidos crus curados.

### 2.1.2. Produtos lácteos

A fermentación homoláctica é fundamental para a elaboración de produtos lácteos, fundamentalmente os leites fermentados, dentro das cales o iogur é o produto máis coñecido. Na maioría dos queixos tamén ten importancia a fermentación homoláctica. O iogur é un leite fermentado producido pola acción de dous microorganismos que colaboran simbioticamente: *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* e *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*.

O proceso de elaboración do iogur é bastante simple; o leite, normalmente fortificada con leite en po ou con proteínas lácteas, pasterízase e arrefríase á temperatura de inoculación do cultivo iniciador, 40 °C. Tras a adición do cultivo, nos iogures naturais a incubación (ao redor de 4 horas, o pH baixa ata valores inferiores a 4,6) ten lugar despois do envasado. Nos iogures con froitas, a incubación realízase en grandes tanques; posteriormente arrefríase, engádense as froitas (tras a incubación porque poden interferir na fermentación) e envásase.

### 2.1.3. Produtos de orixe vexetal

Os alimentos de orixe vexetal nos que se produce unha fermentación láctica son, entre outros, o café, o cacao e os vexetais encurtidos (cogombros novos, olivas, col aceda, etc.).

Os cogombros novos fermentados elabóranse sometendo á materia prima a unha fermentación heteroláctica. A fabricación iníciase coa recepción dos cogombros na industria, onde se seleccionan e calibran, clasificándoos en grupos homoxéneos segundo o seu tamaño, e lávanse. Tras todo iso introdúcese en salmoira ao 8-10% e iníciase a fermentación; os microorganismos empregados adoitan ser *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus cerevisiae*. Durante esta etapa os cogombros novos incrementan o seu contido en sal e perden auga, descendendo a actividade de auga. Ademais acumúlase ácido láctico, o que produce a diminución do pH ata valores en torno a 3,5.

Unha vez terminada a etapa de fermentación, os cogombros novos desálganse, envásanse empregando como líquido de cobertura auga con sal e ácido acético, e pasterízanse (80-90 °C uns minutos). Dado o seu alto contido en sal e o seu baixo pH o produto final non precisa dun tratamento

térmico máis intenso para conservarse longo tempo a temperatura ambiente. Despois arrefréase o produto, sécanse e almacenan.

## 2.2. Fermentación alcohólica ou etanólica

A fermentación alcohólica prodúcese pola acción de lévedos (principalmente do xénero *Saccharomyces*) orixinando como produtos fundamentais o etanol e o CO<sub>2</sub>. Exemplos de alimentos obtidos mediante esta fermentación son as bebidas alcohólicas, aínda que tamén é moi importante para a obtención dos produtos de panadería, sendo aquí o CO<sub>2</sub> o produto que vai dar o aspecto esponxoso da masa, eliminándose o etanol no fornado.

Dentro dos produtos con alcohol, a cervexa e o viño son os dous principais. No segundo, os lévedos están normalmente adheridos á tona da uva grazas á pruína (capa cerosa ao redor da tona), polo que non é necesario engadir os lévedos para a fermentación do viño. Non obstante, na actualidade, é práctica habitual traballar con cultivos iniciadores para a elaboración do viño. A elaboración da cervexa si precisa a adición de lévedos para a fermentación alcohólica.

### 2.2.1. Cervexa

A cervexa pódese definir como a bebida resultante de fermentar, mediante lévedo seleccionado, o mosto procedente de malte de cebada, só ou mesturado con outros produtos amiláceos transformables en azucres por dixestión enzimática, cocción e aromatizado con flores de lúpulo, os seus extractos e concentrados. Para a súa elaboración, previamente están as operacións de malteado que se realizan para a obtención da malte (grans de cebada sometidos á xerminación e ulterior desecación e tostado en condicións tecnoloxicamente adecuadas).

Para a elaboración da cervexa, primeiro hai que moer a malte de cebada (tamén se poden engadir malte doutros cereais, grans de millo, arroz, trigo ou cebada e amidón de trigo e millo) e macerala en auga a 65 °C durante 30-60 minutos ata que o amidón se transforme por acción das amilases en azucres fermentables (maltosa) e non fermentables (dextrinas). Tras a filtración, obtense o mosto de malte, ao que se lle engade lúpulo para dar o sabor amargo típico da cervexa, aínda que tamén achega sustancias espumantes e antisépticas. Logo dunha ebulición, filtración e arrefriamento, seméntase o lévedo que fermentará o azucre do mosto nuns 7 días, obténdose etanol, CO<sub>2</sub> e outros compoñentes. A maioría dos lévedos separaranse por centrifugación, deixando a cervexa madurar uns 20-25 días para que continúen actuando os lévedos que aínda queden vivos. Tras unha clarificación por centrifugación, posible estandarización de CO<sub>2</sub> e pasterización, a cervexa está lista para o seu consumo.

## 2.2.2. Viño

Na elaboración do viño, o mosto xa presenta os azucres fermentables (glicosa e frutosa), polo que tras separación do mosto do resto da uva por esmagado, escoado e/ou prensado (viño branco) ou en presenza das tonas xunto ao mosto (viño tinto) ten lugar a fermentación. Neste último caso, o escoado e/ou prensado ten lugar tras a fermentación alcohólica. Na elaboración do viño necesitan realizarse operacións de acabado (clarificación, estabilización frigorífica, filtración e centrifugación). Posteriormente envásanse ou destínanse á crianza en madeira. Nos viños tintos é habitual realizar a fermentación maloláctica (ver apartado 2.3).

Hai outras fermentacións alcohólicas noutros viños, chamados viños especiais como son os viños xenerosos e os viños espumosos. Nalgúns viños xenerosos, tras a elaboración do viño branco, en condicións de elevada humidade, temperatura fresca, escasa iluminación e moita aireación, certos lévedos producen o enzima alcohol deshidroxenase o cal oxida o alcohol etílico a acetaldehído.

Nos viños espumosos, como o cava, ocorre unha segunda fermentación alcohólica na botella onde se introduce o viño, sacarosa, lévedos e unha pequena dose de clarificante. O CO<sub>2</sub> producido combínase intimamente co viño, xerando alta presión na botella e é o que vai dar a espuma fina e persistente destes viños.

## 2.3. Outras fermentacións

- *Fermentación acética*: Emprégase para a elaboración do vinagre a partir do viño, e prodúcese pola acción do microorganismo *Acetobacter acetí*, que causa a oxidación do etanol a ácido acético.
- *Fermentación maloláctica*: adóitase realizar en viños tintos (menos habitual en viños brancos, só nalgúns casos como en viños de uva Albariño elaborados en Galicia) para diminuír a acidez do viño. Polo enzima malolactato producido por bacterias lácticas (como *Oenococcus oeni*) e lévedos vínicos transfórmase o ácido málico (ácido dicarboxílico) en ácido láctico (ácido monocarboxílico) e CO<sub>2</sub>. Tamén, como en todas as fermentacións, ocorren outros cambios froito do metabolismo bacteriano, como perdas de cor (diminución da cor vermella vivo do viño tinto), formación de aminas bióxenas e cambios de aroma e sabor.
- *Fermentación propiónica*: sucede na elaboración de certos queixos (Emmenthal e Gruyere) pola acción do microorganismo *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*, que transforma o ácido láctico en propiónico, CO<sub>2</sub> (dando os ollos típicos), acético e auga.

### 3. Cultivos iniciadores: definición e aplicacións

As fermentacións pódense realizar de dúas formas:

- a) De forma tradicional, pola implantación de microorganismos que se atopan no ambiente ou na mesma materia prima. É o método máis antigo e, aínda que pode orixinar produtos de moi boa calidade, está suxeito ao risco de que se implanten microorganismos indesexables que desvíen a fermentación e dean lugar a defectos no produto ou ata a que accedan ao alimento microorganismos patóxenos.
- b) Mediante a inoculación de cultivos iniciadores seleccionados: é o procedemento máis moderno e que está amplamente estendido na industria alimentaria.

Os cultivos iniciadores son cultivos de microorganismos que se engaden aos alimentos en cantidades definidas para mellorar as súas propiedades sensoriais (aspecto, aroma e sabor) e a súa conservación. Os cultivos iniciadores selecciónanse de acordo coas súas capacidades enzimáticas específicas a partir de microorganismos procedentes de alimentos fermentados de forma tradicional. Antes de ser considerados aptos para formar parte dun iniciador determínase a súa capacidade para proporcionar aos alimentos elaborados con eles as características organolépticas adecuadas e a ausencia de carácter patóxeno ou toxixénico. Poden ser cultivos individuais (cun só tipo microorganismo) ou mixtos (dous ou máis tipos de microorganismos), e poden estar constituídos por bacterias, lévedos e/ou mofos.

### 4. Uso de enzimas na industria alimentaria: tipos, orixe e produtos en que se empregan

#### 4.1. Xeneralidades

Os enzimas son biocatalizadores moi específicos que desenvolven a súa acción en condicións pouco extremas. Desde o punto de vista químico son proteínas globulares.

Na actualidade, os enzimas son esenciais na elaboración de alimentos para:

- Proporcionar substratos para as fermentacións
- Desenvolver sabores e aromas
- Crear a estrutura típica do alimento
- Conseguir novos alimentos e ingredientes.

A actividade dos enzimas e a súa estabilidade vese afectada de forma xeral por diversos factores, como son o pH do medio, a temperatura e as concentracións de enzima e substrato. Os enzimas teñen unha vida útil limitada debido á súa propia inestabilidade física e a acción de compostos antagonistas ou inhibidores que se atopan no medio. En concreto, os factores que afectan á estabilidade dos enzimas nos alimentos son basicamente:

- a) A concentración de enzima: canto maior concentración máis estabilidade.
- b) A presenza de:
- Proteínas non enzimáticas: incrementan a estabilidade.
  - Outros enzimas: diminúena, particularmente no caso de que estean presentes proteases
  - Impurezas: tamén reducen a estabilidade os metais pesados e os quelantes de metais
  - Presenza de interfases: son outra causa do descenso da estabilidade

En canto á composición e actividade das preparacións de enzimas comerciais hai que ter en conta que moitas preparacións conteñen outros enzimas procedentes da fonte produtora e que as interrelacións enzima-substrato nos alimentos son moi complexas. Nos preparados de enzimas comerciais sempre se indica a súa actividade nas denominadas *Unidades enzimáticas*, que son a cantidade de enzima necesaria para transformar unha cantidade dada de substrato por unidade de tempo baixo condicións definidas. Con todo, pola complexidade dos alimentos, a miúdo defínense as unidades en termos da función tecnolóxica do enzima (exemplo: unidades dos coagulantes do leite para a fabricación de queixo).

## 4.2. Tipos de enzimas

Os principais tipos de enzimas empregados na industria alimentaria son as seguintes:

- Hidrolases: catalizan a hidrólise de varios enlaces químicos, producíndose nesta reacción a adición ou a eliminación de auga. Exemplos de hidrolases e os seus substratos son as amilases (amidón), as pectinases (pectinas), proteases (proteínas) e lipases (triglicéridos), etc. É o tipo de enzima con máis aplicacións na elaboración de alimentos.
- Oxidorreductases: catalizan as reaccións de oxidación/redución, que adoitan implicar a transferencia de electróns. Algúns exemplos son as lipooxixenases (oxidación de ácidos graxos insaturados), peroxidase (oxidacións de compostos diversos), glicosa oxidase (oxidación da glicosa), catalase (transformación de peróxidos en auga e osíxeno).
- Isomerases: catalizan a isomerización das moléculas de substrato, o que implica cambios de xeometría ou estruturais. Un exemplo é a glicosa isomerase, que transforma a glicosa en frutosa.

### 4.3. Orixe dos enzimas de uso alimentario

Os enzimas atópanse de forma natural nas células vivas, xa que son esenciais no metabolismo das que constitúen os tecidos dos vexetais e os animais, así como das células microbianas. Polo tanto estes tecidos e microorganismos son a fonte de obtención dos enzimas que se destinan á elaboración de alimentos. Para obter os enzimas comerciais é necesario, tras o seu illamento da materia prima orixinal, sometelos a procesos de concentración e conservación que aseguren unha elevada actividade catalizadora. A figura 1 recolle o diagrama de produción dos enzimas comerciais de diferentes orixes.

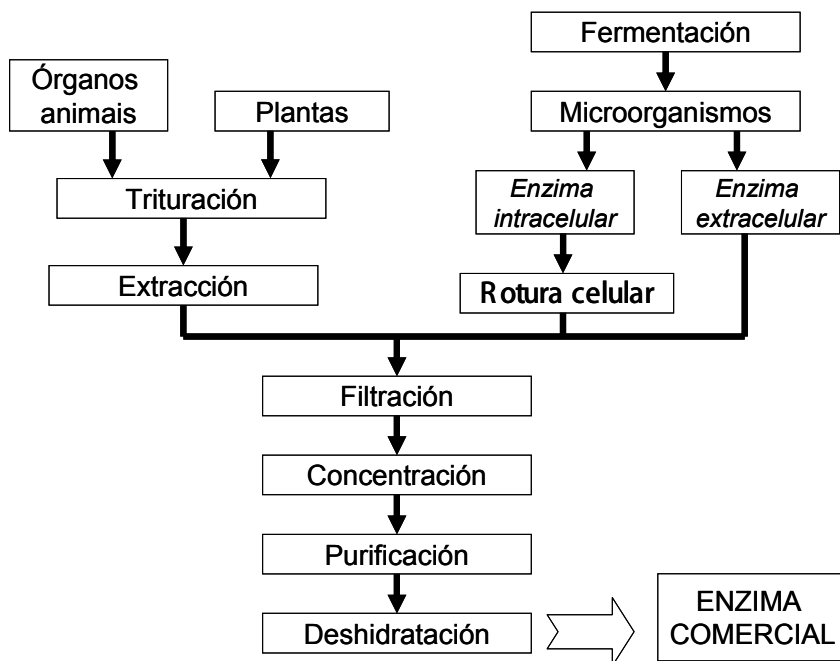


Figura 1. Produción de enzimas comerciais: etapas da súa obtención

### 4.4. Produtos en que se empregan

Os enzimas empréganse na fabricación de numerosos alimentos de orixe vexetal e animal. Algunhas das aplicacións son as seguintes:

#### 1. Alimentos de orixe vexetal:

##### a) Cervexa:

- Hidrólise de amidón dos cereais (alfa-amilase).
- Eliminación da turbidez (papaína).

##### b) Pan:

- Hidrólise de amidón dos cereais (alfa-amilase).
- Mellora das masas panarias (lipooxixenase, proteases).

- c) Zumes: clarificación (pectinase e pectinesterase).
  - d) Aceite de oliva e sementes: facilitar a extracción (celulasas, pectinasas).
2. Alimentos de orixe animal:
- a) Carne e produtos cárnicos:
    - Abrandamento da carne (proteases).
    - Fabricación de carnes reestruturadas (transglutaminase).
  - b) Peixe e produtos pesqueiros:
    - Produción de salsas (proteases).
    - Eliminación da pel e abrandamento da carne (proteases).
  - c) Produtos lácteos:
    - Obtención de leite e produtos lácteos baixos en lactosa (beta-galactosidase ou lactase).
    - Fabricación de hidrolizados de proteínas.
    - Na fabricación de queixo: formación da callada (callo), mellora do sabor e aroma (lipases) e prevención de alteracións (lisozima).

Na maioría dos queixos, o proceso de elaboración inclúe tanto a realización dunha fermentación como a acción dun enzima. Na figura 2 recóllese o diagrama de fabricación dun queixo tipo.

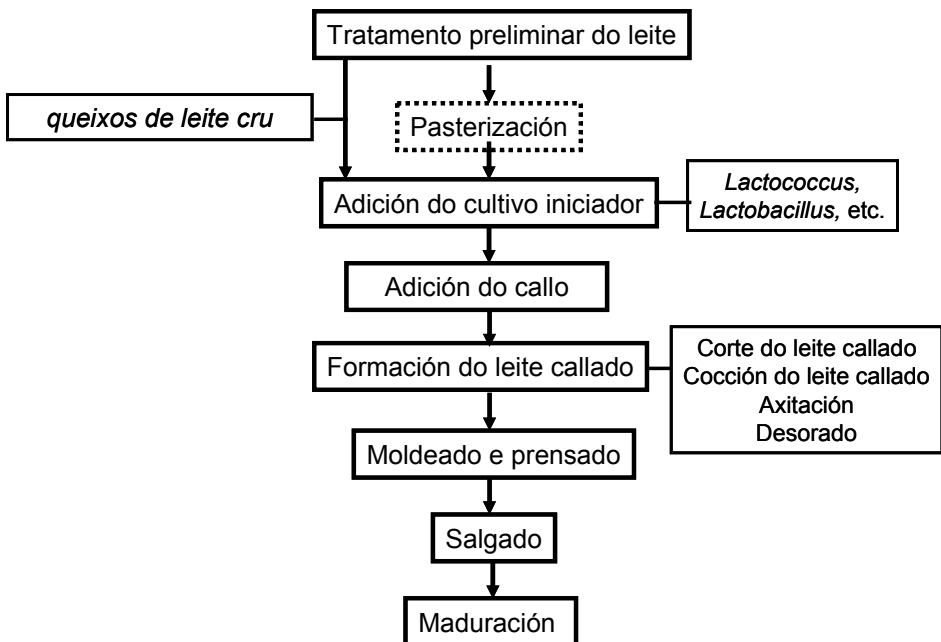


Figura 2. Diagrama de elaboración do queixo

## ACTIVIDADES PROPOSTAS

---

Desenvolveranse as seguintes actividades:

- Prácticas de laboratorio: consistirán en dúas sesións no laboratorio de tres horas de duración cada unha, en grupos de vinte persoas. Para o seguimento desta actividade dispoñeráse de boletíns de prácticas que se poderán obter a través da USC virtual. Os boletíns constarán dunha breve introdución, a descrición dos materiais necesarios, o método a seguir, unha táboa ou espazo para anotar os resultados obtidos e unha serie de cuestións en relación a eles que os estudantes deberán responder de forma razoada. Finalmente achegarase unha breve bibliografía relacionada coa práctica. As observacións que realicen, os resultados obtidos e a súa explicación reflectiranos no caderno de prácticas. As prácticas que se levarán a cabo serán as seguintes:
  - a) *Alimentos fermentados: desenvolvemento de gas con lévedos biolóxico e químicos.* Proporcionarase aos alumnos lévedo biolóxico e varios tipos de lévedos químicos. Estes mesturaranse con distintos compostos e someteranse a diferentes condicións de temperatura (4 °C, 37 °C ou 100 °C) co fin de observar se producen gas e a que ritmo o fan. Finalmente deberán explicar o porqué dos resultados obtidos.
  - b) *Efectos da modificación de diferentes parámetros na elaboración de produtos de panadería e pastelería.* Nesta práctica os estudantes elaborarán pan e produtos de pastelería empregando distintas fariñas e lévedos, así como diversos ingredientes para poder observar e explicar o efecto que teñen estes factores no produto final (aparencia, esponxosidade, sabor, etc.).
- Seminario: *Identificación e esquematización dos procesos de conservación e transformación dos alimentos, e procura de información,* en relación ás fermentacións alimentarias. Traballarase sobre a esquematización dos procesos de elaboración de alimentos e as estratexias de procura de información, de maneira que se oriente ao alumnado sobre a realización do traballo en grupo. Tamén se fornecerán previamente materiais-guía para o seguimento do seminario.
- Traballo en grupo: os estudantes formarán grupos por parellas e realizarán un traballo (presentación esquemática con ao redor de 10 diapositivas) que recolla o diagrama de elaboración dun alimento fermentado, indicando os factores de conservación que interveñen na súa estabilidade e seguridade, e como afectan ao seu valor nutritivo e as súas propiedades organolépticas. Este traballo entregárase ao docente encargado de valorar esta

actividade antes da realización do exame final da materia. Forneceranse uns materiais básicos de partida para a realización do traballo que se recollen na bibliografía da unidade e/ou estarán dispoñibles na USC virtual.

## **AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA**

A avaliación desta unidade didáctica farase no conxunto da materia. Efectuarase mediante avaliación continua e un exame final. Os aspectos e actividades avaliáveis, e os criterios que se empregarán nesta unidade didáctica recóllense na táboa 1.

**Táboa 1. Actividades, criterios e instrumentos de avaliación**

<b>Actividade</b>	<b>Criterios</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Valor sobre a nota final</b>
Clases expositivas	Asistencia e participación	Folla de firmas	20% A asistencia a prácticas é un requisito obligatorio para superar a materia
Seminarios		Observación e anotacións	
Prácticas	Asistencia e participación Compresión dos conceptos e observacións	Folla de firmas Observación e anotacións Caderno de prácticas	
Traballos	Estrutura do traballo Capacidade de síntese e de relación entre conceptos Calidade da documentación	Entrega do traballo (en forma de diapositivas)	20%
Exame	Dominio de conceptos teóricos	Proba escrita	60%

## BIBLIOGRAFÍA

---

- ADAMS, M.R., MOSS, M.O. (1997): *Microbiología de los alimentos*, Zaragoza: Acribia.
- BRENNAN, J.G. (ED.) (2007): *Manual del procesado de los alimentos*, Zaragoza: Acribia.
- CDTI (1993): *Tecnología de los alimentos*. Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, Madrid.  
Disponible en:  
<http://www.cdti.es>
- FELLOWS, P. (2007): *Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas*, Zaragoza: Acribia.
- GÖSTA, B. (2003): *Manual de industrias lácteas*, Madrid: A. Madrid Vicente.
- HUI, H. (ED.) (1992): *Encyclopedia of food science and technology*, New York: John Wiley & Sons.
- MACRAE, R., ROBINSON, R.K. E SADLER, M.J. (1993): *Encyclopedia of food science, food technology and nutrition*, London: Academic Press.
- MARTÍN BEJARANO, S. (1992): *Manual práctico de la carne*, Madrid: Martín & Macías.
- NAGODAWITHANA, T. E REED, G. (1993): *Enzymes in food processing*, San Diego: Academic Press.
- ORDÓÑEZ, J.A., CAMBERO, M.I., FERNÁNDEZ, L., GARCÍA, M.L., GARCÍA DE FERNANDO, G., HOZ, L. E SELGAS, M.D. (1998): *Tecnología de los alimentos. Vol. I. Componentes de los alimentos y procesos*, Madrid: Síntesis.



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade



Impreso en papel 100% reciclado e libre de cloro



SERVIZO DE NORMALIZACIÓN  
LINGÜÍSTICA

