

MARIA MARGARIDA CORTÊS VIEIRA

VALIDADE DE ALIMENTOS

Relatório sobre uma unidade curricular no âmbito das Ciências Biotecnológicas

Para apreciação em provas de agregação em Ciências Biotecnológicas de acordo com a alínea *ii*) do ponto 3 do art. 4º do Regulamento de Atribuição do Título Académico de Agregado da Universidade do Algarve publicado em anexo ao Despacho n.º 2251/2020 ao abrigo do nº 2 do artº 4º do Decreto-Lei nº 239/2007, de 19 de junho



Conhecimento adquirido é como ingrediente caro de culinária. Se não for utilizado na prática, no dia-a-dia, perde-se a validade, não serve para nada ou ninguém.

[leda de Paula](#)

Índice

1. Enquadramento	2
2. Contributo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS	3
3. Objetivos de Aprendizagem	4
4. Métodos de Ensino	9
5. Avaliação	9
6. Sumário do programa da disciplina	9
6.1 Introdução à Validade de Alimentos.	9
6.2 Legislação Europeia. Datas de durabilidade mínima e de limite de consumo	9
6.3 Critérios de fim de vida de um produto	9
6.4 Determinação do prazo de validade de alimentos	9
Sensíveis à temperatura	10
6.5. Delineamento de um estudo de validade de um produto	10
7 Repartição da carga horária por tipo de sessões e de trabalho	10
8 Planificação das sessões por semana	11
9 Conteúdos Programáticos	16
9.3 Aulas Teóricas	16
9.2 Aulas Teórico-práticas	28
9.3 Aulas Práticas	28
9.4 Auto-avaliação	30
Bibliografia	32
Recomendada para leitura	32
Referências	32
Anexo	33

Validade de Alimentos - Casos Práticos

.....

A unidade curricular de Validade de Alimentos, tem tido a preferência dos alunos do Mestrado de Tecnologia dos Alimentos do Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve. A validade de alimentos é uma área multidisciplinar, que agrega uma série de matérias que vão desde a química dos alimentos, a cinética de degradação de alimentos, a segurança alimentar, o desenvolvimento de novos produtos e o desenvolvimento de novas embalagens.

O Regulamento (UE) nº 1169/2011 sobre o Fornecimento de Informações Alimentares aos Consumidores (Regulamento FIC) foi adotado pelo Parlamento Europeu e pelo Conselho, modificando as disposições reais de rotulagem dos alimentos na União, servindo como uma garantia de livre circulação de alimentos produzidos e comercializados legalmente. Este regulamento entrou em vigor em 12 de dezembro de 2011 passando a aplicar-se a partir de 13 de dezembro de 2014. Por essa altura começaram a chegar ao Departamento de Engenharia Alimentar diversos pedidos de estudos de determinação da validade de produtos alimentares produzidos sobretudo por PME's. Constatámos então que existia um vazio no Mestrado em Tecnologia de Alimentos e quando se reformulou o curso 2016 propusemos a criação da UC Validade de Alimentos para suprir esta falta que funciona desde então como opção.

1. Enquadramento

A unidade curricular de Validade de Alimentos é lecionada no 1º semestre do Mestrado de Tecnologia de Alimentos, enquadrado pelo DL 74/2006, de 24 de março, alterado pelo DL 107/2008, de 25 de junho, e pelo DL 230/2009, de 14 de setembro, e pelo DL 115/2013 de 7 agosto. O Despacho 12911/2013, de 9 de outubro, publica a estrutura curricular e o plano de estudos do curso.

À referida unidade curricular estão atribuídos atualmente 5 ECTS, que correspondem a 15T, 30PL e 5OT. Como se trata de alunos de mestrado supõe-se que já têm uma formação adequada em termos de processamento de alimentos, microbiologia de alimentos, química de alimentos e ainda em embalagem de alimentos.

2. Contributo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS

Esta UC contribui para os ODS 2, 9 e 12 da seguinte forma:



Até 2030, acabar com a fome e garantir o acesso de todas as pessoas, em particular os mais pobres e pessoas em situações vulneráveis, incluindo crianças, a uma alimentação de qualidade, nutritiva e suficiente durante todo o ano.

O prolongamento do tempo de validade dos alimentos através da inovação tecnológica ou porque não estava corretamente estabelecida anteriormente leva à redução do desperdício de alimentos e, portanto, a podermos ter mais alimentos disponíveis com qualidade nutritiva e seguros do ponto de vista microbiológico.



Até 2030, modernizar as infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com maior eficiência no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos; com todos os países atuando de acordo com as suas respetivas capacidades. Fortalecer a investigação científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países, particularmente os países em desenvolvimento, inclusive, até 2030, incentivar a inovação e aumentar substancialmente o número de trabalhadores na área de investigação e desenvolvimento por milhão de pessoas e a despesa pública e privada em investigação e desenvolvimento.

O conhecimento de novos materiais de embalagem e a sua adequação a cada tipo de alimento, nomeadamente os polímeros de origem biológica e a embalagem ativa sensibilizará os alunos a se manterem abertos à inovação e à investigação e desenvolvimento.



Até 2030, reduzir para metade o desperdício de alimentos per capita a nível mundial, de retalho e do consumidor, e reduzir os desperdícios de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo os que ocorrem pós-colheita.

- Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reutilização.
- Incentivar as empresas, especialmente as de grande dimensão e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informação sobre sustentabilidade nos relatórios de atividade.
- Até 2030, garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e consciencialização para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza

Ao saberem estabelecer corretamente a validade dos alimentos e/ou contribuir para o prolongamento desta validade, os tecnólogos alimentares vão contribuir para uma melhor gestão da produção, rapidez de distribuição, tempo de venda e de armazenamento em casa dos consumidores o que levará à redução do desperdício alimentar e para o fornecimento de alimentos com elevada qualidade.

3. Objetivos de Aprendizagem

A definição dos objetivos de aprendizagem no planeamento de uma unidade curricular ajuda o professor a integrar a aprendizagem de uma unidade curricular relacionando o conteúdo com a avaliação através da aprendizagem, a selecionar as atividades de ensino/aprendizagem que melhor se adequem a atingir os objetivos e fornece aos alunos uma visão global quer do que podem esperar da UC quer do que o professor espera deles. É também a base para a avaliação do professor, do aluno e da funcionalidade da UC.

Segundo o descrito no Teacher & Educational Development, University of New Mexico School of Medicine. (2005) os objetivos de aprendizagem devem ser SMART, ou seja

Specíficos

Mensuráveis

Atingíveis para a audiência alvo na janela temporal definida

Relevantes e orientados para os resultados

orien**T**ados para o aluno ao nível desejado de aprendizagem.

Existem vários sistemas de classificação (taxonomias) que auxiliam no planeamento de uma unidade curricular, na sua estruturação e organização e na definição de objetivos de aprendizagem e na escolha de instrumentos de avaliação. A taxonomia de Bloom (Bloom, 1956) é a mais famosa e organiza a aprendizagem numa sequência desde um nível inferior em que esta se resume a apenas recordar o que foi ensinado até uma aprendizagem superior em que o aluno já consegue criar (Fig. 1). Esta taxonomia tem sido seguida por muitos professores no planeamento dos seus cursos mas embora tenha sido revista várias

vezes acabou por se tornar menos apelativa nos tempos que correm devido ao surgimento de competências que não são contempladas por ela, como sejam a liderança, competências de comunicação, de tomada de decisão e ainda de aprender fazendo.

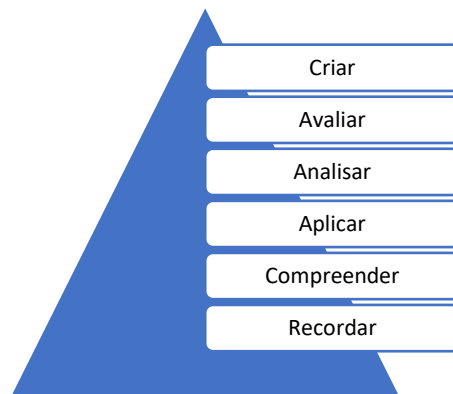


Fig. 1 – Taxonomia de Bloom

Assim na definição dos objetivos de aprendizagem desta UC foi utilizada a taxonomia de Fink (Fink, 2013), que integra todas as formas de aprendizagem, atividades e avaliação se interligam entre si como ilustra a figura 2 (*Afinal, o Que é Pensamento Crítico?* | *RL Educacional*, n.d.) e a figura 3.

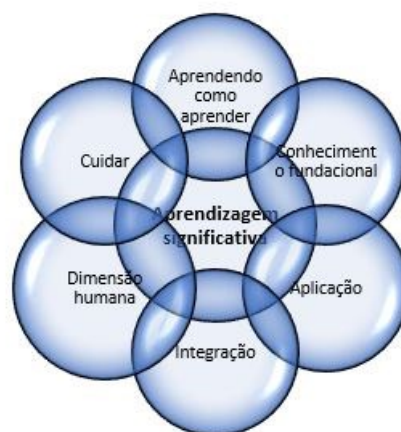


Fig. 2 – Taxonomia do Fink

Tabela 1 – Taxonomia de Fink (adaptado de *Afinal, o Que é Pensamento Crítico?* | RL Educacional, n.d.)

DIMENSÃO		VERBOS DE AÇÃO				OBJETOS		
I	CONHECIMENTO FUNDACIONAL- informação-chave, ideias, perspectivas importantes para o estudante saber							
	Compreendendo e recordando	Associar	Comparar	Exemplificar	Explicar	Factos, conceitos, teorias, relações, modelos, perspectivas		
II	APLICAÇÃO- pensamento, projetos a realizar pelo estudante e competências para o estudante realizar							
a	Pensamento crítico	Analisar	Classificar	Comparar	Contestar	Decifrar	Ideias, questões, situações, propostas, processos, resultados conclusões, teorias	
b	Pensamento prático	Aconselhar	Aplicar	Avaliar	Calcular	Certificar	Decidir	Problemas, questões
c	Pensamento criativo	Adaptar	Corrigir	Compor	Construir	Converter	Design	Ideias, planos, produtos, objetos, premissas, perspectivas, modelos, teorias
d	Gestão de projetos complexos	Administrar	Comunicar	Conduzir	Coordenar	Delegar	Ensinar	Tarefas, Time-lines, casos, projetos
e	Competências de desempenho	Conduzir	Demonstrar	Fazer	Empregar	Executar	Exibir	Procedimentos, processos, manobras, entrevistas, rotinas,
III	INTEGRAÇÃO- relações que o estudante deve ser capaz de realizar sobre a sua aprendizagem							
	Aprendizagem Interdisciplinar	Associar	Combinar	Comparar	Coreacionar	Diferenciar	Ideias, disciplinas, perspectivas, contextos, pessoas, domínios	
	Comunidades de aprendizagem	Integrar	Ligar	Relacionar	Sintetizar			
IV	DIMENSÃO HUMANA- aprendizagem sobre si próprio e em relação aos outros							
	Relações interpessoais	Aconselhar	Adquirir	Apoiar	Comportar-se	Comunicar	Ética, moral, princípios, atitudes, valores, crenças, premissas, conflitos	
	Autoria Própria, Liderança, Melhoria pessoal	Cumprir	Decidir	Demonstrar	Descrever	Equilibrar	premissas, conflitos	
	Ética, Ética ambiental	Enfatizar	Educar	Expressar	Inspirar	Interagir	Envolver	persoais sociais, culturais e implicações ambientais
	Trabalhar numa equipa, Cidadania	Mobilizar	Motivar	Mostrar	Negociar	Motivar	Oferecer	
		Partilhar	Promover	Proteger	Reformar	Resolver		
		conflitos	Respeitar	Sugerir	Sustentar	Responsabilizar-se		
		Unir						
V	CUIDAR-mudanças para melhor tendo em conta os valores e os sentimentos							
	Querer ser um bom estudante	Concordar	Desenvolver	Identificar	Revitalizar		Atitudes, crenças, sentimentos, interesses, valores, opiniões	
	Ficar entusiasmado acerca de um assunto	Comprometer-se	Descobrir	Investigar	Decidir			
	Desenvolver um comprometimento sobre como viver corretamente	Demonstrar	Identificar	Valorizar	Entusiasmar-se			
		Expressar	Prontifica-se	Disponibilizar-se				
VI	APRENDENDO COMO APRENDER- o deve o estudante aprender sobre aprendizagem, questionar-se							
	Como se tornar num melhor aprendiz	Auto-avaliação	Auto-regular	Auto-monitoriza			Aprendizagem, auto-melhoramento, responsabilidade	
	Como questionar e construir conhecimento	Desenvolver um plano de aprendizagem	Descrever como	Enquadrar perguntas úteis	Generalizar			
	Como procurar aprendizagem auto-dirigido ou intencional	conhecimento sobre aprendizagem e barreiras	Identificar o que necessita aprender	Identificar fontes e recursos	Refletir	Inquirir		
		Prever desempenho						

Assim, os **Objetivos de Aprendizagem** escolhidos da Tabela 2 (marcados a vermelho), elaborada para esta UC com base na taxonomia de Fink, são os seguintes:

- Identificar as reações-chave de deterioração num produto alimentar que determinam o fim da sua validade bem como o melhor método a utilizar para determinar esta data
- Compreender a dinâmica atual de investigação nas matérias abordadas na unidade curricular de modo a que, em simultâneo com os conhecimentos base, adquira uma visão atualizada e crítica das matérias estudadas;
- Recomendar materiais de embalagem sustentáveis e tecnologias de processamento inovadoras para prolongar a validade de um produto alimentar embalado.
- Calcular o tempo de vida de um alimento através de modelização preditiva.
- Relacionar a qualidade dos alimentos (textura, sensorial, estrutura/aparência, etc.) com a composição química, processamento e armazenamento.
- Rever os resultados obtidos nas aulas práticas e identificar estratégias para melhorar.
- Colaborar com outros membros da equipa partilhando informações e dando feedback apropriado e construtivo.
- Rever os resultados obtidos nas aulas práticas e identificar estratégias para melhorar.
- Reconhecer quando mais informação é necessária e procurar ajuda e recursos

Tabela 2- Objetivos de aprendizagem da UC Validade de Alimentos

I	CONHECIMENTO FUNDACIONAL- informação-chave, ideias, perspectivas importantes para o estudante saber
	<ul style="list-style-type: none"> • Enunciar a definição de atividade da água • Enunciar a lei de Arrhenius • Enunciar a definição de valor D e de valor z • Identificar as reações-chave de deterioração num produto alimentar que determinam o fim da sua validade bem como o melhor método a utilizar para determinar esta data. • Compreender a dinâmica atual de investigação nas matérias abordadas na unidade curricular de modo a que, em simultâneo com os conhecimentos base, adquira uma visão atualizada e crítica das matérias estudadas;
II	APLICAÇÃO- pensamento, projetos a realizar pelo estudante e competências para o estudante realizar
II-a	<ul style="list-style-type: none"> • Recomendar materiais de embalagem sustentáveis e tecnologias de processamento inovadoras para prolongar a validade de um produto alimentar embalado.
II-b	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar quais os resultados que são significativos para a determinação de um tempo de durabilidade • Calcular o tempo de vida de um alimento através de modelização preditiva. • Utilizar o Excel nos cálculos que necessite efetuar • Utilizar o software STATA na modelização matemática e na execução de regressões não lineares
II-c	<ul style="list-style-type: none"> • consultar bibliografia diversificada, nomeadamente de artigos científicos das principais revistas especializadas nos tópicos abordados nesta UC. • Modelizar matematicamente a cinética de reações de degradação identificadas e identificar a ordem da reação • Modelizar matematicamente as isotérmicas de absorção de humidade
II-d e II-e	<ul style="list-style-type: none"> • Selecionar os testes químicos, microbianos, sensoriais e/ou analíticos (ex.: cor, conteúdo de nutrientes, etc.) que suportem os testes de validade • Selecionar entre vários parâmetros de degradação de um alimento qual se deve escolher para determinar o tempo de durabilidade mínima • Delinear e planear e executar um estudo de determinação do tempo de vida de um determinado alimento (testes em tempo real e acelerados). • Escrever um artigo relatando o trabalho prático
III	INTEGRAÇÃO- relações que o estudante deve ser capaz de realizar sobre a sua aprendizagem
	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar a qualidade dos alimentos (textura, sensorial, estrutura/aparência, etc.) com a composição química, processamento e armazenamento.
IV	DIMENSÃO HUMANA- aprendizagem sobre si próprio e em relação aos outros
	<ul style="list-style-type: none"> • Colaborar com uma equipa multidisciplinar, • Partilhar informações e compreensão com outros membros da equipa. • Dar feedback apropriado e construtivo aos membros da equipa. • Receber e agir com base no feedback de outros membros da equipa. • Eliminar matérias perigosas para o risco biológico em recipientes apropriados • Descrever a demografia, crenças socioculturais e práticas que têm impacto no prazo de validade dos alimentos
V	CUIDAR-mudanças para melhor tendo em conta os valores e os sentimentos
	<p>Comprometer-se com a excelência profissional e o bem-estar pessoal. Desenvolver o hábito metacognitivo de identificar lacunas e trabalhar para preenchê-los. Rever os resultados obtidos nas aulas práticas e identificar estratégias para melhorar. Identificar áreas de interesse pessoal em atividades diárias para estudar mais Partilhe o entusiasmo pelos seus interesses com os outros.</p>
VI	
	<p>Identificar e reconhecer as suas próprias limitações na realização x Reconhecer quando mais informação é necessária e procurar ajuda e recursos. Valorizar e desenvolver as competências da aprendizagem ao longo da vida.</p>

4. Métodos de Ensino

Exposição teórica; Resolução de problemas apresentados em casos práticos.
Delineamento de um estudo de determinação da validade de um alimento,
execução e escrita de um artigo sobre este estudo.

5. Avaliação

Realização de um teste escrito (40%) avaliado pelo professor, trabalho escrito em formato de artigo reportando os resultados obtidos no laboratório e sua análise (40%).

6. Sumário do programa da disciplina

6.1 Introdução à Validade de Alimentos.

Definição de validade de alimentos.

Importância da determinação da validade dos alimentos na redução do desperdício alimentar.

6.2 Legislação Europeia. Datas de durabilidade mínima e de limite de consumo

6.3 Critérios de fim de vida de um produto

Características intrínsecas do produto

Processos de conservação

Interação embalagem/produto

Fatores extrínsecos, condições de distribuição e armazenamento

Iterações microbiológicas e não-microbiológicas nos alimentos processados

6.4 Determinação do prazo de validade de alimentos

Sensíveis ao oxigénio

Sensíveis à humidade

Curva isotérmica de sorção de humidade do alimento

Modelização de isotérmicas de absorção de humidade

Sensíveis à temperatura

Cinética de degradação de reações de degradação de alimentos

Mecanismo de reação. Ordem de reação. Parâmetros cinético de degradação de alimentos, E_a , k , z e D . Dependência da constante de velocidade k da temperatura.

Modelo de Bigelow. Modelo de Arrhenius.

Perecíveis devido a crescimento microbiológico

Modelos preditivos de crescimento bacteriológico

Testes de desafio.

Por Análise Estatística de dados experimentais

Abordagem Não-Paramétrica – metodologia de Kaplan Meier

Abordagem Paramétrica – Ajuste de distribuições estatísticas (distribuição de Weibul)

6.5. Delineamento de um estudo de validade de um produto

Métodos diretos (estudos em tempo real) e indiretos (acelerados)

7 Repartição da carga horária por tipo de sessões e de trabalho

O sistema European Credit Transfer System (ECTS) estabelece que o tempo de trabalho dos alunos se divide em tempo de contacto com o professor e tempo de trabalho autónomo que inclui estudo, trabalho de campo e projeto. Nesta UC o tempo de contacto com o professor é distribuído da seguinte forma:

Sessões Teóricas

Sessões com carácter puramente expositivo.

Sessões teórico-práticas

Sessões de apresentação de casos práticos de apoio às sessões teóricas em que o aluno deve resolver um problema com o objetivo de elucidar a aplicação da teoria na prática. Existe um caderno de casos práticos associado a esta UC.

Sessões prático-laboratoriais

Destinam-se a desenvolver um projeto centrado em resolver um problema concreto, a determinação do tempo de vida de um produto alimentar utilizando uma das metodologias expostas pelo professor nas sessões teórico-práticas. O professor apresenta um número de projetos igual ao número de grupos de alunos existentes na turma e estes escolhem o que mais lhes agrada. O trabalho do grupo é realizado no laboratório e na produção de um relatório final.

Workshops

Para que todos fiquem a conhecer o trabalho dos outros grupos são realizadas workshops sobre os projetos realizados.

Sessões tutoriais

São destinadas ao esclarecimento de dúvidas e apoio aos grupos na realização dos seus projetos.

Tipo	Nº Horas
Sessões teóricas (T)	11
Sessões teórico-práticas (TP)	15
Sessões prático-laboratoriais (PL)	13
Sessões em workshop (WS)	3
Sessões em tutoria (OT)	5
Avaliação (A)	3
Trabalho acompanhado	50
Trabalho autónomo	90
Total de horas de trabalho	140

8 Planificação das sessões por semana

Na planificação das sessões as 50 horas de trabalho acompanhado são distribuídas pelas 14 semanas de aulas de um semestre letivo. As sessões são conforme apresentadas em 7., teóricas (T), teórico-práticas (TP), prático-laboratoriais (PL), workshops (WS), orientação tutorial (OT) e avaliação (A). Nas PL o número de horas previstas é indicativo pois depende do trabalho a realizar e nas WS do número de grupos e de alunos a frequentar a unidade curricular.

Semana	Tipo	Conteúdos Programáticos
1	T1	Apresentação do programa da UC. Importância da determinação da validade dos alimentos na redução do desperdício alimentar.
	T2	Características intrínsecas do produto Fatores extrínsecos (sanitização, processos de conservação)
	T3	Fatores extrínsecos (embalagem) Polímeros derivados das olefinas e derivados de matéria vegetal.
2	T4	Fatores extrínsecos (cont.) Embalagem SMART. Embalagem de Libertação Controlada.
	T5	Fatores extrínsecos (cont.) Embalagem Inteligente Armazenamento
	T6	Alimentos sensíveis ao oxigénio
3	TP1	Determinação do tempo de armazenamento de um alimento sensível ao oxigénio. - Resolução do caso prático 1-I
	TP2	Determinação do tempo de armazenamento de um alimento sensível ao oxigénio - Resolução do caso prático 1-II.
	T7	Alimentos sensíveis à humidade.
4	TP3	Alimentos sensíveis à humidade - Resolução do caso prático 2-I)
	TP4	Alimentos sensíveis à humidade - Resolução do caso prático 2-II)
	T8	Alimentos sensíveis à temperatura.
	TP5	Previsão do tempo de vida de um alimento sensível à temperatura. Resolução do Caso Prático 3-I. Passo 1. Estimativa das constantes de velocidade para cada temperatura de armazenamento.

<i>Semana</i>	<i>Tipo</i>	Conteúdos Programáticos
5	TP6	Previsão do tempo de vida de um alimento sensível à temperatura. Passo 2. Estimativa dos parâmetros cinéticos k_{ref} e E_a (cont. do Caso Prático 3-I)
	TP7	Alimentos sensíveis à temperatura. Resolução do Caso Prático 3-II. Passo 1. Estimativa das constantes de velocidade para cada temperatura de armazenamento
	TP8	Previsão do tempo de vida de um alimento sensível à temperatura. Resolução do Caso Prático 3-II.
	T9	Análise Estatística de dados experimentais. Abordagem Não-Paramétrica
6	T9	Abordagem paramétrica – Ajuste de distribuições estatísticas
	TP9	Abordagem não paramétrica. Resolução do Caso Prático 4-I Determinação do tempo de validade de um alimento utilizando o método de Kaplan Meier.
	T10	Abordagem paramétrica. Resolução do Caso Prático 4-II Determinação do tempo de validade de um alimento utilizando a distribuição de Weibull.
	T11	Validade de alimentos através de testes microbiológicos.
7	PL1	Explicação sobre os trabalhos práticos (TP) propostos que são normalmente 3 a decorrer em simultâneo e distribuídos por 3 grupos de alunos com um máximo de 4 elementos.
	PL2	
	PL3	Planeamento do trabalho a realizar.
8	TP10	Abordagem paramétrica - Resolução do caso prático 3- II
	PL4	Início dos trabalhos práticos. Distribuição do alimento pelas embalagens e armazenamento consoante o planeamento da aula anterior. Medição dos parâmetros no tempo zero.
	PL5	
9	PL6	Determinações necessárias em cada trabalho. TP1 – Determinação da cor. TP2- Verificação do peso das amostras. Determinação da permeabilidade de dois materiais de embalagem. TP3-Avaliação sensorial das amostras armazenadas.

<i>Semana</i>	<i>Tipo</i>	<i>Conteúdos Programáticos</i>
	OT1	Esclarecimento de dúvidas.
	PL7	Determinações necessárias em cada trabalho. TP1 – Determinação da cor. TP2- Verificação do peso das amostras. Determinação da permeabilidade de dois materiais de embalagem. TP3-Avaliação sensorial das amostras armazenadas.
	PL8	Determinações necessárias em cada trabalho. TP1 – Determinação da cor. TP2- Verificação do peso das amostras. Determinação da permeabilidade de dois materiais de embalagem. TP3-Avaliação sensorial das amostras armazenadas.
10	PL9	Determinações necessárias em cada trabalho. TP1 – Determinação da cor. TP2- Verificação do peso das amostras. TP3-Avaliação sensorial das amostras armazenadas
	A1	Autoavaliação dos alunos sobre o trabalho até então realizado comparando os objetivos de aprendizagem estabelecidos pelo professor e os resultados de aprendizagem que os alunos já alcançaram. Possíveis correções no seu método de trabalho.
	OT2	
	PL10	Determinações necessárias em cada trabalho. TP1 – Determinação da cor. TP2- TP2- Verificação do peso das amostras. TP3-Avaliação sensorial das amostras armazenadas. Compilação e análise gráfica dos resultados obtidos no laboratório em cada grupo até então.
	PL11	
	PL12	Introdução ao software STATA para analisar os resultados. Introdução dos resultados. Produção de gráficos e sua visualização. Introdução dos modelos matemáticos a testar. Como efetuar uma regressão não-linear.
11	PL13	Determinações necessárias em cada trabalho. TP1 – Determinação da cor. TP2 - Determinação da <i>aw</i> das amostras já em equilíbrio. TP3- Avaliação sensorial das amostras armazenadas. Nova compilação dos resultados obtidos em cada grupo.
	TP11	
	TP12	Introdução ao software STATA para analisar os resultados (cont.). Introdução dos modelos matemáticos a testar. Como efetuar uma regressão não-linear. Exemplificação através do caso prático 3-I
	TP13	
12	TP14	Análise dos resultados obtidos no laboratório e modelização com o software STATA. Este trabalho é realizado pelo grupo com o apoio do professor.
	TP15	Análise dos resultados obtidos no laboratório e modelização com o software STATA (cont.)

Semana	Tipo	Conteúdos Programáticos
	OT4	Esclarecimento de dúvidas de preparação para o teste escrito
13	OT5	Apoio aos alunos na análise dos resultados e escrita do relatório
	A2	Teste escrito
	A3	
14	WSP1	Apresentação dos trabalhos
	WSP2	
	WSP3	

9 Conteúdos Programáticos

9.3 Aulas Teóricas

As aulas teóricas de carácter expositivo são lecionadas com o apoio de apresentações em Power Point que constam de 80 slides em média que numa aula de duração de 50 minutos equivale a 1,6 slides por minuto. As aulas são disponibilizadas na tutoria eletrónica. Apresenta-se de seguida os objetivos de aprendizagem de cada aula e o respetivo índice detalhado da matéria dada. É de ter em conta que os alunos do MTA em que será lecionada esta UC não provêm do curso de Engenharia Alimentar que lecionamos no ISE/UALG, tendo a maior parte licenciaturas em áreas afins, Nutrição, Biotecnologia, Veterinária, etc. Assim é necessário introduzir certos assuntos como por exemplo a noção de polímero e depois de embalagem flexível para facilitar o entendimento das matérias que se seguem. Outras matérias como os tratamentos de conservação quer térmico quer emergente são abordadas sumariamente porque existe outra UC precisamente designada por Processamento Térmico e Emergente onde estes temas são abordados em profundidade.

Aula nº 1 Apresentação

Objetivos de Aprendizagem

- Enunciar a definição de prazo de validade de um produto alimentar
- Identificar o número da diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitantes à rotulagem, apresentação e publicidade dos géneros alimentícios
- Identificar quais os atores na cadeia de distribuição e qual a importância da validade de um produto na sua atuação
- Explicar a diferença entre *Data de durabilidade mínima* e *Data limite de consumo*
- Identificar segundo o tipo de alimento qual o método de determinação do tempo de durabilidade mínima.

Conteúdo

Apresentação do programa da UC. Leitura dos objetivos de aprendizagem. Estabelecimento das regras de avaliação. Marcação de testes. Introdução à Validade de Alimentos.

Importância da determinação da validade dos alimentos na redução do desperdício alimentar.

Introdução à Validade de Alimentos

Objetivos do desenvolvimento sustentável.

Desperdício alimentar e a data de durabilidade mínima dos alimentos

Definição de validade de alimentos

Importância da determinação da validade dos alimentos na redução do desperdício alimentar.

Legislação Europeia.

Introdução ao Regulamento (UE) nº 1169/2011. Definição de data de durabilidade mínima e data limite de consumo.

Aula nº 2
Fatores Extrínsecos (cont.)

Objetivos de Aprendizagem
<ul style="list-style-type: none"> • Enunciar as características intrínsecas e extrínsecas de um produto alimentar • Identificar as reações-chave de deterioração num produto alimentar que determinam o fim da sua validade
Conteúdo
<p>Características intrínsecas do produto</p> <ul style="list-style-type: none"> Matérias primas Composição em nutrientes Estrutura do alimento Atividade da água (a_w) Acidez (pH) Potencial redox <p>Fatores Extrínsecos</p> <ul style="list-style-type: none"> Sanitização-Projeto Higio-Sanitário Processos de conservação de alimentos Redução de pH, por acidificação Redução de a_w, por redução ou segregação de humidade Adição de conservantes químicos Processos Térmicos de Conservação <ul style="list-style-type: none"> De aplicação de calor De redução de calor Processos de conservação emergentes Alterações microbiológicas e não-microbiológicas nos alimentos processados

Aula nº 3
Fatores Extrínsecos (cont.)
2ª Parte

Objetivos de Aprendizagem
<ul style="list-style-type: none"> • Enunciar as funções da embalagem • Definir polímero, homopolímero e heteropolímero • Enunciar os principais tipos de polímeros de origem fóssil • usados na embalagem alimentar • Explicar a importância do desenvolvimento de novos materiais de origem • biológica e biodegradáveis para se evoluir de economia circular para biocircular • Descrever as interações que ocorrem no sistema • ambiente externo/embalagem/ambiente interno/produto • Definir material barreira e permeabilidade de um material de embalagem • Enunciar a equação que define a permeabilidade através das suas unidades
Conteúdo
<p>Fatores extrínsecos (cont.)</p> <p>Embalagem</p> <p style="padding-left: 20px;">Interação embalagem/produto</p> <p style="padding-left: 20px;">Funções</p> <p style="padding-left: 20px;">Economia linear, circular e biocircular</p> <p style="padding-left: 20px;">Polímeros</p> <p style="padding-left: 40px;">De origem Fossil</p> <p style="padding-left: 40px;">De origem biológica</p> <p style="padding-left: 20px;">Interação ambiente externo e interno/embalagem/produto</p> <p style="padding-left: 20px;">Permeabilidade ao vapor de água e ao oxigénio de embalagens plásticas</p> <p style="padding-left: 20px;">Variáveis que afetam a permeabilidade</p>

Aula nº 4
Fatores Extrínsecos (cont.)

Objetivos de Aprendizagem
<ul style="list-style-type: none"> • Definir embalagem ativa • Diferenciar embalagem ativa de inteligente • Listar tipos de embalagem ativa • Listar tipos de embalagem inteligente • Relacionar o prolongamento da durabilidade de um produto com a embalagem SMART • Justificar a utilização da encapsulação e nanoencapsulação na embalagem de libertação controlada
Conteúdo
<p>Fatores extrínsecos (cont.)</p> <p>Embalagem SMART</p> <p style="padding-left: 20px;">Embalagem ATIVA</p> <p style="padding-left: 40px;">de Libertação Controlada (ELC)</p> <p style="padding-left: 40px;">Fatores de Design de um sistema de ELC</p> <p style="padding-left: 40px;">Compostos ativos</p> <p style="padding-left: 40px;">Polímeros de origem biológica</p> <p style="padding-left: 40px;">Sistema Matriz polimérica-composto ativo</p> <p style="padding-left: 40px;">Embalagem Multicamada, compósita, encapsulamento</p> <p style="padding-left: 20px;">Embalagem Inteligente</p> <p style="padding-left: 40px;">Indicadores de tempo-temperatura, integridade e frescura</p> <p style="padding-left: 40px;">Sensores de pH e de cor</p> <p style="padding-left: 40px;">Portadores de dados (etiquetas, códigos de barras e RFID)</p> <p style="padding-left: 40px;">Outros sistemas (realidade aumentada, portadores de dados sem fios)</p> <p style="padding-left: 40px;">Condições de distribuição e armazenamento</p> <p>Condições de Armazenamento</p> <p style="padding-left: 20px;">Reações de deterioração mais prováveis nos alimentos</p> <p style="padding-left: 40px;">refrigerados</p> <p style="padding-left: 40px;">congelados</p> <p style="padding-left: 40px;">à temperatura ambiente</p>

Aula nº 5
Fatores Extrínsecos (cont.)

Objetivos de Aprendizagem

- Listar tipos de embalagem inteligente
- Relacionar o prolongamento da durabilidade de um produto com a embalagem SMART
- Justificar a utilização da encapsulação e nanoencapsulação na embalagem de libertação controlada

Conteúdo

Embalagem Inteligente

Indicadores de tempo-temperatura, integridade e frescura

Sensores de pH e de cor

Portadores de dados (etiquetas, códigos de barras e RFID)

Outros sistemas (realidade aumentada, portadores de dados sem fios)

Condições de distribuição e armazenamento

Condições de Armazenamento

Reações de deterioração mais prováveis nos alimentos refrigerados e congelados à temperatura ambiente

Aula nº 6
Tempo de prateleira de Alimentos Sensíveis ao Oxigénio

Objetivos de Aprendizagem

- Definir uma reação de oxidação
- Listar os alimentos que pertencem ao grupo dos alimentos sensíveis ao oxigénio
- Listar as características do alimento, do ambiente e da embalagem que afetam as reações de oxidação
- Listar os Indicadores de reações de oxidação
- Explicar porque a constante de velocidade k é muitas vezes designada por aparente

Conteúdo

Reações de oxidação

Características do alimento, do ambiente e da embalagem que afetam as reações de oxidação

Indicadores de reações de oxidação e métodos analíticos

Ordem de reação e constante de velocidade das reações oxidativas

Tempo de vida dependente da embalagem

Efeito da alteração das dimensões na relação Superfície/Volume

Aula nº 7
Tempo de prateleira de alimentos sensíveis à humidade

Objetivos de Aprendizagem

- Calcular a pressão de vapor de saturação usando a equação de Clausius-Clapeyron
- Converter as unidades da humidade.
- Diferenciar entre humidade relativa, humidade específica, humidade absoluta, temperatura de termómetro húmido, razão de mistura e ponto de orvalho;
- Com dados experimentais contruir a isotérmica de sorção de humidade para uma série de produtos.
- Explicar como as MSIs são determinadas experimentalmente
- Explicar como as alterações na atividade da água afetam a estabilidade dos alimentos.
- Calcular o tempo de vida de um alimento com base na sua MSI e no WVTR do material da sua embalagem.
- Prever a a_w de um alimento composto conhecendo a a_w dos seus componentes.

Conteúdo

Definição de a_w e de humidade relativa de equilíbrio

Métodos de determinação da a_w ou humidade relativa de equilíbrio

Métodos de determinação da humidade de um alimento

Influência do a_w na conservação de um alimento e nas suas propriedades físicas.

Teoria da monocamada de BET.

Isotérmica de sorção de humidade.

Histerese. Zonas 1, 2 e 3.

Dinâmica de alteração de humidade em alimentos compostos

Aula nº 8
Tempo de prateleira de alimentos sensíveis à temperatura

Objetivos de Aprendizagem
<p>Conhecer as teorias que definem a energia de ativação</p> <p>Identificar a ordem de uma reação</p> <p>Derivar uma equação de ordem zero, de 1ª ordem e de 1ª ordem reversível</p> <p>Descrever as cinéticas de ordem zero, 1ª ordem e de 1ª ordem reversível segundo o modelo de Arrhenius</p> <p>Definir valor z e valor D</p> <p>Descrever as cinéticas de 1ª ordem segundo o modelo de Bigelow</p> <p>Determinar os parâmetros cinéticos segundo o modelo dos 2 passos e de um passo</p>
Conteúdo
<p>Cinética das reações de degradação de alimentos</p> <p>Mecanismos de reação -</p> <p>Etapa limitante</p> <p>Catalisadores</p> <p>Energia de ativação, E_a</p> <ul style="list-style-type: none"> - Teoria das Colisões - Teoria do complexo ativado <p>Ordem da reação, n</p> <p>Modelos de reação</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordem zero - Primeira ordem - Primeira ordem reversível ou de conversão fracionada <p>Efeito da temperatura na velocidade das reações de degradação - Modelos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Arrhenius - Bigelow - Weibull - Relação de Q_{10} - Relação entre z, E_a e Q_{10} <p>Previsão do tempo de prateleira</p>

Aula nº 9
Análise estatística dos dados experimentais sobre o prazo de validade dos alimentos - Abordagem não paramétrica

Objetivos de Aprendizagem

- Conhecer a diferença entre estudo de tempo de validade e estudo de estabilidade de um alimento
- Identificar os dados de vida e os censurados
- Representar curvas de sobrevivência
- Determinar a validade com base em dados de vida pelo método de Kaplan Meier

Conteúdo

Prazo de validade através da Aceitação do Consumidor

Modelos de prazo de validade baseados nas respostas dos consumidores

Passo inicial de qualquer estudo de prazo de validade

Dados de Sobrevivência

Observações Censuradas

Tabelas de Sobrevivência

Curva de sobrevivência

Aula nº 10
Análise estatística dos dados experimentais sobre o prazo de validade dos alimentos - Abordagem paramétrica

Objetivos de Aprendizagem
<ul style="list-style-type: none">• Enunciar as distribuições estatísticas mais comuns• Determinar a validade dos alimentos utilizando dados de análise sensorial segundo a análise de Weibull
Conteúdo
Abordagem Paramétrica Distribuições estatísticas mais comuns Exponencial, lognormal máxima verosimilhança e Weibull Análise de Weibull Função Hazard (taxa de falhas)

Aula nº 11
Validade de alimentos através de testes microbiológicos

Objetivos de Aprendizagem
<ul style="list-style-type: none">• Definir SSOs• Identificar os microrganismos de deterioração específicos SSOs• Listar os pontos significativos que dizem respeito ao crescimento microbiológico• Avaliar a possibilidade de um alimento poder deteriorar-se por crescimento microbiológico• Planear um estudo de validade de um alimento possível de ter crescimento microbiológico• Conhecer a microbiologia de previsão• Conhecer os testes de desafio (challenge tests)
Conteúdo
<p><i>Organismos específicos de deterioração (SSOs)</i></p> <p>Condições para o crescimento microbiano</p> <p>Critérios de fim do período de validade</p> <p>Plano de Amostragem</p> <p>Modelos de previsão de crescimento microbiano</p> <p>Testes de desafio</p>

9.2 Aulas Teórico-práticas

As aulas são passadas a resolver os problemas contidos no caderno dos casos práticos que é apresentado em anexo. É exigido aos alunos que façam todos os cálculos em EXCEL porque se entende ser uma ferramenta fundamental para realizar cálculos de forma rápida.

9.3 Aulas Práticas

Nas aulas práticas como referido em 8 é explicado aos alunos o objetivo do estudo a realizar. Será também pedido aos alunos que realizem uma pesquisa bibliográfica sobre o tópico do seu trabalho.

Os estudos devem estar se possível relacionados com algum trabalho de pós-graduação que esteja a decorrer no grupo de investigação a que pertence o professor. É nestas aulas que os alunos dão os primeiros passos na modelização matemática dos resultados utilizando o software *STATA*.

De seguida apresentam-se 3 possíveis trabalhos práticos:

Trabalho Prático nº 1

Determinação do tempo de prateleira de um produto cuja cor seja sensível à temperatura mas que não seja muito perecível (ex. colorau), usando um teste de tempo de prateleira acelerado, que inclui 3 temperaturas de abuso de armazenamento em relação ao armazenamento à temperatura ambiente, 35, 40 e 45 °C, e medição da cor nos seus parâmetros L, a e b, na escala de Hunter através de um colorímetro ao longo do tempo de armazenamento para cada temperatura;

Trabalho Prático nº 2

Determinação do tempo de prateleira de um produto sensível à humidade embalado em 2 tipos de embalagem, um polietileno e um material barreira à humidade (ex. farinha de alfarroba), colocação das amostras em pelo menos 6 exsicadores com sais diferentes para produzir 6 ambientes com humidades diferentes. Existirá um tempo de espera longo até que as amostras atinjam a humidade de equilíbrio desse ambiente verificada em cada aula pela perda ou ganho de peso e quando o equilíbrio é atingido a humidade é determinada e a a_w das amostras de cada um dos exsicadores medida com um Rotronic de modo a poder definir a curva isotérmica de absorção de humidade. Neste trabalho é também determinada a permeabilidade ao vapor de água do material de 2 embalagens com permeabilidades diferentes, colocando 3 replicas de uma amostra num ambiente com 100% de saturação e medindo a diferença de peso ao longo de vários dias até que o equilíbrio seja atingido;

Trabalho Prático nº 3

Determinação do tempo de prateleira de um produto sensível ao oxigénio com 3 tipos de embalagem, um polietileno, uma embalagem barreira à luz (polietileno + folha de alumínio) e um material barreira ao oxigénio e à luz (PVdC+ folha de alumínio) armazenado em condições tropicais. Neste trabalho segue-se a metodologia de Weibull, que consiste num painel inicial de provadores constituído por apenas 3 elementos que avalia as amostras sensorialmente (através de prova e de avaliação de aroma) apenas mencionando se aceita ou rejeita. Ao painel inicial vai sempre sendo adicionado mais um elemento na prova seguinte até que o número de provadores que rejeitam seja superior ao número de provadores que aceitam as amostras, nessa altura passa a adicionar-se o número de provadores que rejeitam +1.

Na aula seguinte os alunos são desafiados a realizar em grupo o planeamento das experiências a realizar, estabelecendo o nº e tamanho das amostras, incluindo o

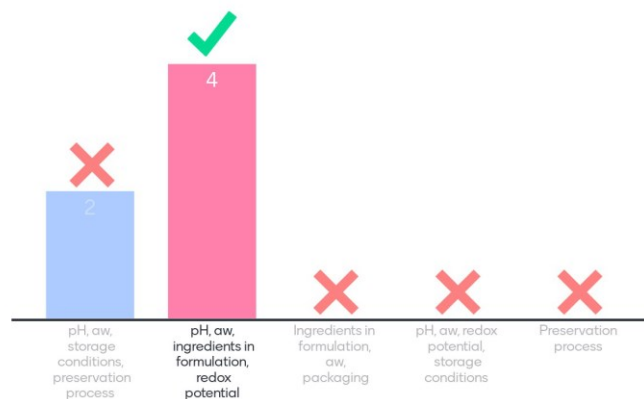
nº de réplicas. Definir quando recolher as amostras para análise ao longo do tempo tendo em conta o nº de aulas práticas e que tipo de medições devem realizar. Devem também nesta aula comunicar com a Técnica do laboratório, a quantidade de amostra necessária para e de embalagens necessárias para na aula seguinte darem início aos trabalhos.

9.4 Auto-avaliação

A auto-avaliação é realizada com a ajuda do Mentimeter para que os alunos possam avaliar o seu conhecimento sobre a matéria dada sem a pressão de lhes ser atribuída uma nota e de serem identificados pelo professor ou colegas uma vez que neste caso as suas respostas são anónimas. De seguida apresenta-se um exemplo de auto-avaliação com o mentimeter.

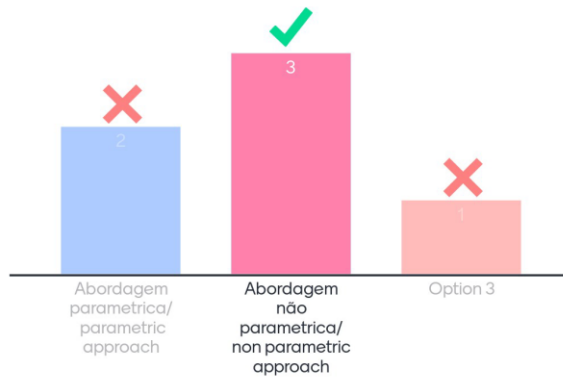
Which is an intrinsic factor

Mentimeter



O metodo de kaplan Meier é /kaplan Meier is

Mentimeter



Bibliografia

Recomendada para leitura

Lima, A.R., Cristofoli, N.L., Filippidis, K., Barreira, L. and Vieira, M.C. (2022). Shelf-life study of a *Salicornia ramosissima* vegetable salt: An alternative to kitchen salt. *Journal of Food Process Engineering*, 45:e14154. DOI: [10.1111/jfpe.14154](https://doi.org/10.1111/jfpe.14154).

Hu M., Jacobsen C. Eds (2016). *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats*. Elsevier.

Man, D. (2015). *Shelf Life* 2nd Edition Wiley Blackwell

Singh, RP; Heldman, DR (2014). *Introduction to Food Engineering*. 5th Edition, Academic Press, Inc. NY.

Vieira, M.C. and Silva, C.L.M. (2014). Stability of cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) nectar during storage. *International Journal of Food Studies*, 3, 160-174.

Nicoli M.C. (2012). *Shelf Life Assessment of Food*. CRC Press

Robertson, G. Gordon, Ed. (2012) *Food Packaging: Principles and Practice*, Third Edition, CRC Press, Boca Raton. DOI: [10.1201/b21347](https://doi.org/10.1201/b21347).

Hough, G (2010). *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*.

Robertson, G. Gordon, Ed. (2009) *Food Packaging and Shelf Life: A Practical Guide*. 1st Edition. CRC Press, Boca Raton. DOI: [10.1201/9781420078459](https://doi.org/10.1201/9781420078459).

Referências

Afinal, o que é pensamento crítico? | RL Educacional. (n.d.). Retrieved August 19, 2022, from <https://rlconsultoriaeducacional.com.br/2021/03/18/afinal-o-que-e-pensamento-critico/>

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives, handbook I: The cognitive domain*. New York: David McKay Co Inc.

Fink, L.D., *Creating Significant Learning Experiences: An Integrated Approach to Designing College Courses*, Jossey-Bass, San Francisco.

EFFECTIVE USE OF PERFORMANCE OBJECTIVES FOR LEARNING AND ASSESSMENT (For Use With Fink's and Bloom's Taxonomies). (n.d.).

ANEXOS



Validade de Alimentos - Casos Práticos

Maria Margarida Cortês Vieira

Conteúdo

1	DEPENDÊNCIA DO OXIGÊNIO/ EMBALAGEM	3
	Caso prático I.....	4
	Casos prático II.....	5
	Caso Prático III.....	6
2	ALIMENTOS SENSÍVEIS Á HUMIDADE	8
	Caso Prático I.....	9
	Caso Prático II.....	10
	Caso prático III	11
	Caso prático IV	12
3	ALIMENTOS SENSÍVEIS Á TEMPERATURA	13
	Caso Prático I.....	14
	Caso Prático II.....	15
	Caso Prático III.....	16
	Caso Prático IV	17
4	ABORDAGEM PARAMÉTRICA E NÃO PARAMÉTRICA	19
	Caso Prático I.....	20
	Caso Prático II.....	20
	Caso Prático III.....	21
	Caso Prático IV	22
	Bibliografia.....	23
	ANEXOS	24

1 DEPENDÊNCIA DO OXIGÉNIO/ EMBALAGEM



Caso prático I

Um alimento (50g) contido numa embalagem com uma área superficial de $A_{ef}=50\text{cm}^2$, pode tolerar cerca de 10cm^3 de O_2/g . O seu produtor necessita para este produto de um prazo de validade de 100 dias e está hesitante entre usar um de dois materiais barreira, o PVDC ou o EVOH. Para o prazo de validade requerido, qual a espessura do material de embalagem e quanto pagará o produtor deste alimento?

A food (50g) contained in a package with a surface area of $A_{ef}=50\text{cm}^2$, can tolerate about 10cm^3 of O_2/g . The manufacturer needs a shelf life of 100 days for this product and is in doubt whether to use one of two barrier films, EVOH or PVdC. For the shelf life period required what should be the thickness of the packaging material and how much will the manufacturer of this food pay for a package?

Tabela 1.1

Polímero	T °C	Custo €/Kg	Densidade g/cm ³	Espessura Thickness mm	Pi O ₂ a 25°C cm ³ mm/m ² .dia KPa	Ep (kcal/mol)
LDPE	25	1	0.914	0.1	1.9 103	43
PP		1.25	0.907	0.15	6.2 102	48
EVOH		10	0.902	?	0.2	-
PVDC				?	3.3	67

Casos prático II

Uma empresa está a prever lançar no mercado um novo produto constituído por palitos de pão torrado embebidos em azeite aromatizado com coentros. Foi pedido ao sector de embalagem, da qual faz parte, que projetasse uma embalagem que assegurasse uma validade do alimento conveniente a 35°C e a 60% HR. É importante ver-se o aspeto do produto. A embalagem por si sugerida é composta por um laminado de PP, EVOH e LDPE. A embalagem (saco selado termicamente) vai conter 250g de produto e terá de dimensões 10cm/20cm. Da análise sensorial que realizou ficou a saber que os provadores rejeitavam o produto quando este atingia no seu interior um volume de 35cm³ de oxigénio devido a reações de oxidação. No relatório a enviar á direção é preciso indicar:

A company is expected to launch on the market a new product consisting of toasted bread sticks soaked in olive oil flavored with coriander. The packaging sector, of which it is part, was asked to design a package ensuring a food shelf convenient at 35C and 60% HR. It is important to see what the product looks like. The package you have suggested is composed of a laminate of PP, EVOH and LDPE. The packaging (a thermo sealed bag) will contain 250g of product and will have dimensions of 10cm/20cm. From the sensory analysis, he performed he learned that the panelists would reject the product when 35cm³ of oxygen was reached inside the package due to oxidation reactions. In the report to be sent to the board, you must indicate:

- a) A validade do alimento considerando $\Delta p=0.21\text{atm}$.
- b) A quantidade de água que penetrará o alimento durante esse tempo.
- c) O custo da embalagem.
- d) the shelf life of the food considering $\Delta p=0.21\text{atm}$.
- e) The amount of water that will penetrate the food during that time.

f) The cost of packing.

$$P_2 = P_1 \cdot \exp \frac{E_p}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right); P = \frac{Q \cdot e}{t \cdot A \cdot \Delta p}$$

Tabela 1.2

Polímero	T °C	Custo €/Kg	Densidade g/cm ³	Espessura mm	P _i a 25°C cm ³ μm/m ² .dia KPa	E _p (kcal/mol)
LDPE						
O ₂	25	1	0.914	0.1	1.9 10 ³	10.2
H ₂ O					5.9 10 ⁴	10
PP						
O ₂	25	0.75	0.907	0.15	6.2 10 ²	48
H ₂ O					4.4 10 ⁴	42
EVOH						
O ₂	25	2	0.902	0.5	0.2	-
H ₂ O					3.1 10 ⁵	

$$P_2 = P_1 \cdot \exp \frac{E_p}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right); P = \frac{Q \cdot e}{t \cdot A \cdot \Delta p}$$

Caso Prático III

Um produto alimentar seco está contido numa caixa de 1 cm×4 cm×3 cm utilizando uma película de polímero para proteger a sensibilidade ao oxigénio do produto. O gradiente de concentração através do filme é definido pela concentração de oxigénio no ar e 1% dentro da embalagem. A difusividade do oxigénio para o polímero fi lm é de $3 \times 10^{-16} \text{ m}^2/\text{s}$. Estimar a espessura do filme necessária para garantir um prazo de validade do produto de 10 meses. O prazo de validade do produto é estabelecido como o momento em que as reações de oxidação dentro do produto utilizaram 0,5 mol de oxigénio.

A dry food product is contained in a 1 cm×4 cm×3 cm box using a polymer film to protect the oxygen sensitivity of the product. The concentration gradient across the film is defined by the oxygen concentration in the air and 1% within the package. The oxygen diffusivity for the polymer film is $3 \times 10^{-16} \text{ m}^2/\text{s}$. Estimate the film thickness needed to ensure a product shelf life of 10 months. The shelf life of the product is established as the time when oxidation reactions within the product have used 0.5 mol of oxygen.

2 ALIMENTOS SENSÍVEIS Á HUMIDADE



VALIDADE DE ALIMENTOS – DEPENDÊNCIA DA HUMIDADE

Caso Prático I

Um alimento em pó com uma densidade de 1 g.m^{-3} deve ser embalado numa película de plástico que tenha um WVTR de $2,1 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ a 25°C e $75\% \text{ RH}$. O teor inicial de humidade do pó é de 3% , e o teor crítico de humidade é de 7% . Partindo do princípio de que cada embalagem conterà 450 g de pó e será exposta a um ambiente externo a 25°C e $75\% \text{ RH}$, calcule o prazo de validade se as formas das embalagens forem as mesmas que as listadas na tabela seguinte. Para simplificar, assuma que a força motriz para a transmissão de vapor de água (WVT) permanece constante e que não existem gradientes de humidade no pó. Adaptado de (Robertson, 2013)

A food powder with a density $\rho 1 \text{ g.m}^{-3}$ is to be packaged in a plastic film that has a WVTR of $2.1 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ at 25°C and $75\% \text{ RH}$. The initial moisture content of the powder is 3% , and the critical moisture content is 7% . Assuming that each pack will contain 450 g of powder and will be exposed to an external environment at 25°C and $75\% \text{ RH}$, calculate the shelf life if the shapes of the packs are the same as in the following table. For simplicity, assume that the driving force for water vapor transmission (WVT) remains constant and that there are no moisture gradients in the powder.

Tabela 2.1 - Areas Superfícies' de embalagens com diferentes formas

Forma	Volume= m.p (cm^3)	Dimensões (cm)	Área superficial (cm^2)
Esfera	450	$r = \sqrt[3]{V \times \frac{3}{4 \times \pi}} = 4,75$	284
Cilindro		$h=10$; $r = \sqrt{\frac{V}{\pi \times H}} = 3,78$	328
Retangular		$h=3$; $c=15$; $l=10$	450
Cubo		$L = \sqrt[3]{V} = 7,67$	353

Caso Prático II

Um cereal de pequeno-almoço tem um teor inicial de humidade m_i de 2,5%. O COP (cut-off point) é o teor crítico de humidade m_c de 8% devido à perda de textura estaladiça (Robertson, 2013). O teor de humidade do equilíbrio m_e a 25 °C é de 14,8% e o teor de humidade pseudoequilíbrio m'_e obtido por extensão da porção linear do isotérmico é de 11%; declive da linha (b) é de 0,147 g H₂O/g sólidos/unidade aw (ver figura 2.1). Adaptado de (Robertson, 2013)

Breakfast cereal has an initial moisture content m_i of 2.5%. The COP (cut-off point) is the critical moisture content m_c of 8% due to loss of crispness (Robertson, 2013). The equilibrium moisture content m_e at 25°C is 14.8% and the pseudo-equilibrium moisture content m'_e obtained by extension of the linear portion of the isotherm is 11%; the slope of this line (b) is 0.147 g H₂O/g solids/unit aw (see Figure 2.1).

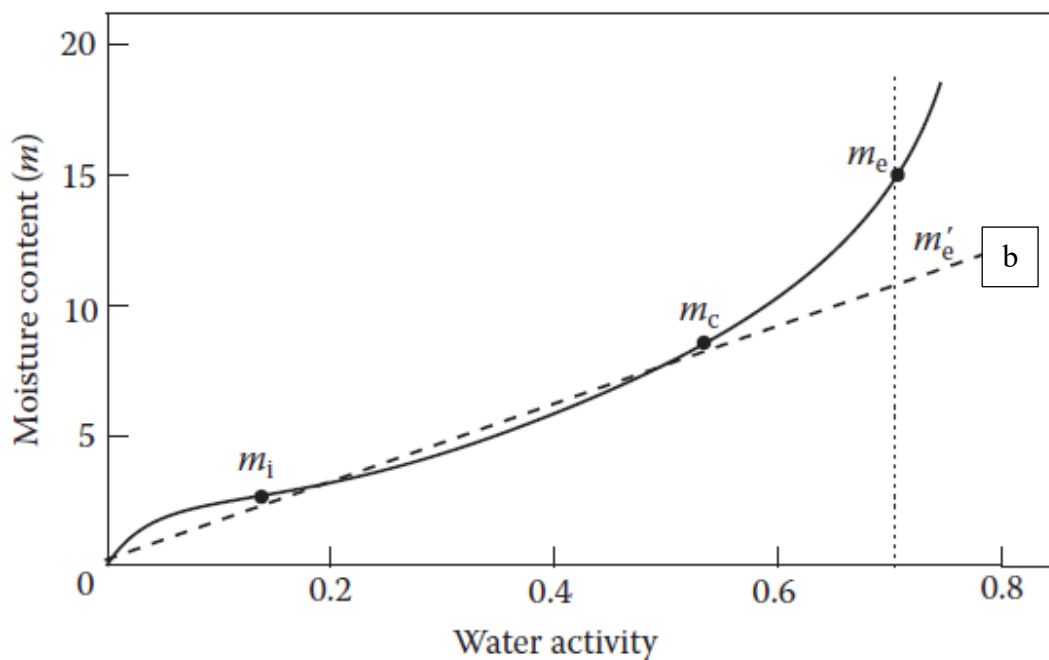


Fig. 2.1 Schematic of a typical moisture sorption isotherm for breakfast cereal with a superimposed

straight line of slope b . Initial (m_i), critical (m_c) and equilibrium (m_e) moisture contents are indicated together with the pseudo-equilibrium ($m'e$) moisture content used for package shelf life calculations.

Calcular o prazo de validade dos cereais se for embalado num saco de 50 μm LDPE ou 50 μm OPP. O peso dos cereais secos na embalagem é de 400 g e as dimensões dos sacos são de 20cmx30cm.

O produto embalado deve ser armazenado a 25°C e 75% RH.

A pressão de vapor de água pura a 25°C é de 2.3756 cm Hg

Dados de um fornecedor de películas de plástico indicaram que os WVTRs determinados a 25°C/75% RH eram

$$\text{LDPE}_{50\mu} = 8.0 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$\text{OPP}_{50\mu} = 1.35 \text{ g}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

Calculate the shelf life of the cereal if it is packaged in a bag of 50 μLDPE or 50 μOPP . The weight of dry cereal in the package is 400 g and the dimensions of the bags are 20cm x 30cm.

The packed product is to be stored at 25°C and 75% RH.

Vapor pressure of pure water at 25°C is 2.3756 cm Hg

Data from a plastic film supplier indicated that WVTRs determined at 25°C/75% RH were

$$\text{LDPE}_{50\mu} = 8.0 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$$

$$\text{OPP}_{50\mu} = 1.35 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$$

Caso prático III

Um alimento com uma massa seca de $W=80\text{g}$ de H_2O e um valor $b=9.0 \text{ kg}$ produto/kg, vai ser armazenado a 23°C e 85% de HR.

A HR inicial do produto é de $Y_{i,t=0} = 20\%$. A HR final de equilíbrio do produto é de $Y_{i,t=0} = 70\%$. A permeabilidade do material de embalagem é:

$$P=4 \times 10^{-2} \text{ kg}\mu\text{m}/(\text{m}^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{kPa})$$

Para uma embalagem de espessura de 53 μ m, calcule a área máxima para manter a HR de equilíbrio do produto inferior a 70% durante 100 dias. (Valentas et al., 1997)

A food product with a dry mass of $W=80\text{g}$ of H_2O and a value $b=9.0$ kg product/kg, will be stored at 23°C and 85% HR. The initial HR of the product is $Y_{i,t=0} = 20\%$. The final HR of product equilibrium is $Y_{i,t=0} = 70\%$. The permeability of the packaging material is:

$P=410 \times 10^{-2} \text{kgm}/(\text{m}\mu^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{kPa})$. For a package with 53 μ thickness, estimate the maximum area to keep the product's equilibrium HR below 70% for 100d.

Caso prático IV

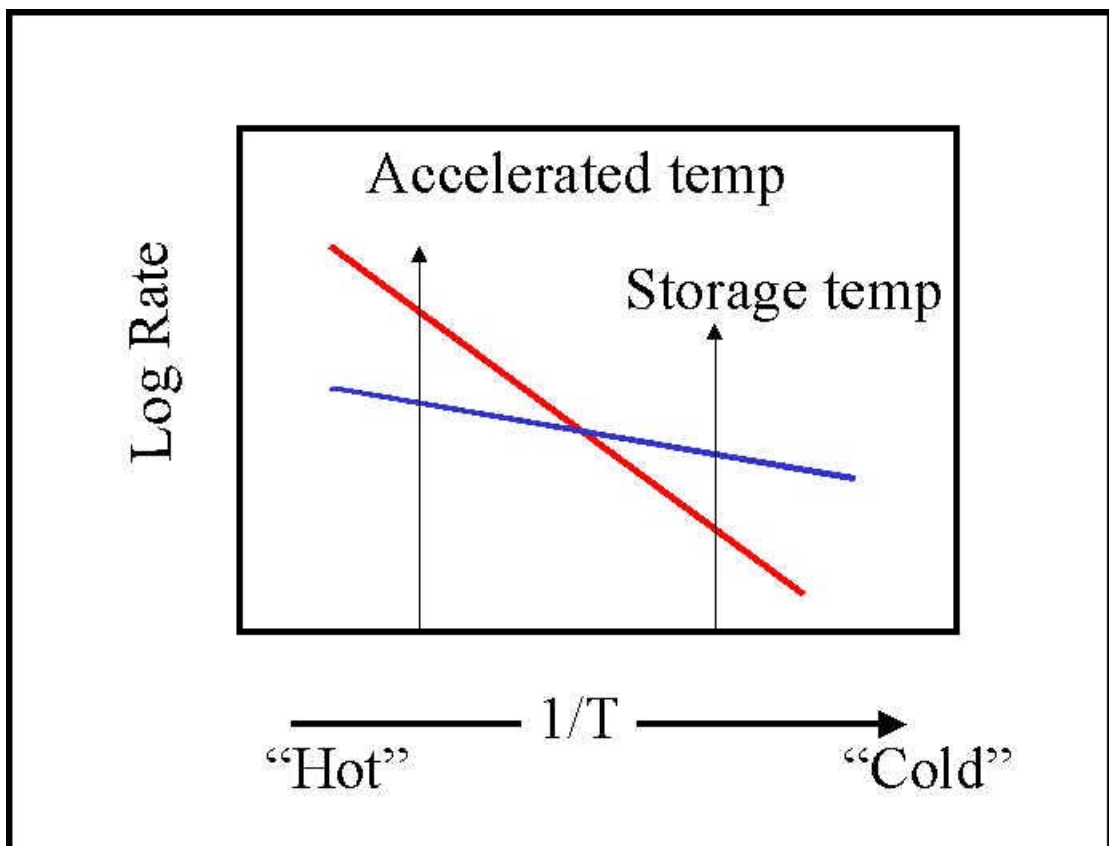
Um produto alimentar (270g) foi embalado com um filme composto: LDPE ($e=0.5\text{mm}$)/ PET ($e=0.1\text{mm}$)/ HDPE ($e=0.5\text{mm}$) com uma área superficial de embalagem efetiva de $A_{ef}=150\text{cm}^2$. O alimento foi embalado a 25°C e 60% de humidade, absorvendo O_2 sem alterações que levem a rejeitá-lo até á concentração de $0.05\text{cm}^3/\text{g}$ de produto. Após esta concentração, o alimento adquire um gosto e aroma desagradáveis. Adaptado de

- Qual o a validade do alimento do produto?
- Qual a massa de água que se perde através da embalagem.
($p^{s_{60\%HR}}=23.76\text{mmHg}$)

$$p = \frac{p^s}{100} RH$$

$$\Delta p = p_o - p_i = \frac{p^s}{100} (RH_o - RH_i)$$

3 ALIMENTOS SENSÍVEIS À TEMPERATURA



VALIDADE DE ALIMENTOS – DEPENDÊNCIA DA TEMPERATURA**Caso Prático I**

Nagy and Smoot (Nagy & Smoot, 1977) relataram a degradação do ácido ascórbico em sumo de laranja como sendo de 1ª ordem. Os dados são os seguintes:

Nagy and Smoot in 1977, reported the degradation of ascorbic acid in orange juice as being of first order. The data is as follows:

Tabela 3.1

T (°C)	29.4	37.8	46.1
k (min⁻¹)	0.00112	0.0026	0.0087

Sendo a vitamina C um dos parâmetros mais importantes no sumo de laranja o seu tempo de validade é estabelecido para quando esta vitamina atinge uma degradação de 50% (tempo de meia vida). Assim pretendemos saber o tempo de meia vida a 25 e a 30 °C.

Since vitamin C is one of the most important parameters in orange juice, its shelf life is established for when this vitamin reaches a degradation of 50% (half-life time). Thus we intend to know the half-life time at 25 and 30 °C.

Caso Prático II

Na Tabela 3.2 está representada a degradação térmica do aspartame no leite. Determine a validade do alimento se for armazenado a 25°C e se se pretender uma concentração final de aspartame de 150 ppm.

Table 3.2 shows the thermal degradation of aspartame in milk. Determine the shelf life of the product is stored at 25 °C and if you want a final concentration of aspartame of 150 ppm.

Tabela 3.2

Tempo (Dias)	Concentração de aspartame (ppm)		
	30°C	20°C	10°C
0	200	200	200
10	179		
23	167	178	
38	135		
48	115	157	
78		155	
95			175
121			168
143		139	
262		75	165
455			114
599			91

Adaptado de (Valentas et al., 1997)

Caso Prático III

Considere a Tabela 3.3 e a Figura 3.1. Determine a validade para a temperatura de 25 °C. Determine the shelf life time at 25°C.

Tabela 3.3- Acastanhamento não-enzimático num sistema modelo
Non-enzymatic browning in a model system

Tempo Dias	Acastanhamento não-enzimático			
	20°C	35°C	45°C	55°C
1			0.102	0.111
2				0.121
3				0.131
4				0.139
5	0.103	0.104	0.110	0.152
8				0.177
9				0.190
10			0.124	
11				0.238
15			0.137	
20	0.101	0.112	0.148	
25			0.158	
30	0.101	0.114	0.169	
40		0.123	0.194	
50		0.127	0.244	
60	0.106	0.133		
90		0.148		
105		0.155		
120	0.110			
135		0.160		
150	0.114			
180		0.175		
200	0.117			
275	0.127			
350	0.130			

Adaptado de (Valentas et al., 1997)

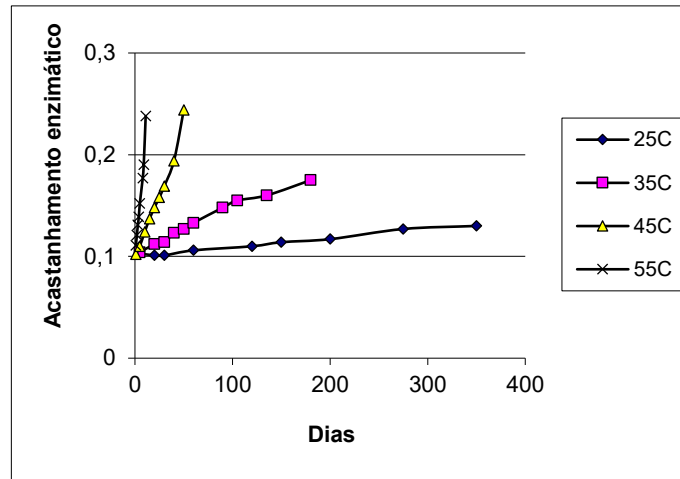


Fig 3.1- Acastanhamento enzimático num sistema modelo.
Enzymatic browning in a model system

Caso Prático IV

O relatório do Laboratório de I&D que veio para a sua mesa está incompleto. The Report from the R&D Lab that came to your desk is incomplete.

Por favor complete o relatório. Please complete the report.

Tendo em conta também os dados da tabela 3.4, preveja a alteração na qualidade das ervilhas se forem processadas a 130 °C durante 4 minutos.

Consider the data in Table 3.4, provide for a change in the quality of the peas if they are processed at 130 °C for 4 minutes.

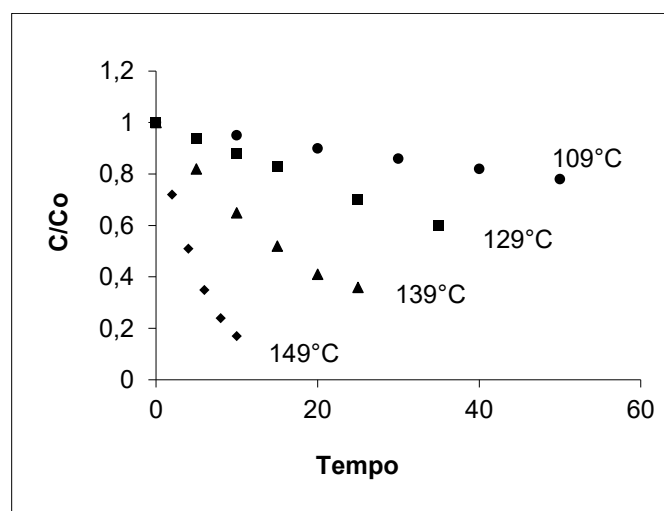


Fig. 3.2 - Alteração na qualidade das ervilhas processadas

Tabela 3.4 - Relatório sobre estudo de Parâmetros cinéticos de tiamina em ervilhas enlatadas.
Adaptado de (Valentas et al., 1997)

Report on a study of kinetic parameters of thiamine in canned peas

T °C	C/Co	t min	k min⁻¹	Ea KJ/mole	ko min⁻¹
109	1,00	0			
	0,95	10			
	0,90	20			
	0,86	30			
	0,82	40			
	0,78	50			
129	1,00	0			
	0,94	5			
	0,88	10			
	0,83	15			
	0,70	25			
	0,60	35			
139	1,00	0			
	0,82	5			
	0,65	10			
	0,52	15			
	0,41	20			
	0,36	25			
149	1,00	0			
	0,72	2			
	0,51	4			
	0,35	6			
	0,24	8			
	0,17	10			

4 ABORDAGEM PARAMÉTRICA E NÃO PARAMÉTRICA



Caso Prático I

Foi realizado um estudo para investigar o efeito de um tratamento térmico inovador no prolongamento do tempo de prateleira de um produto alimentar. Usaram-se 29 amostras de alimento embalado, 14 para o controle (processo atual) e 15 para o inovador. As amostras foram acompanhadas durante 16 semanas ou até serem rejeitadas (evento) ou até a perda de acompanhamento. Os tempos de sobrevivência observados, em semanas, para os dois grupos foram.

A study was conducted to investigate the effect of an innovative heat treatment to extend the shelf time of a food product. Twenty-nine samples were used, 14 for the control (the actual treatment) and 15 for the innovative treatment. The samples were followed for 16 weeks or until they were rejected (event) or until the loss of follow-up. The survival times observed in weeks for both groups were

GRUPO PROCESSO ATUAL: 1+,2+,3,3,3+, 5+, 5+, 16+, 16+, 16+, 16+, 16+, 16+, 16+, 16+

GRUPO PROCESSO INOVADOR: 1,1,1,1+,4+,5,7,8,10,10+,12+,16+,16+,16+

Considere o grupo processo atual dividido em 4 intervalos: [0,5), [5,10), [10,15), [15,∞), construa a tabela de vida para os dados.

Consider the actual process group divided into 4 ranges: [0.5), [5.10), [10.15), [15.∞), build the life table for the data.

Caso Prático II

Num estudo de prazo de validade utilizando a distribuição WEIBULL, foram obtidos os seguintes dados. Qual era o prazo de validade do produto?

In a shelf life study using the WEIBULL distribution, the following data was obtained. What was the shelf life of the product?

Time days	Panelists opinion																			
0	+	+	+																	
12	+	+	+	+																
24	+	+	+	+	+															
36	+	+	+	+	+	+														
48	+	+	+	+	+	+	+													
60	+	-	+	+	+	+	+	+												
72	+	-	+	-	+	+	+	+	+											

Caso Prático IV

Determine o prazo de validade do cottage cheese, utilizando a distribuição WEIBULL com os seguintes dados.

Determine the shelf life of cottage cheese, using the WEIBULL distribution with the

tempo	Aceitabilidade													
0	yes	yes	yes											
3	yes	yes	yes	yes										
7	yes	no	yes	yes	yes									
10	yes	no	yes	yes	yes	no								
13	no	yes	no	yes	no	yes	yes							
15	no	yes	no	yes	no	no	no	yes						
20	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no

following data.

Source:(Schmidt & Bouma, 1992)

Bibliografia

- Duyvesteyn, W. S., Shimoni, E., & Labuza, T. P. (2001). Determination of the End of Shelf-life for Milk using Weibull Hazard Method. *LWT - Food Science and Technology*, 34(3), 143–148.
<https://doi.org/10.1006/FSTL.2000.0736>
- Nagy, S., & Smoot, J. M. (1977). Temperature and Storage Effects on Percent Retention and Percent U.S. Recommended Dietary Allowance of Vitamin C in Canned Single-Strength Orange Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25(1), 135–138.
https://doi.org/10.1021/JF60209A031/ASSET/JF60209A031.FP.PNG_V03
- Robertson, G. L. (2013). *Food packaging : principles and practice*. 703.
- Schmidt, K., & Bouma, J. (1992). Estimating Shelf-Life of Cottage Cheese Using Hazard Analysis. *Journal of Dairy Science*, 75(11), 2922–2927.
[https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(92\)78054-0](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(92)78054-0)
- Valentas, K. J., Rotstein, Enrique., & Singh, R. Paul. (1997). Kinetics of food deterioration and shelf-life prediction. In *Handbook of Food Engineering Practice*. CRC Press. <https://www.routledge.com/Handbook-of-Food-Engineering-Practice/Valentas-Rotstein-Singh/p/book/9780849386947>

ANEXOS

TABLE 8.23
Permeability, Diffusion and Solubility Coefficients

	Temperatures (°C)	P	Ep	S × E3	D × E10
Polyethylene LDPE (d = 0.914 g/cc)					
H ₂	25	6.4E + 03		1.6E + 00	4.7E - 01
He	25	3.2E + 03	3.5E + 01	5.0E - 02	6.8E + 00
O ₂	25	1.9E + 03	4.3E + 01	4.7E - 01	4.6E - 01
CO ₂	25	7.0E + 02	3.9E + 01	2.5E + 00	3.7E - 01
N ₂	25	6.3E + 02	4.9E + 01	2.3E - 01	3.2E - 01
CH ₄	25	1.9E + 03	4.7E + 01	1.1E + 00	1.9E - 01
H ₂ O	25	5.9E + 04	3.4E + 01		
HDPE (d = 0.964 g/cc)					
He	25	7.4E + 02	3.0E + 01	2.8E - 02	3.1E + 00
O ₂	25	2.6E + 02	3.5E + 01	1.8E - 01	1.7E - 01
CO ₂	25	2.3E + 02	3.0E + 01	2.2E - 01	1.2E - 01
N ₂	25	9.5E + 01	4.0E + 01	1.5E - 01	9.3E - 02
CH ₄	25	2.5E + 02	4.1E + 01	5.1E - 01	5.7E - 02
H ₂ O	25	7.8E + 03			
Polypropylene (d = 0.907 g/cc) 50% crystallinity					
He	20	2.4E + 02	3.2E + 01		2.0E + 01
O ₂	25	6.2E + 02	4.8E + 01		
CO ₂	25	2.1E + 03	3.8E + 01		
N ₂	25	8.0E + 01	5.6E + 01		
H ₂ O	30	4.4E + 04	4.2E + 01		
Poly (ethylene-co-propylene) 40/60 amorphous					
N ₂	24.1	3.5E + 03	4.2E + 01	4.4E - 01	9.4E - 01
Polystyrene, biaxially oriented					
He	25	1.2E + 04			
O ₂	25	1.1E + 03			
CO ₂	25	3.5E + 03			
N ₂	25	5.2E + 02			
H ₂ O	25	7.3E + 05	-8.0E + 00		
Polyacrylonitrile (Barex)					
O ₂	25	3.5E + 00			
CO ₂	25	1.0E + 01			
H ₂ O	25	4.2E + 05			
Polyvinyl acetate					
He	30	8.2E + 03	1.3E + 01	7.8E - 02	6.5E + 00
O ₂	30	3.1E + 02	5.6E + 01	6.4E - 01	5.6E - 02
CH ₄	25	2.0E + 01	8.3E + 01	1.4E + 00	1.7E - 03
Ethylene vinyl alcohol (E 32%)					
O ₂ (0% RH)	25	3.0E - 02			
O ₂ (65% RH)	25	2.0E - 01			
H ₂ O	25	3.1E + 05			
Ethylene Vinyl Alcohol (E 44%)					
O ₂ (0% RH)	25	1.5E - 01			
O ₂ (65% RH)	25	3.0E - 01			
H ₂ O	25	1.1E + 05			
PVC, unplasticized					
O ₂	25	2.9E + 01	5.6E + 01	2.9E - 01	1.2E - 02
CO ₂	25	1.0E + 02	5.7E + 01	4.7E - 00	2.5E - 03
N ₂	25	7.7E + 00	6.9E + 01	2.3E - 01	3.8E - 03
CH ₄	25	1.8E + 01	6.6E + 01	1.7E + 00	1.3E - 03
H ₂ O	25	1.8E + 05	2.3E + 01	8.7E + 02	2.4E - 02
O ₂ (plasticized)	25	3.2E + 03			

TABLE 8.23 (continued)
Permeability, Diffusion and Solubility Coefficients

	Temperatures (°C)	P	Ep	S × E3	D × E10
Polyvinylidene chloride (Saran)					
O ₂	30	3.3E + 00	6.7E + 01		
CO ₂	30	1.9E + 01	5.2E + 01		
N ₂	30	6.0E + 01	7.0E + 01		
H ₂ O	25	6.0E + 03	4.6E + 01		
H ₂ S	30	2.3E + 01	7.5E + 01		
Polytetrafluorethylene (Teflon)					
O ₂	25	2.8E + 03	1.9E + 01	2.1E + 00	1.5E - 01
CO ₂	25	6.5E + 03	1.4E + 01		
N ₂	25	8.6E + 02	2.4E + 01	1.2E + 00	8.8E - 01
CH ₄	90	3.3E + 03	3.4E + 01	1.7E + 00	2.2E - 01
Polyisoprene, rubber					
O ₂	25	1.5E + 04	2.9E + 01	1.0E + 00	1.7E + 00
CO ₂	25	9.9E + 04	2.2E + 01	9.2E + 00	1.3E + 00
N ₂	25	6.1E + 03	3.6E + 01	6.1E - 01	1.2E + 00
H ₂ O	25	1.5E + 06			
CH ₄	25	2.0E + 04	3.1E + 01	2.6E + 00	8.9E - 01
PET 40% crystallinity					
O ₂	25	2.2E + 01	3.2E + 01	7.2E - 01	3.5E - 01
CO ₂	25	8.0E + 01	1.8E + 01	2.0E + 01	6.0E - 01
N ₂	25	3.9E + 01	3.3E + 01	4.5E - 01	1.3E - 01
H ₂ O	25	8.5E + 04	2.9E + 00		
CH ₄					
PET amorphous					
O ₂	25	3.8E + 01	3.8E + 01	9.8E - 01	4.5E - 01
CO ₂	25	2.0E + 02	2.8E + 01	2.8E + 01	8.0E - 01
Polycarbonate(lexan)					
O ₂	25	9.1E + 02	1.9E + 01	5.0E + 00	2.1E - 01
CO ₂	25	5.2E + 03	1.6E + 01	1.2E + 01	4.8E - 01
N ₂	25	1.9E + 02	2.5E + 01		
H ₂ O	25	9.1E + 05			6.8E - 01
Nylon 6					
O ₂ (100% RH)	25	2.5E + 01	4.4E + 01		
CO ₂	25	5.0E + 01	4.1E + 01		
N ₂	25	3.5E + 00	4.7E + 01		
H ₂ O	25	1.2E + 02			
Nylon 6,6 drawn					
CO ₂	25	4.5E + 01		1.5E + 01	
Nylon 11					
CO ₂	40	6.5E + 02	3.4E + 01	4.9E - 01	1.9E - 02
Cellophane					
O ₂ (0% RH)	25	1.4E + 00			
O ₂ (76% RH)	25	5.7E + 00			
CO ₂ (0% RH)	25	3.0E + 00			
CO ₂ (76% RH)	25	4.7E + 01			
N ₂ (0% RH)	25	2.1E + 00			
N ₂ (76% RH)	25	4.8E + 00			
H ₂ O	25	1.6E + 07			

Note: These values are provided as a general guide. P = cc(STP) μm/m²·d·kPa; D = m²/s; S = cc(STP)/cc·kPa; E_p = kJ/mol; LDPE = low density polyethylene; HDPE = high density polyethylene; PET = polyethylene terephthalate; PVC = polyvinyl chloride; RH = relative humidity.

Table 5 Oxygen permeability (OP) and oxygen transmission rate (OTR) of polymeric films incorporated with antimicrobials

Film	Antimicrobial	Antimicrobial incorporation method	OP $\times 10^7$ before the incorporation of the antimicrobial (mL m m ⁻² day ⁻¹ Pa ⁻¹)	OP $\times 10^7$ after the incorporation of the antimicrobial (mL m m ⁻² day ⁻¹ Pa ⁻¹)	OTR $\times 10^3$ before the incorporation of the antimicrobial (mL m ⁻² day ⁻¹)	OTR $\times 10^3$ after the incorporation of the antimicrobial (mL m ⁻² day ⁻¹)	T (°C)	RH (%)	Source
Vinylidene chloride copolymer	Sorbic acid (1.5% w/v)	Blending and solution-casting method	5,260.3	3,306.2			23	0	Limjaroen et al. [20]
Vinylidene chloride copolymer	Sorbic acid (2% w/v)	Blending and solution-casting method	5,260.3	5,664.9			23	0	Limjaroen et al. [20]
Vinylidene chloride copolymer	Sorbic acid (3% w/v)	Blending and solution-casting method	5,260.3	8,507.3			23	0	Limjaroen et al. [20]
Vinylidene chloride copolymer	Potassium sorbate (2% w/v)	Blending and solution-casting method	5,260.3*	444.1*			23	0	Limjaroen et al. [20]
Vinylidene chloride copolymer	Potassium sorbate (3% w/v)	Blending and solution-casting method	5,260.3*	>453,984*			23	0	Limjaroen et al. [20]
LDPE	Linaool (1% w/w)	Extrusion			9.2*	6.1*	23	0	Suppakul et al. [38]
LDPE	Methylchavicol (1% w/w)	Extrusion			9.2*	4.7*	23	0	Suppakul et al. [38]
PBAT	Nisin (1,000 IU cm ⁻²)	Blending and solution casting	4.80	10.7			23	0	Bastarrachea et al. [1]
PBAT	Nisin (3,000 IU cm ⁻²)	Blending and solution casting	4.80	7.54			23	0	Bastarrachea et al. [1]
PBAT	Nisin (5,000 IU cm ⁻²)	Blending and solution casting	4.80	11.3			23	0	Bastarrachea et al. [1]

IU international units

* Significant difference ($P < 0.05$) in the corresponding property between the films with and without antimicrobial

Bastarrachea et, 2011.

Table 6 Water vapor permeability (WVP) and water vapor transmission rate (WVTR) of polymeric films incorporated with antimicrobials

Film	Antimicrobial	Antimicrobial incorporation method	WVP $\times 10^{14}$ before the incorporation of the antimicrobial ($\text{mL m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$)	WVP $\times 10^{14}$ after the incorporation of the antimicrobial ($\text{mL m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$)	WVTR before the incorporation of antimicrobial ($\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$)	WVTR after the incorporation of antimicrobial ($\text{g m}^{-2} \text{day}^{-1}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	RH (%)	Source
Vinylidene chloride copolymer	Sorbic acid (1.5% w/v)	Blending and solution-casting method	110.3*	308.7*			37.8	90	Limjaroen et al. [20]
Vinylidene chloride copolymer	Sorbic acid (2% w/v)	Blending and solution-casting method	110.3*	330.8*			37.8	90	Limjaroen et al. [20]
Vinylidene chloride copolymer	Sorbic acid (3% w/v)	Blending and solution-casting method	110.3*	441.0*			37.8	90	Limjaroen et al. [20]
Vinylidene chloride copolymer	Potassium sorbate (2% w/v)	Blending and solution-casting method	110.3*	815.9*			37.8	90	Limjaroen et al. [20]
Vinylidene chloride copolymer	Potassium sorbate (3% w/v)	Blending and solution-casting method	110.3*	837.9*			37.8	90	Limjaroen et al. [20]
LDPE	Linalool (1% w/w)	Extrusion			13.7*	10.5*	38	90	Suppakul et al. [38]
LDPE	Methylchavicol (1% w/w)	Extrusion			13.7*	5.2*	38	90	Suppakul et al. [38]
PBAT	Nisin (1,000 IU cm^{-2})	Blending and solution casting	3.04	3.49			25		Bastarrachea et al. [1]
PBAT	Nisin (3,000 IU cm^{-2})	Blending and solution casting	3.04	3.40			25		Bastarrachea et al. [1]
PBAT	Nisin (5,000 IU cm^{-2})	Blending and solution casting	3.04	3.61			25		Bastarrachea et al. [1]

IU international units

* Significant difference ($P < 0.05$) in the corresponding property between the films with and without antimicrobial

Bastarrachea et, 2011.

Tabela B - Pressão de saturação a temperaturas dadas em °C, pressão dada em kiloPascals [kPa], bares, atmosferas [atm] e libras por polegada quadrada [psi] (Engineering Toolbox, 2023)

Temperature [°C]	Water saturation pressure		
	[kPa], [100*bar]	[atm]	[psi]
0.01	0.61165	0.0060	0.088712
2	0.70599	0.0070	0.10240
4	0.81355	0.0080	0.11800
10	1.2282	0.0121	0.17814
14	1.5990	0.0158	0.23192
18	2.0647	0.0204	0.29946
20	2.3393	0.0231	0.33929
25	3.1699	0.0313	0.45976
30	4.2470	0.0419	0.61598
34	5.3251	0.0526	0.77234
40	7.3849	0.0729	1.0711
44	9.1124	0.0899	1.3216
50	12.352	0.122	1.7915
54	15.022	0.148	2.1788
60	19.946	0.197	2.8929
70	31.201	0.308	4.5253
80	47.414	0.468	6.8768
90	70.182	0.693	10.179
96	87.771	0.866	12.730
100	101.42	1.001	14.710
110	143.38	1.42	20.796
120	198.67	1.96	28.815
130	270.28	2.67	39.201
140	361.54	3.57	52.437
150	476.16	4.70	69.061
160	618.23	6.10	89.667
180	1002.8	9.90	145.44
200	1554.9	15.35	225.52
220	2319.6	22.89	336.43
240	3346.9	33.03	485.43
260	4692.3	46.31	680.56
280	6416.6	63.33	930.65
300	8587.9	84.76	1245.6
320	11284	111.4	1636.6
340	14601	144.1	2117.7
360	18666	184.2	2707.3
370	21044	207.7	3052.2