

**ANNO ACCADEMICO: 2019-2020**

INSEGNAMENTO: Operazioni Unitarie delle Tecnologie Alimentari

TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ FORMATIVA: Caratterizzante

DOCENTE: Grasso Gianni

e-mail: gianni.grasso@fastwebnet.it

telefono: 338 7010509

Lingua di insegnamento: italiano

|  |   |   |                          |
|--|---|---|--------------------------|
| n. CFU: 9<br>(8 di lezioni frontali; 1 di esercitazioni numeriche) | n. ore:<br>64 di lezioni frontali + 16 di esercitazioni numeriche in aula, oltre ad una esercitazione/prova numerica finale nell'aula informatica del CISIT | Sede: Potenza<br>Scuola: SAFE<br>CdS: L26      Tecnologie<br>Alimentari | Semestre:<br>Il semestre |
|--|---|---|--------------------------|

**OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO**

**Conoscenza e capacità di comprensione:** scopo del corso è di fornire conoscenze per la descrizione dei fenomeni alla base delle Tecnologie Alimentari ed il loro inquadramento nello schema di approccio delle "Operazioni Unitarie". I contenuti, partendo da un quadro di riferimento formale di generale e larga valenza applicativa, che riprende i principi fondamentali della Chimica-Fisica e Fisica Tecnica, basato su forma e significato delle equazioni di "velocità" (trasporti di materia, energia e quantità di moto, cinetiche chimiche e microbiche), di equilibrio e della termodinamica, riguarderanno quindi le principali operazioni di trasferimento di fluidi ("pompaggio" etc.), frattura e modifica di consistenza (macinazione, coagulazione etc.), separazione di fasi (filtrazione, centrifugazione, sedimentazione, permeazione su membrana etc.), trasferimento di energia termica (riscaldamento tubiero, irraggiamento a piastre, cottura, blanching, pastorizzazione e sterilizzazione termica, refrigerazione, congelamento), scambio di materia (estrazione etc.), transizioni di fase (evaporazione, distillazione, cristallizzazione) con esempi applicativi di tipo in ogni caso quantitativo. Comprensione del percorso di metodo che lega, come filo metodologico continuo, i principi fisici alla base delle singole operazioni, i loro meccanismi microscopici, le loro finalità e, sommariamente, le apparecchiature destinate alla loro realizzazione considerate come ambienti di interazione con i sistemi trattati.

**Capacità di applicare conoscenza e comprensione:** uso delle equazioni per la risoluzione di problemi numerici applicati ai processi e individuazione, sulla base della loro lettura ragionata, delle variabili che condizionano i processi. Capacità di inquadrare in modo quantitativo condizioni/parametri di processo come variabili di stato del sistema, deducendole per via analitica mediante calcolo o per via grafica da diagrammi di stato o tecnici computativi. In particolare utilizzo dei diagrammi di stato in chiave previsionale, come strumenti analogici di simulazione dei processi reali.

**Autonomia di giudizio:** sviluppo di una autonoma capacità di effettuare prime valutazioni e decisioni, inquadrando in modo sistematico fenomeni ed eventi osservati, individuandone variabili, modalità di azione e meccanismi di trasformazione sulla base dello schema di approccio preordinato (capacità gestionale di informazioni e conoscenze formalizzate in modelli adattivi ai vari casi e contesti), in modo da poter fornire indicazioni ragionevoli delle condizioni di ottimizzazione dei processi. Capacità di individuare le corrette procedure di trasformazione, stabilizzazione/risanamento di alimenti in funzione delle caratteristiche compositive e del packaging.

**Abilità comunicative:** capacità di interloquire, attraverso un lessico di termini e concetti adeguati, con tecnici e laureati di settore ed anche di Discipline diverse, inquadrando i casi sotto la loro molteplicità di aspetti e interazioni. Capacità anche di descrivere in modo succinto ma coerente cause e modalità di trasformazione dei vari sistemi, relazionando chiaramente cause (stimoli/variabili indipendenti/ingressi) ad effetti (risposte/variabili dipendenti/uscite).

**Capacità di apprendimento:** capacità di orientarsi autonomamente e in modo costruttivo in nuovi argomenti e situazioni tecniche, individuando i campi di conoscenze da approfondire per il "controllo di situazione": variabili di modificazione di stato, struttura del sistema, proprietà e trasformazioni, utilizzando gli strumenti e le basi in possesso sia per il continuo della comprensione (in sede di *scholar learning*) che la gestione operativa (in sede di *lifelong learning*).

---

---

#### PREREQUISITI

Conoscenze di algebra e matematica generale, espressione dei dati in notazione esponenziale scientifica standard, sistemi di equazioni di 1° grado a più incognite, logaritmi; conversione di unità di misura ed analisi dimensionale; conoscenze base di Termodinamica con particolare riguardo al concetto di “sistema”, alla Termofisica (variazioni di entalpia) e ai diagrammi di stato di sistemi unari e binari; conoscenze di base di Fisica Tecnica inerenti l’impiego dei diagrammi per il calcolo grafico del fattore d’attrito fluidodinamico (Moody), dei parametri “termici” e “frigoriferi” (diagrammi di entalpia-temperatura del vapore ed entalpia-pressione dei fluidi frigoriferi), dei parametri psicrometrici (diagramma di stato dell’ aria umida nella forma ASHRAE); conoscenze di base di cinetica chimica e microbiologica limitatamente ad una dinamica del primo ordine; conoscenze di base di informatica per la costruzione di semplici grafici da una tabella di dati (programma Excel), cfr. oltre prova facoltativa; conoscenze base di lingua inglese (alcune parti di materiale didattico);

---

---

#### CONTENUTI DEL CORSO

Il corso è suddiviso in 8 blocchi di 8 + 2 h (8 di lezione e 2 di esercitazioni), nel seguito numerati in progressione temporale.

**Blocco 1.** Concetto di operazione unitaria. Classificazione delle operazioni unitarie: separazione-frazionamento, combinazione-assemblaggio, trasformazione, condizionamento. Concetto di “sistema” e di “interazione sistema/ambiente”. Variabili di stato dei sistemi tecnologici; esemplificazione di sistemi operativi industriali (macchine), fisici (prodotti) e biologici (materie prime quali indicatori di qualità in ingresso alle operazioni, effetti delle variabili ambientali). Apparecchiature come “sistemi termodinamici” ed approccio “ $T, P, n$ ” allargato alle variabili meccaniche, microbiche e dei campi di energia. Bilanci di massa ed energia. Definizione generalizzata dei fenomeni di trasporto: flussi, potenziali, forze motrici. Meccanismi di trasporto e classi di trasporti: conduttivi (molecolari), convettivi (massivi/macrosopici), radiativi (elettromagnetici), con trasferimenti interfase. Operazioni di velocità (cinetica) in sistemi chimici, fisici (sistemi eterogenei di ripartizione) e microbici.

Richiamo di metodi e strumenti quantitativi per il calcolo tecnico: calcolo grafico di derivate e costanti di proporzionalità di leggi lineari. Nomogrammi tecnici, abachi grafici ed algoritmi procedurali (8 + 2 h).

**Blocco 2.** Operazioni meccaniche I. Trasporto del momento meccanico in elettro-meccanica (coppia motore/utilizzatore) e in fluido-meccanica (utilizzatori contenenti fluidi). Trasporto di quantità di moto nei fluidi. Moto laminare e turbolento. Viscosità (eq. di Newton, fluidi newtoniani e non-newtoniani). Bilancio di energia (eq. di Bernoulli generalizzata). Conduzione idraulica (pompaggio). Equazioni fluidodinamiche: Poiseuille, Fanning e Darcy-W. Filtrazione (8 + 2 h).

**Blocco 3.** Operazioni meccaniche II. Meccanica dei corpi solidi, coesione ed energia interna: macinazione. Operazioni basate sulla composizione dei moti: ventilazione. Sedimentazione e centrifugazione, separazione ciclonica. Coesione e tensione superficiale dei liquidi: nebulizzazione. Agitazione-miscelazione, equazione di potenza del processo. Operazioni combinate meccanico/chimico-fisiche: emulsione. Operazioni basate sulle equazioni di “vantaggio”: estrusione, spremitura, sezionamento-taglio. Operazioni con movimenti composti: bottalatura, vagliatura, lavaggio (8 + 2 h).

**Blocco 4.** Operazioni termiche I. Trasporto del calore nei sistemi tecnici “a più corpi” (equazioni di trasporto a coefficienti “globali”): conduzioni, adduzioni, trasmissioni. Calcoli termofisici (calore/entalpia latente e sensibile) nel raffreddamento/riscaldamento e cottura. Calore specifico. Conduzione (parete piana e cilindrica), convezione (parete e fluido, fluidi separati da parete piana e cilindrica), eq. di Newton dell’ adduzione e di Dittus-B. Stati stazionari e transitori. Scambio termico: scambiatori a parete piana e curva, in equi- e contro-corrente (8 + 2 h).

**Blocco 5.** Operazioni termiche II. Generazione del “caldo” (richiamo alla caldaia). Concentrazione-evaporazione, vaporizzazione e stati termodinamici e termotecnici del vapore, bilancio termico e di materia di un evaporatore. Irraggiamento, fattori di vista e di irraggiamento, impatto nella cottura (a forno, grill, micro-onde). Riscaldamento ohmico. Generazione del “freddo” (richiamo alla macchina frigorifera). Effetto frigorifero da dati entalpici e carico termico di magazzino. Congelamento e surgelamento, eq. di Planck (8 + 2 h).

**Blocco 6.** Operazioni con trasporto di materia I. Classificazione dei materiali e loro proprietà fisiche/tecniche: solidi, liquidi, aeriformi, fluidi in stato supercritico; sistemi omogenei ed eterogenei di interesse tecnologico. Diffusione e permeazione. Equilibri eterogenei, isoterme di ripartizione; isoterma di adsorbimento  $s/v$  dell’ acqua (igroscopicità e

---

---

---

attività termodinamica  $a_w$  dell' acqua). Diagrammi di stato di sistemi mono-, bi- e tricomponenti; equilibri  $l/v$ ,  $s/l$ ,  $s/g$  (adsorbimento, desorbimento) e  $g/v$  o aria-vapore (diagramma psicrometrico), diagrammi entalpici  $l/v$  dei vapori tecnici. Equazione della leva in sistemi bi componenti (8 + 2 h).

**Blocco 7.** Operazioni con trasporto di materia II. Processi a membrana: ultra- e iper-filtrazione (osmosi inversa), unità di processo. Confezionamento/packaging, permeazione gassosa e migrazione diffusiva. Distillazione, "monostadio" e frazionata, in corrente di vapore (oli essenziali). Cristallizzazione. Estrazione (lisciviazione), diagrammi triangolari. Estrazione supercritica, unità di processo. Crioessiccazione (liofilizzazione), sublimazione. Essiccazione (desorbimento), bilancio di materia e calore da dati psicrometrici. Condizionamento ambientale: magazzinaggio, maturazione e stagionatura (8 + 2 h).

**Blocco 8.** Operazioni con trasporto di materia in senso non-convenzionale, inanimata (chimica) e animata (microbica). Richiami sui caratteri generali della "materia chimica" (diagrammi di stato concentrazione-pH delle specie ioniche/molecolari in soluzione) e della "materia animata" microscopica (diagrammi di stato " $T$ , pH,  $a_w$ " dei microrganismi). a) Operazioni chimiche: idrogenazione (cenno), neutralizzazione, coagulazione. b) Operazioni biochimiche e biotecnologiche: fermentazione tradizionale (calcolo delle rese stechiometriche, termiche e gassose). Trasformazione enzimatica su enzimi o cellule immobilizzate. c) Operazioni combinate (trasporti combinati a base termica): pastorizzazione e sterilizzazione (fattori termo-cinetici  $D_{10}$  e  $Z$ , algoritmo di calcolo del fattore "Fo"). d) Cottura come processo di sintesi delle varie specie di trasporti (8 + 2 h).

Le esercitazioni di calcolo, applicato alla risoluzione di semplici problemi inerenti la determinazione di parametri significativi delle varie operazioni unitarie, saranno svolte anche con l'uso di tabelle, diagrammi, abachi e nomogrammi.

Prova informatica finale (facoltativa e comunque legata ad una soglia minima di frequenza), consistente nel calcolo di una costante di proporzionalità di una legge cinetica lineare fisica o chimica o microbiologica partendo da una serie di dati numerici. Dal valore così calcolato del coefficiente angolare della retta, viene richiesta la previsione del valore della variabile fenomenica dipendente della data legge presa in esame quale stimato ad un dato tempo.

---

#### METODI DIDATTICI

Nelle lezioni in aula (64 h) vengono presentati i vari argomenti del corso, ciascuno con la/le relazioni quantitative fra le variabili caratterizzanti i fenomeni descritti e nelle 16 ore di esercitazioni si presentano esemplificazioni di calcolo ad esse relative. La conduzione delle lezioni viene effettuata con applicazione a tenere sotto *costante controllo* l'attenzione e la comprensione dell' uditorio attraverso la tecnica "maieutica", stimolando con interrogazioni e domande la sua capacità deduttiva del "tirar fuori da sè" le previsioni delle conclusioni. Particolare attenzione viene posta al "principio di continuità" di verificare il possesso dei "prerequisiti" di volta in volta necessari per i vari argomenti, o almeno di richiamarli esplicitamente per un collegamento.

Alla fine del corso gli studenti che hanno mostrato una frequenza di almeno del 50 % sono ammessi ad una prova facoltativa di esercitazione informatica numerica (2 h) presso il CISIT che, sulla base della relazione, dei risultati e dei grafici consegnati, consente una votazione addizionale fino ad un massimo di 2/30 da sommare al voto conseguito nella prova scritta e colloquio orale finale.

---

#### MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Il corso prevede inizialmente una prova esplorativa di ingresso sulle "specifiche conoscenze presupposte", al fine di responsabilizzare l' uditorio verso il necessario "ripasso" di nozioni propedeutiche.

L'obiettivo delle prove d'esame consistono nel verificare il livello di raggiungimento degli obiettivi formativi precedentemente indicati.

A tal fine l'esame è diviso in 2 parti:

- una prova scritta su tutti gli argomenti tratti nel corso, finalizzata a valutare la comprensione, con valenza applicativa, degli argomenti trattati attraverso la soluzione di 7 problemi numerici (tempo 3 h); per superare la prova è necessario acquisire la votazione di 18/30. E' consentito l' uso di un formulario, redatto in proprio da ciascuno studente, delle varie equazioni di processo.
  - un colloquio orale inteso a valutare la capacità dello studente ad aver compreso gli aspetti formali e gestionali tecnici di approccio generale meta- e transdisciplinare ai vari argomenti trattati, focalizzato cioè sulla capacità dello studente di orientarsi nelle varie descrizioni, che consente una votazione addizionale fino ad un massimo di 2/30, da sommarsi al voto conseguito nella prova scritta.
  - Il voto finale è dato dalla somma dei 2 punteggi e dell' ulteriore punteggio relativo alla prova facoltativa informatica di cui alla sezione precedente.
-

---

---

**TESTI DI RIFERIMENTO E DI APPROFONDIMENTO, MATERIALE DIDATTICO ON-LINE**

- Materiale didattico e dispense fornite: Elementi di teoria dei fenomeni di trasporto e delle operazioni unitarie, Parte Generale del Corso (su supporto magnetico), elaborati a cura di G. Grasso;
- Materiale didattico e dispense fornite: Raccolte delle parti teoriche numeriche degli argomenti, delle parti descrittive inerenti gli schemi delle strutture dei prodotti e delle apparecchiature, delle parti degli esempi numerici, degli esercizi e casi applicativi (su supporto cartaceo), elaborati a cura di G. Grasso. Materiale fornito ad inizio di ogni blocco di argomenti: Trasporti di energia meccanica e quantità di moto, calore, materia, “trasporto chimico” e “trasporto microbico” (= cinetiche di trasformazione).
- Peri C., Le Operazioni Fondamentali della Tecnologia Alimentare, CEA, Milano, 2009;
- Earle R.L., Earle M.D., Unit Operations in Food Processing - An introduction to the principles of food process engineering, The Web Edition, NZIFST-NZ, 1983;  
[disponibile online] <http://www.nzifst.org.nz/unitoperations/introduction2.htm>
- McCabe W.L., Smith J.C., Harriott, P. (2005) Unit Operations of Chemical Engineering, 7th ed., McGraw-Hill, New York, NY, 5th ed. [disponibile online] [http://cc.sit.edu.cn:805/upload/2016\\_1/3\\_8/gKauNveQ/Unit%20Operations%20of%20Chemical%20EngineeringWarrenL.%20McCabe.pdf](http://cc.sit.edu.cn:805/upload/2016_1/3_8/gKauNveQ/Unit%20Operations%20of%20Chemical%20EngineeringWarrenL.%20McCabe.pdf)
- Singh R.P., Heldman D.R., Introduction to food engineering, Academic Press, San Diego, 2001; trad. It. Principi di Tecnologia Alimentare, Casa Editrice Ambrosiana/ Zanichelli, 2015.

---

---

**METODI E MODALITA' DI GESTIONE DEI RAPPORTI CON GLI STUDENTI**

All'inizio del corso vengono descritti obiettivi e programmi, lo schema delle dispense che verranno fornite ed i metodi di valutazione. Particolare attenzione è volta alla motivazione verso gli argomenti e lo “spirito” della nuova Disciplina, presentata come il “cuore applicativo” delle varie Discipline affrontate nel primo anno e nel precedente semestre. Durante le lezioni vengono forniti i materiali didattici relativi.

Immediatamente dopo ogni prova scritta viene fornita la soluzione degli esercizi proposti e, contestualmente alla notifica dei risultati, viene fornita descrizione delle categorie degli errori principalmente riscontrati;

Orario di ricevimento: il martedì dalle 14:30 alle 15:30 nello studio del docente (stanza 218 piano II).

Oltre al ricevimento settimanale, il docente sarà sempre disponibile via e-mail.

---

---

**DATE DI ESAME PREVISTE**

Un appello con frequenza mensile, generalmente di lunedì o martedì (20/07/2020, 28/09/2020, 26/10/2020, 30/11/2020, 19/12/2020, 25/01/2021, 22/02/2021, 29/03/2021, 26/04/2021, 31/05/2021, 28/06/2021)

---

---

**COMMISSIONE D' ESAME**

Presidente: Grasso Gianni. Membri di commissione d'esame: Galgano Fernanda (componente), Caruso Marisa Carmela (supplente)

---

---

**SEMINARI DI ESPERTI ESTERNI** NO

---

---