

PREFAZIONE ALL'EDIZIONE ITALIANA

Da sempre il testo di Paul Singh e Dennis Heldman "Introduction to Food Engineering" rappresenta un riferimento per i docenti dei corsi universitari di Scienze e Tecnologie Alimentari; abbiamo quindi accettato con entusiasmo la proposta di realizzare la versione italiana dell'ultima e recentissima edizione del libro. La disciplina dell'ingegneria alimentare non esiste come tale nei nostri corsi di studio e la prima difficoltà è stata quella di scegliere il titolo dell'edizione italiana. Abbiamo intitolato questo libro "Principi di Tecnologia Alimentare" poiché riteniamo che la dicitura "tecnologia alimentare" rappresenti al meglio quella parte di competenze del tecnologo alimentare basate su principi ingegneristici, ma supportate e integrate da conoscenze di carattere chimico e biologico, indispensabili per comprendere i fenomeni che intervengono a carico delle matrici alimentari. Questa formazione multidisciplinare consente al laureato in Scienze e Tecnologie Alimentari di confrontarsi con gli ingegneri e lo ha reso la figura professionale di riferimento per i processi di trasformazione e conservazione degli alimenti.

L'edizione italiana del libro è stata per la gran parte curata da un gruppo di docenti formati alla Facoltà di Scienze Agrarie e Alimentari dell'Università degli Studi di Milano, sotto la guida del professor Corrado Cantarelli e del professor Claudio Peri. Mi piace e desidero ricordare questi due grandi docenti di Tecnologie Alimentari, che sono stati tra i fondatori del primo corso di laurea dedicato alle Scienze e Tecnologie Alimentari in Italia e hanno introdotto le discipline relative ai processi e alle operazioni unitarie della tecnologia alimentare.

Rispetto all'edizione originale, la versione italiana presenta alcune differenze, che riguardano essenzialmente la suddivisione dei contenuti in sezioni (non presenti nel testo americano) e l'introduzione di due nuovi capitoli. Le sezioni hanno lo scopo di organizzare i temi e gli argomenti in uno schema che da una parte corrisponda, in termini generali, alla sequenza seguita nell'insegnamento della materia e dall'altra sia coerente con una classificazione concettuale delle operazioni e dei processi della tecnologia alimentare.

Il testo comprende dunque una introduzione con i richiami alle grandezze fisiche e ai sistemi di misura utilizzati. Segue la sezione A, dedicata ai fenomeni fisici fondamentali nella tecnologia alimentare, rappresentati dal trasporto dei fluidi, dal trasporto di calore e dal trasporto di materia. La sezione B tratta le principali operazioni di conservazione degli alimenti, in particolare congelamento, pastorizzazione e sterilizzazione, disidratazione ed evaporazione, mentre la sezione C descrive le principali operazioni di trasformazione degli alimenti, rappresentate da filtrazione, separazione per membrana, sedimentazione, centrifugazione, miscelazione ed estrusione. In questa sezione è stato introdotto un nuovo capitolo, relativo all'estrazione solido-liquido. La

sezione D è dedicata alle operazioni di confezionamento e condizionamento dei prodotti alimentari e agli studi di shelf-life. Nella sezione E sono discussi i servizi ausiliari necessari per la realizzazione dei processi alimentari: impianti termici, macchine frigorifere e sistemi di controllo di processo. L'ultima parte del libro è dedicata alla sostenibilità di processo, con l'aggiunta di un nuovo capitolo relativo alla valutazione degli aspetti economici e tecnici della gestione degli impianti.

Questo libro non ha la pretesa di esaurire gli argomenti ingegneristici di interesse per il tecnologo alimentare, tuttavia consente di comprendere e applicare alcuni fenomeni fisici fondamentali, quali il trasporto di calore e il trasporto di materia, i bilanci di entalpia ed energetici, lo scorrimento dei fluidi, fornendo gli strumenti matematici necessari ad affrontare e risolvere la maggior parte dei problemi che si presentano nella progettazione e nel controllo dei processi alimentari. Un grande merito degli autori è di presentare, per i diversi fenomeni descritti da equazioni e modelli matematici anche molto complessi, una serie di equazioni semplificate e di diagrammi che possono essere applicati da studenti che non hanno una formazione specifica, come in generale gli studenti di tecnologie alimentari. A questo scopo, quasi tutti i capitoli presentano numerosi esercizi risolti, anche mediante foglio di calcolo, oltre a una serie di esercizi da risolvere. Il testo è inoltre arricchito da contenuti di supporto presentati in forma multimediale, comprendenti animazioni, fotografie di impianti, video di processi industriali e problemi virtuali risolti attraverso metodi di simulazione.

Gabriella Giovanelli
DeFENS, Università degli Studi di Milano

Autori

R. Paul Singh è professore di Food Engineering presso la University of California a Davis. Formatosi nel settore dell'ingegneria agraria negli anni '70 (Punjab Agricultural University, University of Wisconsin e Michigan State University) ha sviluppato le sue ricerche nell'ambito dei fenomeni di trasporto nei processi alimentari e della modellazione al fine di migliorare l'efficienza produttiva. Attualmente le sue ricerche si concentrano sui meccanismi fisici della digestione per l'ottenimento di nuovi prodotti alimentari che possano apportare benefici alla salute. Autore di testi molto apprezzati, ha depositato numerosi brevetti e ha ottenuto diversi premi e riconoscimenti per la sua attività di ricerca.

Dennis R. Heldman si è laureato in ingegneria agraria presso la Michigan State University, dove ha insegnato per diversi anni per passare poi all'industria alimentare ricoprendo ruoli di primissimo piano nel settore ricerca e sviluppo della Campbell Soup Company e in altre aziende. In seguito, dopo un ritorno all'attività accademica, ha avviato una propria società di consulenza per l'industria alimentare di cui tuttora è presidente. L'attività editoriale con Paul Singh risale al 1974, allora un suo laureato alla Michigan State University, dove diedero luce a una apprezzata serie di testi di tecnologia alimentare.

PREFAZIONE ALLA 5^a EDIZIONE INGLESE

Le operazioni unitarie della tecnologia alimentare sono un elemento basilare del tipico curriculum dei corsi di laurea in Scienze e Tecnologie Alimentari negli Stati Uniti e in Canada. Le operazioni e i processi della tecnologia alimentare costituiscono infatti competenze essenziali nei programmi di studio approvati da IFT (Institute of Food Technology). Questa materia comprende diversi argomenti ingegneristici, tra cui: (a) i principi dei bilanci di materia e di energia, della termodinamica, dello scorrimento dei fluidi, del trasporto di materia e di energia; (b) i principi di conservazione degli alimenti, comprendenti i trattamenti a bassa e ad alta temperatura e il concetto di attività dell'acqua; (c) i principi di trasformazione degli alimenti, tra cui l'essiccamento, i trattamenti ad alta pressione, i trattamenti asettici, l'estrusione; (d) le tecnologie e i materiali di confezionamento; (e) i trattamenti di detergenza e sanificazione. Spiegare questi argomenti a studenti con conoscenze limitate nell'ambito della matematica e dell'ingegneria rappresenta un compito difficile. Questo testo si pone l'obiettivo di fornire agli studenti che intendono operare come professionisti nel settore delle scienze e tecnologie alimentari, una solida base di concetti ingegneristici, che consenta loro di comunicare e interagire facilmente con gli ingegneri specializzati.

Questo testo è stato specificatamente pensato per i corsi di tecnologia delle lauree di primo livello, quindi per studenti non ancora laureati. Gli argomenti e i temi sono stati selezionati al fine di illustrare le applicazioni dei trattamenti tecnologici nelle fasi di manipolazione, trasformazione, confezionamento, stoccaggio e distribuzione dei prodotti alimentari. La maggior parte degli argomenti è presentata mediante la descrizione fenomenologica dei processi, i principi fisici e ingegneristici di base e con problemi esemplificativi. Questo approccio si propone di guidare lo studente nell'applicazione delle conoscenze teoriche, consentendo l'acquisizione di capacità di *problem-solving* e consolidando la conoscenza dei concetti teorici.

I temi trattati nel testo spaziano dai principi ingegneristici, basati sulla fisica fondamentale, alle loro diverse applicazioni nei processi alimentari. Nei primi quattro capitoli si introducono i concetti relativi ai bilanci di materia e di energia, alla termodinamica, al trasporto dei fluidi e al trasporto di calore. Rispetto alle edizioni precedenti, in questa 5^a edizione sono trattati anche i temi della sostenibilità. Nei quattro capitoli successivi vengono discusse le applicazioni della termodinamica e del trasporto di calore nei processi di conservazione, refrigerazione e congelamento e nei trattamenti di evaporazione per la concentrazione dei liquidi alimentari. Alla presentazione dei principi della psicrometria e del trasporto di materia segue la discussione delle operazioni di separazione per membrana, disidratazione, estrusione e confezionamento, e di processi supplementari quali filtrazione, centrifugazione e miscelazione.

Molte caratteristiche delle prime quattro edizioni di questo testo sono presenti nella 5^a edizione. I diversi capitoli includono del materiale descrittivo per aiutare gli studenti a comprendere gli aspetti applicativi delle operazioni trattate. Sebbene le equazioni siano derivate dalle relazioni fondamentali, esse sono utilizzate per la risoluzione di problemi pratici. La maggior parte dei capitoli contiene numerosi problemi esemplificativi, utili a illustrare i diversi concetti e la loro applicazione, e per alcuni di essi la soluzione è presentata sotto forma di foglio di calcolo. La serie di problemi presentata alla fine dei capitoli è stata aggiornata e dovrebbe costituire per gli studenti uno strumento di allenamento e sviluppo delle abilità di *problem-solving*.

Le revisioni più significative di questa 5^a edizione riguardano le modalità alternative di presentazione del materiale. Oltre al tradizionale testo cartaceo, il libro è anche disponibile in formato digitale. Infine, una terza modalità di fruizione di questo testo comprende i più recenti strumenti interattivi, ideati per tablet e computer. Questi approcci interattivi comprendono l'utilizzo di animazioni, la soluzione virtuale di problemi attraverso metodi di simulazione (*what-if analysis*), fotografie di impianti industriali, video di processi ed esperimenti virtuali. Gli esperimenti virtuali prevedono la simulazione dei processi e l'utilizzo dei modelli matematici per la previsione delle modificazioni di caratteristiche fisiche, chimiche o microbiologiche dei prodotti indotte dal trattamento tecnologico. Questi esperimenti virtuali sono presentati in un ambiente di facile utilizzo e sono indirizzati ad aumentare negli studenti il livello di conoscenza e comprensione dei principi teorici. La 5^a edizione include una nuova parte relativa alla sostenibilità delle risorse, che introduce gli studenti alla terminologia e ai concetti utilizzati per lo studio dell'efficienza dei processi e delle operazioni.

Gli utilizzatori primari di questo testo sono i docenti universitari dei corsi di primo livello; l'approccio utilizzato nella presentazione dei concetti e nella loro applicazione deriva dall'esperienza accumulata in anni di insegnamento. I diversi docenti che utilizzeranno questo libro di testo potranno selezionare i capitoli e il materiale associato sulla base degli specifici obiettivi didattici, dal momento che le parti descrittive, i concetti fondamentali e i problemi sono stati organizzati in modo da consentire la massima flessibilità nell'utilizzo. I contenuti di questo testo devono rappresentare per lo studente una linea guida allo studio della materia, e grazie a un approfondimento individuale alcuni studenti saranno in grado di risolvere i problemi più complessi presentati alla fine dei diversi capitoli.

Gli argomenti trattati in questo testo possono essere facilmente utilizzati per due corsi sequenziali: un primo corso, avente come oggetto i principi fondamentali dell'ingegneria alimentare e comprendente le informazioni riportate nei primi quattro capitoli del libro; un secondo corso, dedicato alle applicazioni e basato sui contenuti dei capitoli da 5 a 8. I capitoli 9 e 10 potrebbero essere utilizzati per il primo corso e i capitoli da 11 a 15 potrebbero far parte del programma del secondo corso. Inoltre i capitoli sulle applicazioni possono costituire la base per un corso sui processi della tecnologia alimentare.

Abbiamo apprezzato i molti suggerimenti ricevuti dai colleghi e gli incoraggiamenti e le indicazioni provenienti dagli studenti, in oltre 40 anni di insegnamento di questa materia. Tutti i commenti e i suggerimenti sono stati utili e hanno consentito il continuo miglioramento di questo testo, rendendo il lavoro un'esperienza di grande valore. Continueremo a rispondere alle sollecitazioni da parte dei colleghi universitari e degli studenti, affinché i concetti e le applicazioni delle tecnologie alimentari trovino sempre nuove e attuali modalità di espressione.

R. Paul Singh
Dennis R. Heldman

GUIDA ALLA LETTURA

I.1 SISTEMA INTERNAZIONALE DELLE UNITÀ DI MISURA (SI)

I.1.1 Regole e convenzioni per l'utilizzo del sistema internazionale delle unità di misura

Le regole per l'utilizzo del SI sono basate sulle raccomandazioni di diverse conferenze internazionali, dell'Organizzazione Internazionale di Standardizzazione (ISO) e dell'American Society of Agricultural Engineers.

I.1.1.1 Prefissi del SI

La tabella I.1.1. riporta i prefissi utilizzati nel SI con i relativi simboli. I prefissi si scrivono in carattere corsivo, senza spazio tra il simbolo del prefisso e quello dell'unità di misura. L'utilizzo del prefisso definisce un ordine di grandezza, consentendo così di eliminare cifre non significative e decimali. Ad esempio

19200 m o 19.2×10^3 m diventa 19.2 km

Tabella I.1 Prefissi del SI

Fattore	Prefisso	Simbolo	Fattore	Prefisso	Simbolo
10^{18}	esa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	milli	m
10^9	giga	G	10^{-6}	micro	μ
10^6	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^3	chilo	k	10^{-12}	pico	p
10^2	etto	h	10^{-15}	femto	f
10^1	deca	da	10^{-18}	atto	a

La presenza di un esponente accanto a un simbolo con prefisso, indica che il multiplo o sottomultiplo dell'unità di misura è elevato alla potenza indicata dall'esponente. Ad esempio

$$1 \text{ mm}^3 = (10^{-3} \text{ m})^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$$
$$1 \text{ cm}^{-1} = (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1}$$

Non si devono utilizzare prefissi composti, formati cioè dall'unione di due o più prefissi del SI. Ad esempio

1 nm ma non 1 mμm

Tra le unità di misura fondamentali, l'unità di massa, kg, è l'unica che, per ragioni storiche, contiene un prefisso. Per ottenere il nome dei multipli e sottomultipli dell'unità di massa si antepone il prefisso alla parola "grammo".

Nelle unità di misura derivate, i prefissi devono essere utilizzati al numeratore, ad eccezione di quando compare kg al denominatore. Quindi

$$2.5 \text{ kJ/s} \text{ e non } 2.5 \text{ J/ms}$$

ma

$$550 \text{ J/kg} \text{ e non } 5.5 \text{ dJ/g}$$

Nella scelta del prefisso, fare in modo che il valore numerico ottenuto sia compreso tra 0.1 e 1000. In generale non si dovrebbero utilizzare doppi prefissi o prefissi composti. Ad esempio

$$\text{GJ} \text{ e non } \text{kJMJ}$$

I.1.1.2 Utilizzo delle maiuscole

I simboli delle unità di misura si scrivono generalmente in carattere corsivo, minuscolo; tuttavia, se il simbolo deriva da un nome proprio, si usa il carattere maiuscolo (per la prima lettera), per esempio K, N. I simboli non devono essere seguiti dal punto.

Se le unità di misura sono scritte in forma non abbreviata, la lettera iniziale non è mai maiuscola (anche quando deriva da un nome proprio): ad esempio kelvin, newton. I prefissi numerici non sono mai maiuscoli eccetto che per i simboli E (esa), P (peta), G (giga) e M (mega).

I.1.1.3 Uso del plurale

I simboli delle unità di misura rimangono invariati, anche nella forma plurale. Nella forma non abbreviata i plurali si compongono secondo le regole della grammatica

$$\begin{aligned} 22 \text{ centimetri} & \text{ o } 22 \text{ cm} \\ 45 \text{ newton} & \text{ o } 45 \text{ N} \end{aligned}$$

I.1.1.4 Punteggiatura

Per valori numerici inferiori a uno, lo zero deve precedere il separatore dei decimali (punto). In questo testo si adotta la convenzione inglese: il separatore dei decimali è il punto e i numeri a molte cifre sono scritti raggruppando le cifre a tre a tre (migliaia), separate da uno spazio vuoto (nel sistema anglosassone le migliaia possono essere separate da una virgola). Ad esempio

$$3\,456\,789.291 \text{ e non } 3,456,789.291$$

I.1.1.5 Unità derivate

Il prodotto di due o più unità di misura può essere scritto alternativamente come

$$\text{N} \cdot \text{m} \text{ o } \text{Nm}$$

Per scrivere le unità derivate ottenute da un rapporto si possono utilizzare una barra inclinata, una linea orizzontale o una potenza negativa. Ad esempio

$$\text{m/s} \text{ o } \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ o } \text{m s}^{-1}$$

Il segno di frazione non deve essere ripetuto nello stesso termine. Nei casi più complicati si utilizzano parentesi o potenze negative. Ad esempio

$$\begin{aligned} \text{m/s}^2 & \text{ o } \text{m s}^{-2} \text{ ma non } \text{m/s/s} \\ \text{J/(s m K)} & \text{ o } \text{J s}^{-1} \text{K}^{-1} \text{ ma non } \text{J/s/m/K} \end{aligned}$$