

Εισαγωγή

Η φυσική, η χημεία και τα μαθηματικά είναι απαραίτητα για την κατανόηση των αρχών που διέπουν τις περισσότερες διεργασίες που απαντώνται συνήθως στη βιομηχανία τροφίμων. Για παράδειγμα, εάν ζητηθεί από έναν μηχανικό τροφίμων να σχεδιάσει μια διεργασία τροφίμου, η οποία περιλαμβάνει θέρμανση και ψύξη, αυτός πρέπει να κατέχει τις φυσικές αρχές που διέπουν τη μεταφορά θερμότητας. Η δουλειά του μηχανικού συχνά αναμένεται να είναι ποσοτική, κατά συνέπεια είναι απαραίτητη η ικανότητά του να χρησιμοποιεί μαθηματικά. Τα τρόφιμα υπόκεινται σε μεταβολές ως αποτέλεσμα της επεξεργασίας. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι φυσικές, χημικές, ενζυμικές ή μικροβιολογικές. Συχνά απαιτείται η γνώση της κινητικής των χημικών μεταβολών που συμβαίνουν κατά την επεξεργασία. Τέτοια ποσοτική γνώση είναι προαπαιτούμενη για τον σχεδιασμό και την ανάλυση των διεργασιών των τροφίμων. Αναμένεται ότι πριν από τη μελέτη των αρχών της μηχανικής τροφίμων, ο σπουδαστής θα έχει παρακολουθήσει βασικά μαθήματα Μαθηματικών, Χημείας και Φυσικής. Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται ανασκόπηση σε ορισμένες επιλεγμένες φυσικές και χημικές έννοιες που είναι σημαντικές στη μηχανική τροφίμων.

1.1 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Ένα φυσικό μέγεθος, το οποίο μπορεί να παρατηρηθεί ή/και να μετρηθεί, καθορίζεται ποιοτικά από μία διάσταση. Για παράδειγμα, ο χρόνος, το μήκος, η επιφάνεια, ο όγκος, η μάζα, η δύναμη, η θερμοκρασία και η ενέργεια θεωρούνται όλα διαστάσεις. Το ποσοτικό μέγεθος μιας διάστασης εκφράζεται με μία μονάδα. Μία μονάδα μήκους μπορεί να μετρηθεί ως μέτρο, εκατοστόμετρο ή χιλιοστόμετρο.

Οι πρωτογενείς διαστάσεις, όπως το μήκος, ο χρόνος, η θερμοκρασία και η μάζα εκφράζουν κάποιο φυσικό μέγεθος. Οι δευτερογενείς διαστάσεις εμπεριέχουν κάποιο συνδυασμό πρωτογενών διαστάσεων (π.χ. ο όγκος είναι το μήκος στον κύβο, η ταχύτητα είναι η απόσταση διά του χρόνου).

Οι εξισώσεις πρέπει να είναι διαστατικά σωστές. Έτσι, εάν η διάσταση του αριστερού μέρους μιας εξισώσης είναι «μήκος», η διάσταση και του δεξιού μέρους πρέπει να είναι, επίσης, «μήκος», διαφορετικά η εξισώση είναι λανθασμένη. Αυτή είναι μία καλή μέθοδος για τον έλεγχο της ορθότητας των εξισώσεων. Κατά την επίλυση αριθμητικών προβλημάτων, είναι χρήσιμη η αναγραφή στις εξισώσεις των μονάδων κάθε διαστατικής ποσότητας. Η πρακτική αυτή βοηθά στην αποφυγή λαθών στους υπολογισμούς.

Όλες οι εικόνες του κεφαλαίου αυτού αναφέρονται στον ιστότοπο του συγγραφέα, η ιδιοκτησία και η λειτουργία του οποίου είναι ανεξάρτητες. Ο οίκος Academic Press δεν είναι υπεύθυνος για τη λειτουργία και το περιεχόμενο του ιστότοπου του συγγραφέα. Σχόλια και ερωτήσεις για τον ιστότοπο παρακαλούμε όπως απευθύνονται στον συγγραφέα: Professor R. Paul Singh, Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California, Davis, CA 95616, USA. Email: rps@rpaulsingh.com

1.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΟΝΤΑΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Τα φυσικά μεγέθη μετρώνται με χρήση μεγάλου πλήθους συστημάτων μονάδων. Τα πιο κοινά συστήματα είναι το Αγγλοσαξονικό σύστημα, το σύστημα εκατοστόμετρο-γραμμάριο-δευτερόλεπτο (cgs) και το σύστημα μέτρο-χιλιόγραμμο-δευτερόλεπτο (mks). Ωστόσο, η χρήση αυτών των συστημάτων με πολυάριθμα σύμβολα για τον χαρακτηρισμό των μονάδων έχει προκαλέσει συχνά σημαντική σύγχυση. Οι διεθνείς οργανισμοί έχουν προσπαθήσει να τυποποιήσουν τα συστήματα μονάδων, τα σύμβολα και τα μεγέθη τους. Ως αποτέλεσμα διεθνών συμφωνιών έχει προκύψει το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (*Système International d'Unités*) ή οι μονάδες SI. Οι μονάδες SI αποτελούνται από επτά θεμελιώδεις (βασικές) μονάδες, δύο συμπληρωματικές μονάδες και μια σειρά από παράγωγες μονάδες, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

1.2.1 Θεμελιώδεις (βασικές) μονάδες

Το σύστημα SI βασίζεται στην επιλογή επτά καλώς οριζόμενων μονάδων, οι οποίες κατά σύμβαση θεωρούνται διαστατικά ανεξάρτητες. Οι ορισμοί αυτών των επτά θεμελιώδων (βασικών) μονάδων είναι οι ακόλουθοι:

1. Μονάδα μήκους (meter): Το μέτρο (m) είναι το μήκος που ισούται με 1.650.763,73 μήκη κύματος στο κενό της ακτινοβολίας που αντιστοιχεί στη μετάπτωση μεταξύ των επιπέδων $2p_{10}$ και $5d_5$ του ατόμου Κρυπτό-86.
2. Μονάδα μάζας (kilogram): Το χιλιόγραμμο (kg) ισούται με τη μάζα του διεθνούς προτύπου του χιλιόγραμμου. (Το διεθνές πρότυπο χιλιόγραμμο είναι ένας ειδικός κυλινδρος από κράμα λευκόχρυσου-ιριδίου, ο οποίος φυλάσσεται από το Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών στις Σέβρες στη Γαλλία).
3. Μονάδα χρόνου (second): Το δευτερόλεπτο (s) είναι η διάρκεια 9.192.631.770 περιόδων ακτινοβολίας που αντιστοιχεί στη μετάβαση μεταξύ των δύο υπέρλεπτων σταθμών της θεμελιώδους κατάστασης του ατόμου Καίσιο-133.
4. Μονάδα ηλεκτρικού ρεύματος (ampere): Το ampere (A) είναι το σταθερό ηλεκτρικό ρεύμα που, αν διερχόταν από δύο ευθύγραμμους παράλληλους αγωγούς άπειρου μήκους και αμελητέας κυκλικής διατομής, τοποθετημένους σε απόσταση 1 m στο κενό, θα παρήγαγε μεταξύ αυτών των αγωγών μία δύναμη ίση με 2×10^{-7} newton ανά μέτρο μήκους.
5. Μονάδα θερμοδυναμικής θερμοκρασίας (kelvin): Το kelvin (K) είναι το κλάσμα 1/273,16 της θερμοδυναμικής θερμοκρασίας του τριπλού σημείου του νερού.
6. Μονάδα ποσότητας ουσίας (mole): Το mole (mol) είναι η ποσότητα ουσίας ενός συστήματος που περιέχει τόσες στοιχειώδεις οντότητες όσα άτομα υπάρχουν σε 0,012 kg 'Ανθρακα-12.
7. Μονάδα φωτεινής έντασης (candela): Η candela (cd) είναι η φωτεινή ένταση στην κάθετη διεύθυνση επιφάνειας 1/600.000 m² ενός μέλανος σώματος στη θερμοκρασία πήξης του λευκόχρυσου υπό πίεση 101.325 N/m².

Αυτές οι θεμελιώδεις (βασικές) μονάδες, μαζί με τα σύμβολά τους, συνοψίζονται στον Πίνακα 1.1.

1.2.2 Παράγωγες μονάδες

Οι παράγωγες μονάδες είναι αλγεβρικοί συνδυασμοί των θεμελιώδων μονάδων, που εκφράζονται μέσω πολλαπλασιασμού και διαίρεσης. Χάριν απλότητας,

Πίνακας 1.1 Θεμελιώδεις (βασικές) μονάδες SI.

Μετρήσιμο χαρακτηριστικό φαινομένου ή ύλης	Όνομα	Σύμβολο
Μήκος	μέτρο (meter)	m
Μάζα	χιλιόγραμμο (kilogram)	kg
Χρόνος	δευτερόλεπτο (second)	s
Ηλεκτρικό ρεύμα	ampere	A
Θερμοδυναμική θερμοκρασία	kelvin	K
Ποσότητα ουσίας	mole	mol
Φωτεινή ένταση	candela	cd

οι παράγωγες μονάδες συχνά έχουν ειδικά ονόματα και σύμβολα, τα οποία χρησιμοποιούνται για να προκύψουν άλλες παράγωγες μονάδες. Ακολουθούν οι ορισμοί μερικών παράγωγων μονάδων που συνήθως χρησιμοποιούνται:

1. Newton (N): Το *newton* είναι η δύναμη που προσδίδει σε μάζα 1 kg επιτάχυνση 1 m/s².
2. Joule (J): Το *joule* είναι το έργο που παράγεται, όταν εξαιτίας μιας δύναμης 1 N το σημείο εφαρμογής της μετατοπίζεται κατά απόσταση 1 m προς τη διεύθυνση της δύναμης.
3. Watt (W): Το *watt* είναι η ισχύς που προκαλεί παραγωγή ενέργειας με ρυθμό 1 J/s.
4. Volt (V): Το *volt* είναι η διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ δύο σημείων ενός αγώγιμου σύρματος που διαρρέεται από συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα 1 A, όταν η ισχύς που καταναλώνεται μεταξύ αυτών των σημείων είναι ίση με 1 W.
5. Ohm (Ω): Το *ohm* είναι η ηλεκτρική αντίσταση μεταξύ δύο σημείων ενός αγώγου όταν μια σταθερή διαφορά δυναμικού 1 V, εφαρμοζόμενη μεταξύ αυτών των σημείων, παράγει ρεύμα 1 A, ενώ ο αγωγός αυτός δεν είναι πηγή καμίας ηλεκτρεγερτικής δύναμης.
6. Coulomb (C): Το *coulomb* είναι η ποσότητα ηλεκτρισμού που μεταφέρεται σε 1 s από ρεύμα 1 A.
7. Farad (F): Το *farad* είναι η χωρητικότητα ενός πυκνωτή, μεταξύ των πλακών του οποίου παρουσιάζεται διαφορά δυναμικού 1 V, όταν φορτίζεται με ποσότητα ηλεκτρισμού ίση με 1 C.
8. Henry (H): Το *henry* είναι η αυτεπαγωγή ενός κλειστού κυκλώματος στο οποίο παράγεται ηλεκτρεγερτική δύναμη 1 V, όταν το ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα μεταβάλλεται ομοιόμορφα με ρυθμό 1 A/s.
9. Weber (Wb): Το *weber* είναι η μαγνητική ροή που, για κύκλωμα μιας σπείρας, παράγει ηλεκτρεγερτική δύναμη 1 V, καθώς μηδενίζεται με ομοιόμορφο ρυθμό σε 1 s.
10. Lumen (lm): Το *lumen* είναι η φωτεινή ροή που εκπέμπεται σε ένα σημείο στερεάς γωνίας 1 στερακτινίου από ομοιόμορφη σημειακή πηγή έντασης 1 cd.

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή

Πίνακας 1.2 Παραδείγματα παράγωγων μονάδων SI που εκφράζονται με θεμελιώδεις μονάδες.

Ποσότητα	Μονάδα SI	
	Όνομα	Σύμβολο
Επιφάνεια	τετραγωνικό μέτρο	m ²
Όγκος	κυβικό μέτρο	m ³
Ταχύτητα	μέτρο ανά δευτερόλεπτο	m/s
Επιτάχυνση	μέτρο ανά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο	m/s ²
Πυκνότητα, πυκνότητα μάζας	χιλιόγραμμο ανά κυβικό μέτρο	kg/m ³
Πυκνότητα ρεύματος	αμπέρ ανά τετραγωνικό μέτρο	A/m ²
Ένταση μαγνητικού πεδίου	αμπέρ ανά μέτρο	A/m
Συγκέντρωση (ποσότητας ουσίας)	mole ανά κυβικό μέτρο	mol/m ³
Ειδικός όγκος	κυβικό μέτρο ανά χιλιόγραμμο	m ³ /kg
Λαμπρότητα	candela ανά τετραγωνικό μέτρο	cd/m ²

Πίνακας 1.3 Παραδείγματα παράγωγων μονάδων SI με ειδικά ονόματα.

Ποσότητα	Μονάδα SI			'Εκφραση με όρους θεμελιωδών μονάδων SI
	Όνομα	Σύμβολο	'Εκφραση με όρους άλλων μονάδων	
Συχνότητα	hertz	Hz		s ⁻¹
Δύναμη	newton	N		m kg s ⁻²
Πίεση, τάση	pascal	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
Ενέργεια, έργο, ποσότητα θερμότητας	joule	J	N m	m ² kg s ⁻²
Ισχύς, ροή ακτινοβολίας	watt	W	J/s	m ² kg s ⁻³
Ποσότητα ηλεκτρισμού, ηλεκτρικό φορτίο	coulomb	C		s A
Ηλεκτρικό δυναμικό, διαφορά δυναμικού, ηλεκτρεγερτική δύναμη	volt	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
Χωρητικότητα	farad	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
Ηλεκτρική αντίσταση	ohm	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
Αγωγιμότητα	siemens	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
Θερμοκρασία Κελσίου	βαθμός Κελσίου (Celsius)	°C		K
Φωτεινή ροή	lumen	lm		cd sr
Ένταση φωτισμού	lux	lx	lm/m ²	m ⁻² cd sr

Πίνακας 1.4 Παραδείγματα παράγωγων μονάδων SI που εκφράζονται με όρους ειδικών ονομάτων.

Ποσότητα	Μονάδα SI		Έκφραση με όρους θεμελιώδων μονάδων SI
	Όνομα	Σύμβολο	
Δυναμικό ίχωδες	pascal δευτερόλεπτο	Pa s	$m^{-1} kg\ s^{-1}$
Ροπή δύναμης	newton μέτρο	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
Επιφανειακή τάση	newton ανά μέτρο	N/m	$kg\ s^{-2}$
Πυκνότητα ιοχύος, πυκνότητα ροής θερμότητας, ακτινοβολία	watt ανά τετραγωνικό μέτρο	W/m ²	$kg\ s^{-3}$
Θερμοχωρητικότητα, εντροπία	joule ανά kelvin	J/K	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}$
Ειδική θερμότητα	joule ανά χιλιόγραμμο kelvin	J/(kg K)	$m^2\ s^{-2}\ K^{-1}$
Ειδική ενέργεια	joule ανά χιλιόγραμμο	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
Θερμική αγωγιμότητα	watt ανά μέτρο kelvin	W/(m K)	$m\ kg\ s^{-3}\ K^{-1}$
Πυκνότητα ενέργειας	joule ανά κυβικό μέτρο	J/m ³	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
Ένταση ηλεκτρικού πεδίου	volt ανά μέτρο	V/m	$m\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
Πυκνότητα ηλεκτρικού φορτίου	coulomb ανά κυβικό μέτρο	C/m ³	$m^{-3}\ s\ A$
Πυκνότητα ηλεκτρικής ροής	coulomb ανά τετραγωνικό μέτρο	C/m ²	$m^{-2}\ s\ A$

Παραδείγματα παράγωγων μονάδων SI που εκφράζονται με θεμελιώδεις μονάδες, παράγωγων μονάδων SI με ειδικά ονόματα και παράγωγων μονάδων SI που εκφράζονται μέσω ειδικών ονομάτων παρουσιάζονται στους Πίνακες 1.2, 1.3 και 1.4, αντιστοίχως.

1.2.3 Συμπληρωματικές μονάδες

Αυτή η κατηγορία μονάδων περιλαμβάνει δύο καθαρά γεωμετρικές μονάδες, οι οποίες μπορεί να θεωρηθούν είτε θεμελιώδεις είτε παράγωγες μονάδες.

- Μονάδα επίπεδης γωνίας (radian): Το *ακτίνιο* (rad) είναι η επίπεδη γωνία μεταξύ δύο ακτίνων κύκλου, οι οποίες τέμνουν την περιφέρεια σε τόξο ίσο με το μήκος της ακτίνας.
- Μονάδα στερεάς γωνίας (steradian): Το *στερακτίνιο* (sr) είναι η στερεά γωνία που, έχοντας την κορυφή της στο κέντρο σφαίρας, τέμνει ένα εμβαδόν στην επιφάνεια της σφαίρας ίσο με εκείνο ενός τετραγώνου με πλευρά ίση με την ακτίνα της σφαίρας.

Οι συμπληρωματικές μονάδες συνοψίζονται στον Πίνακα 1.5.

Πίνακας 1.5 Συμπληρωματικές μονάδες SI.

Ποσότητα	Μονάδα SI	
	Όνομα	Σύμβολο
Επίπεδη γωνία	ακτίνιο (radian)	rad
Στερεά γωνία	στερακτίνιο (steradian)	sr