Ερευνητική Εργασία

Αξιολόγηση των οδηγιών ανασύστασης με ζεστό νερό και της επισήμανσης του βρεφικού γάλακτος σε σκόνη για τη διασφάλιση της μείωσης *του Cronobacter* spp.

Μαρία Αμαλία Μπέαρυ,Σάρα Ε. Ντέιλι,Γιάκομπ Μπέικερ,Άμπιγκεϊλ Μπ. Σνάιντερ

Εμφάνιση περισσότερων

Περίγραμμα | Μερίδιο Αναφέρω

https://doi.org/10.1016/j.jfp.2025.100571

Αποκτήστε δικαιώματα και περιεχόμενο

Υπό άδεια Creative Commons

Ανοικτή πρόσβαση

Ανταύγειες

- Μετά από 5 λεπτά, οι θερμοκρασίες του βρασμένου νερού στα δοχεία ήταν μεταξύ 164,8 και 203 °F.
- Το υλικό του μπουκαλιού επηρεάζει σημαντικά τις θερμοκρασίες του νερού για την παρασκευή του.
- Το νερό σε φιάλη στους ≥165 °F (73,8 °C) πριν από την προσθήκη PIF επιτυγχάνει τον στόχο ≥158 °F (70 °C).
- Η λειτουργία του ανασυσταμένου PIF κάτω από κρύο νερό ήταν η ταχύτερη μέθοδος ψύξης συνολικά.
- Διαπιστώθηκαν ασυνέπειες στην επισήμανση και έλλειψη ασφαλών θερμοκρασιών νερού στα PIF.

Περίληψη

Η μόλυνση από Cronobacter spp. σε σκόνη βρεφικού γάλακτος (PIF) μπορεί να προκαλέσει λοιμώξεις σε βρέφη υψηλού κινδύνου. Οι οδηγίες δημόσιας υγείας για τους φροντιστές βρεφών

υψηλού κινδύνου συμβουλεύουν την ανασύσταση του PIF χρησιμοποιώντας νερό που έχει θερμανθεί τουλάχιστον στους 70 °C (158 °F) για μικροβιακή απενεργοποίηση. Αυτή η μελέτη αξιολόγησε τις αλλαγές στη θερμοκρασία του νερού υπό διαφορετικά σενάρια θέρμανσης και ψύξης κατά την παρασκευή του γάλακτος, με στόχο να προσδιορίσει ποιες συνθήκες διασφαλίζουν καλύτερα μια ελάχιστη θερμοκρασία επεξεργασίας 158 °F (70 °C). Ο τύπος του δοχείου, η χρήση του καπακιού, η απομάκρυνση του δοχείου από την πηγή θερμότητας και ο όγκος του νερού ελέγχθηκαν για τις επιπτώσεις τους στη συγκράτηση θερμότητας. Αξιολογήθηκε επίσης η μέθοδος "hot shot", η οποία χρησιμοποιεί μικρό όγκο ζεστού νερού ακολουθούμενο από μεγαλύτερο όγκο ψυχρού νερού. Σε πολλά σενάρια, οι θερμοκρασίες του νερού έπεσαν κάτω από τους 158 °F (70 °C) κατά τη διάρκεια των βημάτων πριν από την ανασύσταση του PIF. Η θερμοκρασία του νερού πριν από τη μεταφορά στο μπιμπερό, το υλικό και η χωρητικότητα του μπιμπερό, καθώς και ο όγκος του μεταφερόμενου νερού επηρέασαν σημαντικά τη θερμοκρασία (p < 0,001). Η θερμοκρασία του παρασκευάσματος αμέσως μετά την ανακίνηση ήταν έως και 81,9 ± 0,9 °C (179,5 ± 1,6 °F) και έως και 58,9 ± 0,7 °C (138,0 ± 1,3 °F), ανάλογα με τις συνθήκες παρασκευής. Το υλικό και η χωρητικότητα της φιάλης, ο όγκος του νερού και η αρχική θερμοκρασία του νερού επηρέασαν σημαντικά τη θερμοκρασία του ανασυσταμένου PIF. Μικροί όγκοι (2 fl. oz) νερού σε μικρά γυάλινα μπουκάλια ψύχθηκαν ταχύτερα. Η μέθοδος hotshot απέδωσε θερμοκρασίες πολύ κάτω από τους 70 °C (158 °F). Η μέτρηση της θερμοκρασίας του ζεστού νερού στο μπουκάλι και η προσθήκη PIF όταν ψύχθηκε στους 73,8 °C (165 °F) είχε ως αποτέλεσμα θερμοκρασίες παρασκευάσματος στους 70 °C ή πάνω, επιτυγχάνοντας σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις μείωση *του C. sakazakii* >5 log CFU/mL . Ωστόσο, απαιτήθηκαν 30 δευτερόλεπτα παθητικής ψύξης για να διασφαλιστεί η θνησιμότητα των παθογόνων. Οι ετικέτες των PIF εξετάστηκαν και δεν περιείχαν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με το πώς οι φροντιστές βρεφών υψηλού κινδύνου θα πρέπει να χρησιμοποιούν ζεστό νερό για την ανασύσταση του PIF. Τα ευρήματά μας μπορούν να βοηθήσουν στη διαμόρφωση κατευθυντήριων γραμμών που βελτιώνουν τις πρακτικές ανασύστασης του PIF.

‹ Προηγούμενο Επόμενο ›

Λέξεις-κλειδιά

Ασφάλεια τροφίμων για τους καταναλωτέςΟδηγίες προετοιμασίας φαγητούΒρέφη υψηλού κινδύνου

Οι λοιμώξεις από Cronobacter spp. σε βρέφη υψηλού κινδύνου, που συνήθως ορίζονται ως βρέφη κάτω των 2 μηνών, που γεννιούνται πρόωρα ή με άλλο τρόπο ανοσοκατεσταλμένα, μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, όπως σηψαιμία, μηνιγγίτιδα και θάνατο (FAO/WHO, 2006 , US Centers for Disease Control and Prevention, 2024a , US Centers for Disease Control and Prevention, 2024b , US Centers for Disease Control and Prevention, 2024c , US Centers for Disease Control and Prevention, 2024d , US Centers for Disease Control and

Prevention, 2024e ; Song et al., 2018). Αν και οι περισσότερες λοιμώξεις προκαλούνται από *το C. sakazakii,* άλλα είδη όπως το C. *malonaticus* και το C. *turicensis* έχουν επίσης συνδεθεί με κλινικές περιπτώσεις (Li et al., 2024 , World Health Organization, 2008). Το βρεφικό γάλα σε σκόνη (PIF) είναι ένας φορέας μέσω του οποίου τα βρέφη μπορούν να μολυνθούν με *Cronobacter* spp. (Norberg et al., 2012 , Siqueira Santos et al., 2013). Η μόλυνση από PIF μπορεί να συμβεί κατά την παρασκευή (Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2002 , Jiang and Guo, 2021). *Τα Cronobacter* spp. μπορούν να ανεχθούν το οσμωτικό στρες και τις υψηλές θερμοκρασίες, συμβάλλοντας στην επιβίωσή τους σε περιβάλλοντα επεξεργασίας ξηρής τροφής (Healy et al., 2010 , Ramaswami et al., 2021). *Τα Cronobacter* spp. βρίσκονται επίσης σε οικιακά περιβάλλοντα και μπορεί να συμβεί διασταυρούμενη μόλυνση κατά τον χειρισμό από τον καταναλωτή (Samadpour et al., 2024 , Strysko et al., 2020).

Λόγω του κινδύνου μόλυνσης από *Cronobacter* spp. στα PIF, οι υπηρεσίες δημόσιας υγείας συνιστούν πρόσθετα προληπτικά μέτρα για βρέφη υψηλού κινδύνου (CDC, 2022). Μια βασική σύσταση είναι η χρήση ζεστού νερού για την ανασύσταση του PIF, η οποία βασίζεται σε μελέτες επικύρωσης που δείχνουν ότι το ζεστό νερό στους 70 °C (158 °F) ή υψηλότερη θα απενεργοποιήσει ακαριαία >5 log CFU/ml *C. sakazakii* (Edelson-Mammel και Buchanan, 2004). Για βρέφη υψηλού κινδύνου, οι οδηγίες δημόσιας υγείας των ΗΠΑ γενικά προτείνουν να βράσετε το νερό, στη συνέχεια να το αφήσετε να κρυώσει στο δοχείο θέρμανσης για όχι περισσότερο από 5 λεπτά πριν το προσθέσετε σε ένα καθαρό μπουκάλι και στη συνέχεια να το αναμίξετε με το PIF (Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024a , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024b , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024c , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024d , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024e , Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ, 2024). Αυτές οι οδηγίες παραλείπουν τις μετρήσεις θερμοκρασίας κατά την παρασκευή του γάλακτος, κάτι που μπορεί να αυξήσει την ευκολία για τον φροντιστή. Ωστόσο, αυτές οι οδηγίες που βασίζονται στον χρόνο μπορούν επίσης να μεταφραστούν σε ασυνέπεια στις πρακτικές θέρμανσης του νερού μεταξύ των καταναλωτών.

Οι φροντιστές συχνά βασίζονται στις ετικέτες των προϊόντων για οδηγίες παρασκευής φόρμουλας, αν και αυτές οι ετικέτες ενδέχεται να μην παρέχουν καθοδήγηση σχετικά με την ανασύσταση του PIF με ζεστό νερό (Malek et al., 2020). Υπάρχει μια ποικιλία προβλέψιμων προσεγγίσεων παρασκευής φόρμουλας που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οι φροντιστές, οι οποίες θα μπορούσαν εύλογα να οδηγήσουν σε πολύ διαφορετικές θερμοκρασίες νερού σε διαφορετικά στάδια παρασκευής. Για παράδειγμα, η μέθοδος "hot shot" στην οποία μόνο 30 mL νερού στους 70 °C (158 °F) προστίθεται αρχικά στο PIF, μπορεί να μην επαρκεί για την απενεργοποίηση *του Cronobacter* spp. Επιπλέον, η θερμοκρασία του νερού των 70 °C (158 °F) συνήθως αναγράφεται στο δοχείο θέρμανσης (π.χ., δοχείο από ανοξείδωτο χάλυβα, ηλεκτρικός βραστήρας) *πριν* από τη μεταφορά στο μπιμπερό. Αυτό δεν λαμβάνει υπόψη την αναπόφευκτη απώλεια θερμότητας κατά τη διαδικασία μεταφοράς νερού. Επιπλέον, οι συστάσεις που βασίζονται σε χρόνο διατήρησης παραμελούν τον τρόπο με τον οποίο τα διαφορετικά υλικά του δοχείου θέρμανσης και οι περιβαλλοντικές συνθήκες επηρεάζουν την απώλεια θερμότητας κατά τη διάρκεια της περιόδου

ψύξης των 5 λεπτών. Έχει διερευνηθεί ελάχιστα η διακύμανση της θερμοκρασίας στο τέλος μιας περιόδου ψύξης 5 λεπτών σε διαφορετικά δοχεία θέρμανσης και στο σημείο της ανασύστασης. Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν (1) να ποσοτικοποιήσει τις διαφορές στα αποτελέσματα της θερμοκρασίας του νερού με βάση εύλογα προβλέψιμες συνθήκες παρασκευής, (2) να εντοπίσει παραμέτρους παρασκευής που οδηγούν σε θερμοκρασίες νερού κάτω από 70 °C (158 °F) κατά την ανασύσταση του PIF, (3) να προσδιορίσει τον βαθμό μείωσης του *C. sakazakii* υπό διαφορετικά σχήματα παρασκευής και (4) να αξιολογήσει τις συστάσεις θερμοκρασίας και ασφαλούς χειρισμού στο πλαίσιο των οδηγιών παρασκευής των εμπορικών προϊόντων PIF.

Υλικά και μέθοδοι

Δοχεία θέρμανσης . Επιλέχθηκαν τρεις τύποι δοχείων για το βράσιμο (100 °C· 212 °F) νερού για την παρασκευή PIF, συμπεριλαμβανομένων: (i) δοχείο από ανοξείδωτο χάλυβα 1,5 L (Winco® SSSP-2 #47, Lodi, NJ, ΗΠΑ), (ii) ηλεκτρικός βραστήρας από ανοξείδωτο χάλυβα 1,7 L (Phonect Electric Kettle Temperature Control KE4065T-GS, Shenzhen Aukeyhi Technology Co., Ltd., Κίνα.) και ένα (iii) κύπελλο Pyrex από βοριοπυριτικό γυαλί 1 L (Corning, Νέα Υόρκη, ΗΠΑ). Τα δοχεία επιλέχθηκαν με βάση τα εικονογράμματα στις οδηγίες (δηλαδή, οι οδηγίες του CDC δείχνουν ένα δοχείο και ένα δοσομετρικό κύπελλο), τους κανονισμούς (δηλαδή, ο Τίτλος 21 Κεφάλαιο I Υποκεφάλαιο B Μέρος 107 του CFR δείχνει ένα βραστήρα σε μια εστία και ένα δοσομετρικό κύπελλο) και τις ετικέτες στα δοχεία PIF (δηλαδή, εμφανίζονται ηλεκτρικοί βραστήρες, βραστήρες και δοσομετρικά κύπελλα). Κάθε τύπος δοχείου θέρμανσης είχε διαφορετικές χωρητικότητες, σχέδια και άλλα χαρακτηριστικά (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Θερμοκρασία νερού εντός των θερμαντικών δοχείων μετά από ψύξη για 5 λεπτά (Πτώση Θερμοκρασίας 1) σε τρεις τύπους θερμαντικών δοχείων (κύπελλο Pyrex, ηλεκτρικός βραστήρας, δοχείο από ανοξείδωτο χάλυβα). Τα γράμματα υποδεικνύουν σημαντικά διαφορετικά αποτελέσματα μεταξύ διαφορετικών όγκων και συνθηκών που αξιολογήθηκαν. Πραγματοποιήθηκαν στατιστικές δοκιμές μεταξύ των αποτελεσμάτων για κάθε θερμαντικό δοχείο. Τα αποτελέσματα με έντονη γραφή αντιπροσωπεύουν συνθήκες που απέδωσαν την υψηλότερη και τη χαμηλότερη θερμοκρασία μεταξύ όλων των συνθηκών που εξετάστηκαν. Ο όγκος του δοχείου ($P < 0,01$), ο όγκος του νερού ($P < 0,05$), η απομάκρυνση του δοχείου από την πηγή θερμότητας ($P < 0,01$) και η τοποθέτηση του καπακιού ($P < 0,001$) επηρέασαν σημαντικά τη θερμοκρασία του νερού. Τα πειράματα διεξήχθησαν εις τριπλούν.

Δοχείο θέρμανσης	**Όγκος αγγείου (mL)**	**Όγκος νερού (mL)**	**Τοποθέτηση καπακιού**	**Απομάκρυνση από την πηγή θερμότητας**	**Θερμοκρ ψύξη για**
Κύπελλο Pyrex	1.000	625	ΒΑ	ΒΑ	177,5 ± 0,8
		1.000			181,9 ± 1,9
Ηλεκτρικός βραστήρας	1.700	625	Μακριά από	ΒΑ	180,6 ± 5,5
			Επί		186,6 ± 10,7 (

Δοχείο θέρμανσης	Όγκος αγγείου (mL)	Όγκος νερού (mL)	Τοποθέτηση καπακιού	Απομάκρυνση από την πηγή θερμότητας	Θερμοκρ ψύξη για
		1.000	Μακριά από		189,9 ± 0,2 (8
			Επί		197,8 ± 4,1
Δοχείο από ανοξείδωτο ατσάλι	1.500	625	Μακριά από	Μακριά από	**165,3 ± 5,**
				Επί	171,0 ± 2,2
			Επί	Μακριά από	198,8 ± 1,7
				Επί	**203,1 ± 1,**
		1.000	Μακριά από	Μακριά από	174,7 ± 6 (
				Επί	191,0 ± 6,8
			Επί	Μακριά από	198,6 ± 2,4
				Επί	200,0 ± 2,

Όγκοι νερού. Δύο όγκοι νερού (1.000 mL και 625 mL) εισήχθησαν σε κάθε δοχείο (Πίνακας 1). Οι όγκοι επιλέχθηκαν με βάση εκτιμήσεις όγκου για οκτώ μπιμπερό την ημέρα (ταΐζοντας βρέφη ≤2 μηνών, 125 mL/μπιμπερό κατά μέσο όρο) (La Leche League, 2022). Όταν τα δοχεία θέρμανσης γεμίστηκαν με αυτούς τους δύο επιλεγμένους όγκους (1.000 mL και 625 mL), το δοχείο από ανοξείδωτο χάλυβα είχε χωρητικότητα 67% και 42%, ο ηλεκτρικός βραστήρας είχε χωρητικότητα 59% και 37% και το κύπελλο Pyrex είχε χωρητικότητα 100% και 62,5%.

Πηγές θερμότητας . Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές πηγές θέρμανσης για τη θέρμανση του νερού σε κάθε δοχείο. Αυτές οι πηγές θέρμανσης ήταν μια φλόγα αερίου που αναβαλλόταν στην εστία (για ανοξείδωτη κατσαρόλα), μια θέρμανση με αντίσταση μέσω ηλεκτρικού ρεύματος που ρέει μέσω του θερμαντικού στοιχείου βάσης (για ηλεκτρικό βραστήρα) και ένας φούρνος μικροκυμάτων (για φλιτζάνι Pyrex). Οι ρυθμίσεις του φούρνου μικροκυμάτων ήταν: (1) ισχύς εξόδου: 1.000 W (100% ισχύς), (2) είσοδος 120 V, (3) συχνότητα εξόδου: 2.450 MHz (τυπική για φούρνους μικροκυμάτων και ασφαλής για οικιακή χρήση).

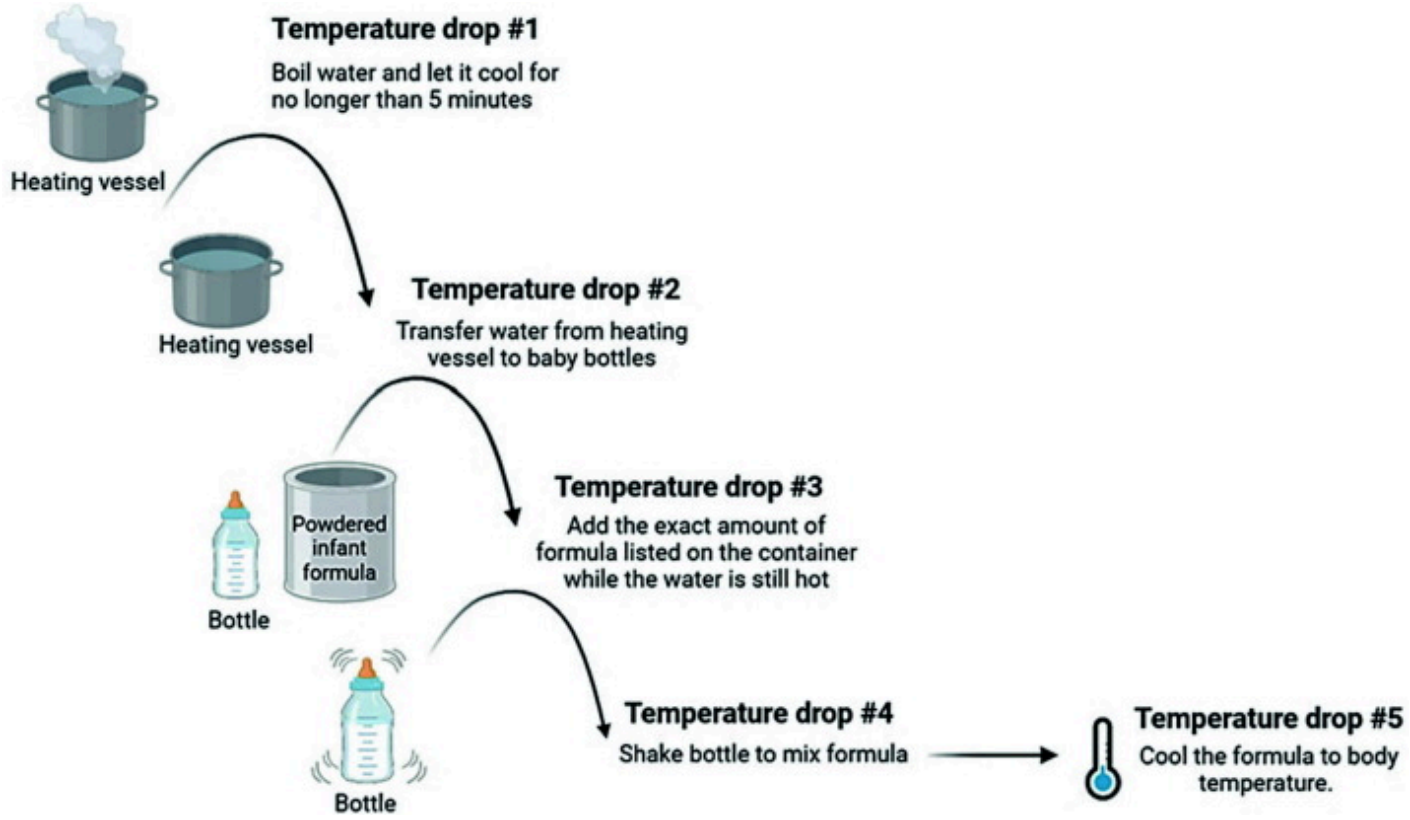
Υλικά μπιμπερό . Τα μπιμπερό ήταν κατασκευασμένα από γυαλί και πλαστικό. Τα πλαστικά μπιμπερό ήταν από πλαστικό πολυπροπυλενίου Dr. Brown's Natural Flow® χωρίς BPA με θηλή αργής ροής επιπέδου 1 (St. Louis, Missouri) και γυαλί, από στενό γυαλί Dr. Brown's Natural Flow® Anti-Colic Options+™ (St. Louis, Missouri). Τα γυάλινα μπιμπερό ήταν επίσης από φιάλη βοριοπυριτικού γυαλιού Lifefactory® με περίβλημα σιλικόνης, καπάκι, δακτύλιο και πώμα πολυπροπυλενίου, και θηλή σιλικόνης Σταδίου 1 (0–3 μήνες) (Sausalito, CA). Τα μπιμπερό είχαν διαφορετικές χωρητικότητες (8 oz και 4 oz, κάθε υλικό) και διαστάσεις (μεταξύ 4,5 cm και 5 cm σε διάμετρο και μεταξύ 11,4 και 15,2 cm σε ύψος) (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Θερμοκρασία νερού μετά τη μεταφορά σε μπιμπερό (Πτώση θερμοκρασίας 2). Οι υψηλότερες και χαμηλότερες θερμοκρασίες μετά την ψύξη του βραστού νερού (Πίνακας 1 , Πτώση

θερμοκρασίας 1) επιλέχθηκαν ως οι αρχικές θερμοκρασίες νερού σε αυτό το πείραμα. Τα γράμματα υποδεικνύουν σημαντικά διαφορετικά αποτελέσματα μεταξύ διαφορετικών όγκων και υλικών που αξιολογήθηκαν. Τα αποτελέσματα με έντονη γραφή αντιπροσωπεύουν συνθήκες που απέδωσαν την υψηλότερη και τη χαμηλότερη θερμοκρασία νερού μεταξύ όλων των συνθηκών που δοκιμάστηκαν. Τα πειράματα διεξήχθησαν εις τριπλούν.

			Θερμοκρασία νερού °C (°F)	
Τύπος υλικού	**Όγκος φιάλης oz (mL)**	**Όγκος νερού oz (mL)**	**Αρχική θερμοκρασία 165 (73,8)**	**Αρχική θερ 203 (95,1)**
Ποτήρι	4 (118,3)	**2 (59,1)**	**149,3 ± 0,9 (65,2 ± 0,5)** $^{\alpha}$	165,7 ± 1,3 (7
		4 (118,3)	154 ± 2,4 (67,8 ± 1,3) $^{\beta}$	176,1 ± 5,7 (8
	8 (236,6)	**4 (118,3)**	149,3 ± 0,7 (65,2 ± 0,4) $^{\alpha}$	173,3 ± 3,3 (7
		8 (236,6)	153,1 ± 0,5 (67,3 ± 0,3) $^{\beta}$	181,2 ± 4,1 (8
Πλαστική ύλη	4 (118,3)	**2 (59,1)**	151 ± 0,4 (66,1 ± 0,2) ab	174,5 ± 1,6 (7
		4 (118,3)	156,5 ± 1,2 (69,2 ± 0,7) $^{\beta}$	181,9 ± 3 (83
	8 (236,6)	**4 (118,3)**	154,0 ± 1,8 (67,8 ± 1) ab	179,2 ± 1,1 (8
		8 (236,6)	157,8 ± 0,6 (69,9 ± 0,3) $^{\beta}$	**188,2 ± 2,5**

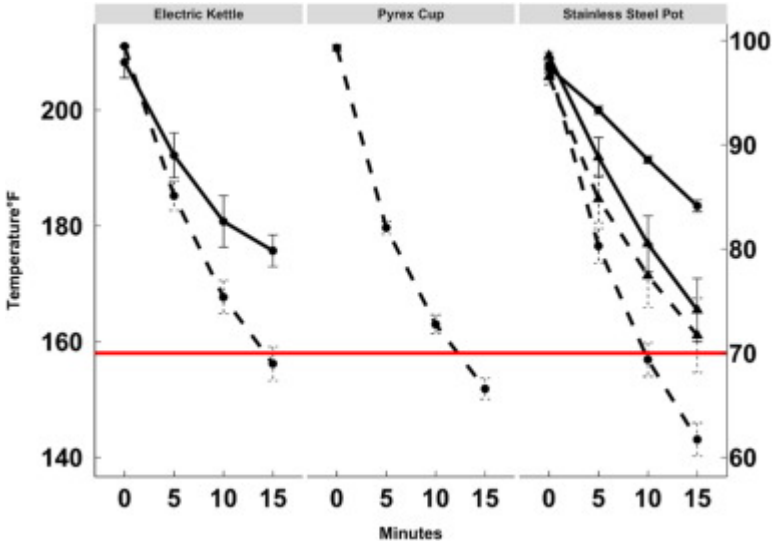
Διαδικασίες για τη θέρμανση, την ψύξη και τη μεταφορά νερού . Το νερό θερμάνθηκε στους 100 °C (212 °F) σε κάθε δοχείο θέρμανσης. Στη συνέχεια, οι πηγές θέρμανσης απενεργοποιήθηκαν. Οι θερμοκρασίες του νερού μετρήθηκαν συνεχώς για έως και 15 λεπτά (Πίνακας 1 , Σχήμα 1 , Σχήμα 2). Τα δοχεία ψύχθηκαν με το καπάκι ανοιχτό και ανοιχτό σε διαφορετικές δοκιμές, εκτός από το κύπελλο Pyrex που δεν έχει σχεδιαστεί για να έχει καπάκι. Επιπλέον, η ψύξη στο δοχείο από ανοξείδωτο χάλυβα αξιολογήθηκε όταν αυτό παρέμεινε ανοιχτό ή αφαιρέθηκε από το θερμαντικό στοιχείο μετά την απενεργοποίηση της θέρμανσης. Βρασμένο νερό (100 °C· 212 °F) ψύχθηκε στο δοχείο για 5 λεπτά και στη συνέχεια μεταφέρθηκε σε γυάλινα και πλαστικά μπιμπερό (4 ή 8 oz· 118,3 ή 236,6 mL) (Εικ. 1 , Πίνακας 2). Η διάρκεια ψύξης των 5 λεπτών βασίστηκε στις οδηγίες του CDC για «βράσιμο νερού και αφήστε το να κρυώσει για όχι περισσότερο από 5 λεπτά» (Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024a , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024b , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024c , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024d , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024e). Οι θερμοκρασίες του νερού στο μπιμπερό μετά τη μεταφορά παρακολουθούνταν συνεχώς για 1 λεπτό.



Λήψη: Λήψη εικόνας υψηλής ανάλυσης (285KB)

Λήψη: Λήψη εικόνας πλήρους μεγέθους

Σχήμα 1. Διαδοχικά βήματα στην επανυδάτωση του PIF χρησιμοποιώντας ζεστό νερό για την ενίσχυση του ελέγχου *του Cronobacter* spp. Τα βήματα προέρχονται από έγγραφα καθοδήγησης που δημοσιεύονται από τα Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024a , τα Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024b , τα Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024c , τα Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024d , τα Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024e . Οι αναμενόμενες μειώσεις στη θερμοκρασία του νερού σημειώνονται σε κάθε βήμα.



Λήψη: Λήψη εικόνας υψηλής ανάλυσης (102KB)

Λήψη: Λήψη εικόνας πλήρους μεγέθους

Σχήμα 2. Θερμοκρασία νερού (1.000 mL) σε τρεις τύπους δοχείων (ηλεκτρικός βραστήρας, πυρέξ, ανοξείδωτο δοχείο) σε διάστημα 15 λεπτών. Οι διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν εάν το δοχείο ήταν καλυμμένο με καπάκι (διακεκομμένη γραμμή για το καπάκι «Off» και συνεχής γραμμή για το καπάκι «On»). Τα τρίγωνα υποδεικνύουν εάν το δοχείο διατηρήθηκε στην επιφάνεια θέρμανσης και ισχύει μόνο για το ανοξείδωτο δοχείο. Η συνθήκη «Off» (εστία) είναι μια διακεκομμένη γραμμή με τρίγωνα και η συνθήκη «on» (εστία) είναι μια συνεχής γραμμή με τρίγωνα.

Σε επόμενα πειράματα, οι υψηλότερες και χαμηλότερες θερμοκρασίες που επιτεύχθηκαν πειραματικά στο προηγούμενο βήμα της ανασύστασης του PIF χρησιμοποιήθηκαν ως αρχικές θερμοκρασίες. Για παράδειγμα, μετά τις δοκιμές αξιολόγησης των θερμοκρασιών του νερού μετά από 5 λεπτά ψύξης, οι χαμηλότερες και υψηλότερες θερμοκρασίες που προέκυψαν ήταν 73,8 °C (165 °F) και 95,1 °C (203 °F), αντίστοιχα. Επομένως, αυτά τα δύο ακραία όρια θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκαν ως αρχικές θερμοκρασίες στα επόμενα πειράματα αξιολόγησης των μειώσεων της θερμοκρασίας μετά τη μεταφορά του ζεστού νερού στις φιάλες. Όλα τα πειράματα διεξήχθησαν εις τριπλούν. Το Σχήμα 1 δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας το BioRender.com↗ .

Διαδικασίες για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας του νερού . Οι θερμοκρασίες του νερού καταγράφονταν συνεχώς κάθε 2 δευτερόλεπτα με θερμοστοιχεία τύπου K (Omega Engineering, Norwalk, CT) και ένα φορητό καταγραφικό δεδομένων OM-HL-EH-TC 8 καναλιών (OMEGA Engineering, Norwalk, CT, ΗΠΑ). Τα θερμοστοιχεία τοποθετήθηκαν στο (i) πάνω-κέντρο, (ii) κάτω-κέντρο και (iii) στο κέντρο των δοχείων (Εικ. S1a). Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά ($p > 0,05$) στη θερμοκρασία του νερού μεταξύ των τριών θέσεων των θερμοστοιχείων (πάνω-κέντρο, κάτω-κέντρο και κεντρικό άκρο), επομένως οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν στο πάνω-κέντρο των δοχείων αναφέρονται στα αποτελέσματα για όλα τα πειράματα. Μέσα σε φιάλες, ένα θερμοστοιχείο τοποθετήθηκε στο γεωμετρικό κέντρο του όγκου του νερού (Εικ. S1b). Η θέση τοποθέτησης του θερμοστοιχείου στη φιάλη επίσης δεν επηρέασε σημαντικά τα αποτελέσματα θερμοκρασίας.

Μάρκα βρεφικού γάλακτος σε σκόνη . Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκε μία μάρκα PIF (Similac Total Comfort®, Abbott, OH). Αυτό το προϊόν είναι ένα βρεφικό γάλα σε σκόνη με βάση το γάλα (γαλακτοκομικά) και σίδηρο, που προορίζεται για βρέφη ηλικίας 0-12 μηνών. Η αναλογία γάλακτος/νερού (w/v) που χρησιμοποιήσαμε για την ανασύσταση του γάλακτος βασίστηκε στις οδηγίες του κατασκευαστή, οι οποίες είναι 8,8 g ανά 2 fl. oz νερού (Πίνακας S1).

Ανασύσταση τύπου . Το PIF (w/v: με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή) εισήχθη στα μπιμπερό αφού το θερμαινόμενο νερό μεταφέρθηκε από τα δοχεία στα μπιμπερό (Εικ. 1 , Πίνακας 3). Χρησιμοποιήσαμε νερό που θερμάνθηκε στους 86,6 °C και 65,1 °C, οι οποίες ήταν η υψηλότερη και η χαμηλότερη θερμοκρασία που ελήφθησαν από το προηγούμενο πείραμα θέρμανσης νερού μετά την ψύξη του βρασμένου νερού για 5 λεπτά στο δοχείο θέρμανσης. Πρόσθετες μελέτες διεξήχθησαν όταν οι αρχικές θερμοκρασίες νερού στα μπιμπερό πριν από την προσθήκη του PIF ήταν: 73,8 °C, 75 °C, 76,6 °C, 80 °C και 82 °C.

Πίνακας 3. ΑΝΩ Γραμμές: Θερμοκρασίες κατά την ανασύσταση του PIF με ζεστό νερό και ανακίνηση (Πτώση Θερμοκρασίας 3 και 4). Οι αρχικές θερμοκρασίες νερού σε αυτό το πείραμα βασίστηκαν στις υψηλότερες και χαμηλότερες θερμοκρασίες νερού που προσδιορίστηκαν από τα προηγούμενα βήματα (Πίνακας 1 , Πίνακας 2 , Πτώση Θερμοκρασίας 1 και 2). Οι δοκιμές διεξήχθησαν σε τύπους φιαλών και συνθήκες που παρουσίασαν παρόμοια τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη κατακράτηση θερμότητας. ΚΑΤΩ Γραμμές: Θερμοκρασίες κατά την ανασύσταση του PIF χρησιμοποιώντας τη μέθοδο "hotshot" σε φιάλες των 4 oz. Τα πειράματα διεξήχθησαν εις τριπλούν.

Υλικό μπιμπερό	Όγκος φιάλης oz (mL)	Συνολικός όγκος νερού oz (mL)	Όγκος θερμαινόμενος στους 70 °C oz (g)	Θερμοκρασία προστιθέμενου κρύου νερού °F (°C)	Αρχική θερμοκρασία στο δοχείο °F (°C)	Θερμοκρασία κατά τη μεταφορά στο μπουκάλι °F (°C)	Θερμ μετά προσ PIF °
Πλαστική ύλη	8 (236,6)	8 (236,6)	ΒΑ	ΒΑ	203 (95,1)	187,9 (86,6)	182,1 (83,1
Ποτήρι	4 (118,3)	2 (59,1)	ΒΑ	ΒΑ	165 (73,8)	149,2 (65,1)	143,4 (61,9
Πλαστική ύλη	4 (118,3)	4 (118,3)	1 (17.6)	64,0 (17,8)	158 (70)	150,4 ± 0,8 (65,8 ± 0,5)	140,3 (60,2
		2 (59,1)	1 (8.8)	66,6 (19,2)	158 (70)	148,9 ± 0,8 (64,9 ± 0,5)	139,5 (59,7
Ποτήρι	4 (118,3)	4 (118,3)	1 (17.6)	64,8 (18,2)	158 (70)	143,8 ± 3,1 (62,1 ± 1,7)	128,1 (53,4
		2 (59,1)	1 (8.8)	58,8 (14,9)	158 (70)	145,9 ± 2,4 (63,3 ± 1,3)	120,6 (49,2

Μετά την προσθήκη του PIF, τα μπουκάλια κλείστηκαν αμέσως με ασφάλεια, συγκρατήθηκαν κάθετα και ανακινήθηκαν με επαναλαμβανόμενες κινήσεις κατά μήκος του κάθετου άξονα με συχνότητα 2-3 ανακινήσεων ανά δευτερόλεπτο για συνολική διάρκεια 5 δευτερολέπτων. Αυτή η κίνηση διευκόλυνε την ομοιογενή ανάμειξη του υγρού και της ανασυσταθείσας σκόνης. Οι θερμοκρασίες στα μπουκάλια καταγράφηκαν κατά την προσθήκη του PIF, την ανακίνηση και στη συνέχεια την αναμονή 5 λεπτών.

Η μέθοδος «θερμού ψεκαστήρα» . Η μέθοδος «θερμού ψεκαστήρα» αξιολογήθηκε ως καταναλωτική πρακτική για την ταχεία παρασκευή PIF (Grant et al., 2024 , Kendamil, 2023) (Πίνακας 3). Περίπου 1 fl. oz (29,6 mL) νερού θερμάνθηκε στους 100 °C (212 °F), ψύχθηκε στους 70 °C (158 °F) και στη συνέχεια εισήχθη σε πλαστικά και γυάλινα μπιμπερό (4 oz). Στη συνέχεια, προστέθηκαν αμέσως 8,8 g ή 17,6 g PIF στο μπουκάλι και στη συνέχεια αναδεύτηκε μία φορά.

Προστέθηκε κρύο νερό (17,5 °C· 63,6 °F) στο μπουκάλι μέχρι να επιτευχθεί ο επιθυμητός τελικός όγκος (2 ή 4 fl. oz· 59,1 ή 118,3 mL). Οι θερμοκρασίες καταγράφηκαν συνεχώς καθ' όλη τη διάρκεια (i) της μεταφοράς νερού στα μπουκάλια, (ii) της προσθήκης PIF και (iii) της εισαγωγής κρύου νερού.

Μέθοδοι ψύξης για μπιμπερό που περιέχουν παρασκευασμένο βρεφικό γάλα . Αξιολογήθηκαν τρεις μέθοδοι για την ψύξη του ανασυσταμένου γάλακτος: (i) παθητική ψύξη των μπιμπερό σε θερμοκρασία δωματίου, (ii) τρέξιμο κρύου νερού πάνω από το εξωτερικό του μπιμπερό και (iii) τοποθέτηση των μπιμπερό σε παγόλουτρο. Οι μέθοδοι (ii) και (iii) περιγράφονται στις συστάσεις των Κέντρων Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024a, 2024b, 2024c , 2024d, 2024e των Κέντρων Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ για τη μείωση της διάρκειας ψύξης για το παρασκευασμένο PIF. Οι θερμοκρασίες καταγράφονταν συνεχώς μέχρι η ανασυσταμένη φόρμουλα να φτάσει στη θερμοκρασία σώματος (37 °C), η οποία ακολουθεί τις οδηγίες των Κέντρων Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ , 2024a , 2024b , 2024c , 2024d , 2024e .

Παρασκευή εμβολίου . Επιλέχθηκαν πέντε στελέχη (FSL B11-0042; FSL F6-032; FSL F6-027; FSL F6-029; FSL F6-034) του *C. sakazakii* (Ivy et al., 2013). Ένας κρίκος κατεψυγμένου αποθέματος για κάθε στέλεχος εμβολιάστηκε αρχικά σε ζωμό Brain Heart Infusion (BHI) (BD, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, ΗΠΑ) και επωάστηκε στους 35 ± 2 °C για 24 ± 3 ώρες με ανακίνηση στις 170 rpm. Τα εναιωρήματα ζωμού που παρέμειναν όλη τη νύχτα τοποθετήθηκαν σε πλάκες BHI και επωάστηκαν στους 35 ± 2 °C για 20 ± 3 ώρες. Μια απομονωμένη αποικία κάθε στελέχους μεταφέρθηκε σε ζωμό BHI και επωάστηκε στους 35 ± 2 °C για 20 ± 3 ώρες με ανακίνηση στις 170 rpm. Μετά την επώαση, 1 mL από κάθε εναιώρημα ζωμού κατανεμήθηκε σε πλάκες BHI και στη συνέχεια επωάστηκε στους 35 ± 2 °C για 20 ± 3 ώρες. Τα βακτηριακά στρώματα ξύστηκαν με αποστειρωμένο κυτταροδιανομέα και περίπου 9 mL αλατούχου διαλύματος φωσφορικού ρυθμιστικού διαλύματος (PBS) 0,1% (BD, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, ΗΠΑ) σε κωνικούς σωλήνες των 15 mL, στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκαν (Eppendorf 5804R, Eppendorf, NY, ΗΠΑ) στις 10.000 rpm για 5 λεπτά. Τα κυτταρικά σφαιρίδια πλύθηκαν δύο φορές σε 0,1% PBS (BD, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, ΗΠΑ) και επαναιωρήθηκαν σε 10% όγκο 0,1% PBS. Ίσα μέρη συνδυάστηκαν σε ένα κοκτέιλ για τελική συγκέντρωση κυττάρων ~9,0 log CFU/mL.

Εμβολιασμός PIF. Περίπου 10 g PIF (Similac Total Comfort, Abbot Laboratories, Columbus, Ohio) εμβολιάστηκαν σημειακά με συμπυκνωμένο εμβόλιο σε πέντε σημεία (20 μL/σημείο) και αφέθηκαν να στεγνώσουν για ~10 ώρες σε ζυγιστική λεκάνη σε θάλαμο βιοασφάλειας με τον ανεμιστήρα ενεργοποιημένο (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, ΗΠΑ). Το εξισορροπημένο εμβολιασμένο ξηρό PIF ομογενοποιήθηκε με stomacher (Stomacher® 400 Lab Blender Series, Seward, Ηνωμένο Βασίλειο) για 1 λεπτό στις 260 rpm σε αποστειρωμένη σακούλα δείγματος και τυχόν εναπομείναντες συστάδες θρυμματίστηκαν χειροκίνητα. Η αρχική συγκέντρωση του

εξισορροπημένου, εμβολιασμένου PIF μετά από ξήρανση κατά τη διάρκεια της νύχτας ήταν 7,7 log ±1,0 CFU/g.

Ανασύσταση εμβολιασμένου PIF . Απιονισμένο νερό θερμάνθηκε και μεταφέρθηκε (2 fl. oz.) σε αποστειρωμένα, γυάλινα μπιμπερό (γυάλινο μπιμπερό PHILIPS AVENT 4 oz. χωρίς BPA 0-3 μηνών, ΗΠΑ) και στη συνέχεια αφέθηκε να ψυχθεί παθητικά (σε θερμοκρασία δωματίου) μέχρι να επιτευχθούν οι θερμοκρασίες-στόχοι των 65,0 ± 0,1 °C (149 °F), 70,0 ± 0,1 °C (158 °F) ή 73,8 ± 0,1 °C (165 °F) στο μπιμπερό. Οι θερμοκρασίες του νερού παρακολουθούνταν με θερμοστοιχείο τύπου K. Εμβολιασμένο PIF (8,8 g) εισήχθη στα μπιμπερό όταν επιτεύχθηκαν οι επιθυμητές θερμοκρασίες νερού, στη συνέχεια τα μπιμπερό κλείστηκαν και αναδεύτηκαν χειροκίνητα (δηλαδή, περιστρεφόμενο ή ανακινούμενο) για 5 δευτερόλεπτα.

Μελέτες θερμικής απενεργοποίησης. Προσομοιώσαμε διαφορετικές προσεγγίσεις καταναλωτών για την παρασκευή του τύπου: (i) 65 °C (149 °F) νερό + στροβιλισμός + ψύξη με τρεχούμενο κρύο νερό, (ii) 70 °C (158 °C) νερό + στροβιλισμός + ψύξη με τρεχούμενο κρύο νερό, (iii) 73,8 °C (165 °F) νερό + στροβιλισμός + παθητική ψύξη και (iv) 73,8 °C νερό + ανακίνηση + παθητική ψύξη. Οι μέθοδοι ανάδευσης επιλέχθηκαν επειδή οι ετικέτες PIF αναφέρουν «ανακινήστε καλά», ενώ ορισμένοι φροντιστές χρησιμοποιούν στροβιλισμό για να αποφύγουν την εισαγωγή αέρα στο υγρό. Το ανασυσταμένο PIF ψύχθηκε ενεργά κάτω από τρεχούμενο νερό μέχρι να φτάσει τους 37 °C (δηλαδή, θερμοκρασία σώματος) ή ψύχθηκε παθητικά (δηλαδή, αφέθηκε στον πάγκο) για 10 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες μελέτες θερμικής απενεργοποίησης (Edelson-Mammel and Buchanan, 2004 , Osaili et al., 2009 , Gao et al., 2022). Τα δείγματα αραιώθηκαν χρησιμοποιώντας 0,1% PBS και τοποθετήθηκαν σε άγαρ CHROMagar™ Chromogenic *Cronobacter* Isolation (CCI) (BD, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, ΗΠΑ). Το ελάχιστο όριο ανίχνευσης ήταν 1 log CFU/mL και προσδιορίστηκε τοποθετώντας 1 mL δείγματος σε 3 πλάκες. Τα πειράματα διεξήχθησαν με τρία βιολογικά αντίγραφα.

Στατιστική ανάλυση . Όλες οι στατιστικές δοκιμές διεξήχθησαν με το R-studio (έκδοση 4.2.2, R studio, Βοστώνη, Μασαχουσέτη, ΗΠΑ) (ομάδα R Studio, 2022). Οι διαφορές στις θερμοκρασίες με βάση τις συνθήκες θέρμανσης και τις συνθήκες της φιάλης προσδιορίστηκαν χρησιμοποιώντας την Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA) και το posthoc Tukey's test (έκδοση πακέτου multicomp) (Hothorn et al. 2008).

Οδηγίες ανάμειξης και συστάσεις στις ετικέτες του βρεφικού γάλακτος σε σκόνη . Επιλέχθηκαν προϊόντα PIF (n = 36) από εννέα μάρκες που κατασκευάζονται στις ΗΠΑ και την Ευρώπη από εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα από καταστήματα λιανικής πώλησης (π.χ. Target, CVS, Walgreens, Costco, BJs) εντός των ΗΠΑ. Τα σκευάσματα προορίζονταν για βρέφη 0-12 μηνών. Αυτά περιλάμβαναν σκόνες με τυπική σύνθεση, πρόωρα βρέφη, ειδικά σκευάσματα και εναλλακτικές λύσεις γάλακτος (π.χ. υδρολυμένο γάλα αγελάδας, φόρμουλα με βάση αμινοξέα, φόρμουλα με βάση σόγια, κ.λπ.) (Verduci et al, 2019). Αναλύθηκαν οι οδηγίες στις ετικέτες των κονσερβών του σκευάσματος (π.χ. σχέδια, περιγραφές και κείμενο με έντονη γραφή) για τις

συστάσεις τους σχετικά με τη θερμοκρασία του νερού για την ανασύσταση του σκευάσματος. Συγκεκριμένα, αν οι οδηγίες της ετικέτας περιελάμβαναν οδηγίες για τη θέρμανση του νερού ≥70 °C (158 °F). Αναλύθηκαν και άλλες συστάσεις θέρμανσης στις ετικέτες, συμπεριλαμβανομένων τυχόν οδηγιών για την επαναθέρμανση σε φούρνο μικροκυμάτων και τον τρόπο αξιολόγησης της ψύξης του σκευάσματος. Αξιολογήθηκαν επίσης πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες αποθήκευσης, τους πόρους για καθοδήγηση σχετικά με την παρασκευή φόρμουλας και τις πρακτικές αποστείρωσης (Codex Alimentarius, 1981).

Αποτελέσματα

Οι συνθήκες θέρμανσης και ψύξης επηρέασαν σημαντικά τη θερμοκρασία του νερού . Η θερμοκρασία του νερού στο τέλος της περιόδου ψύξης των 5 λεπτών ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του δοχείου. Το δοχείο από ανοξείδωτο χάλυβα είχε το μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών μεταξύ των συνθηκών παρασκευής. Μετά από 5 λεπτά παθητικής ψύξης, η χαμηλότερη μέση θερμοκρασία (165,3 ± 5,7 °F, 74 ± 3,2 °C) σημειώθηκε στο δοχείο από ανοξείδωτο χάλυβα όταν ο όγκος του νερού ήταν 625 mL, δεν υπήρχε καπάκι και το δοχείο είχε αφαιρεθεί από την επιφάνεια θέρμανσης. Η υψηλότερη μέση θερμοκρασία (200 ± 2,6 °F, 93,3 ± 1,4 °C) σημειώθηκε στο δοχείο από ανοξείδωτο χάλυβα όταν ο όγκος του νερού ήταν 625 mL, το καπάκι ήταν κλειστό και το δοχείο παρέμεινε στην επιφάνεια θέρμανσης. Οι θερμοκρασίες του νερού ήταν σημαντικά υψηλότερες όταν τα δοχεία από ανοξείδωτο χάλυβα ήταν καλυμμένα με καπάκια και ψύχονταν στην επιφάνεια θέρμανσης (p < 0,01, Πίνακας 1 , Σχήμα 2). Οι μέσες θερμοκρασίες νερού στον ηλεκτρικό βραστήρα είχαν μικρότερο εύρος, από 92,1 ± 2,3 °C έως 82,5 ± 3,1 °C (Πίνακας 1). Οι ηλεκτρικοί βραστήρες είχαν υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες νερού ακόμη και όταν το καπάκι ήταν ανοιχτό, πιθανότατα επειδή η επιφάνεια του άνω ανοίγματος του βραστήρα ήταν μικρότερη από αυτή του δοχείου από ανοξείδωτο χάλυβα, περιορίζοντας ενδεχομένως την απώλεια θερμότητας. Ένας μεγαλύτερος όγκος νερού διατήρησε σημαντικά τις θερμοκρασίες του νερού στον ηλεκτρικό βραστήρα με διαφορά 9,6 ± 2,7 °C μεταξύ 1.000 mL και 625 mL (p < 0,05) (Πίνακας 1). Οι θερμοκρασίες του νερού στο κύπελλο Pyrex ήταν χαμηλότερες από τις θερμοκρασίες του νερού στον ηλεκτρικό βραστήρα. Ο όγκος νερού των 1.000 mL στο κύπελλο Pyrex μειώθηκε σε θερμοκρασία 181,9 ± 1,9 °F (83,3 ± 1,0 °C) και ο όγκος των 625 mL ήταν σημαντικά χαμηλότερος (p < 0,05) στους 177,5 ± 0,89 °F (80,8 ± 0,49 °C). Ο ηλεκτρικός βραστήρας απέτρεψε αποτελεσματικότερα την απώλεια θερμοκρασίας στο νερό κατά τη διάρκεια των πρώτων 5 λεπτών ψύξης, ανεξάρτητα από τις συνθήκες παρασκευής.

Όταν τα δοχεία δεν είχαν καπάκι, οι θερμοκρασίες του νερού έπεσαν κάτω από τους 70 °C μεταξύ 5 και 15 λεπτών ψύξης. Οι θερμοκρασίες του νερού στο κύπελλο Pyrex και στο δοχείο από ανοξείδωτο ατσάλι (με το καπάκι ανοιχτό) έπεσαν κάτω από τους 70 °C μετά από 15 λεπτά ψύξης και στους δύο όγκους (Εικ. 2). Οι θερμοκρασίες του νερού στον ηλεκτρικό βραστήρα χωρίς καπάκι έπεσαν κάτω από τους 70 °C μετά από 15 λεπτά παθητικής ψύξης. Η χαμηλότερη μέση θερμοκρασία νερού από όλες τις συνθήκες παρασκευής, 127,6 ± 1,79 °F (53,1 ± 0,98 °C), σημειώθηκε στο δοχείο από ανοξείδωτο ατσάλι στα 15 λεπτά (625 mL νερό, καπάκι ανοιχτό, πηγή

θέρμανσης εκτός). Όταν τα καπάκια παρέμειναν ανοιχτά, οι θερμοκρασίες του νερού παρέμειναν πάνω από τους 70 °C ακόμη και μετά από 15 λεπτά (Εικ. 2). Η υψηλότερη μέση θερμοκρασία νερού στα 15 λεπτά από όλες τις συνθήκες παρασκευής παρατηρήθηκε στο δοχείο από ανοξείδωτο χάλυβα, 191 ± 1,82 °F (88,3 ± 1,01 °C) στα 15 λεπτά (625 mL νερό, με καπάκι κλειστό, σε πηγή θέρμανσης). Το καπάκι περιορίζει την εξάτμιση και επιβραδύνει την ψύξη. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι θερμοκρασίες νερού ≥180 °F (80 °C) θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τα θερμοευαίσθητα θρεπτικά συστατικά (Agostoni et al., 2004). Η παραμονή του δοχείου στην επιφάνεια θέρμανσης, αφού το απενεργοποιήσετε, επιβράδυνε επίσης τον ρυθμό ψύξης. Μια ζεστή κουζίνα μπορεί να ακτινοβολεί θερμότητα που επηρεάζει τις θερμοκρασίες του νερού στο δοχείο (Datta, 2002a , Datta, 2002b). Επομένως, οι ενέργειες των φροντιστών είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάπτυξη οδηγιών για την ανασύσταση του τύπου.

Οι φροντιστές πιθανότατα θα χρησιμοποιούν μια ποικιλία τύπων δοχείων, όγκων νερού και πηγών θέρμανσης για την προετοιμασία του PIF. Οι φροντιστές θα εφαρμόζουν επίσης μια ποικιλία πρακτικών για τη θέρμανση, όπως η αφαίρεση ή η προσθήκη καπακιών στο δοχείο θέρμανσης ή η διατήρηση ή η αφαίρεση δοχείων σε επιφάνειες θέρμανσης ή η μεταφορά του θερμαινόμενου νερού σε διαφορετικά δοχεία. Κάθε μία από αυτές τις διαφορές επηρεάζει τη θερμοκρασία του νερού. Οι ομοσπονδιακές οδηγίες δείχνουν διαφορετικά δοχεία και συνθήκες προετοιμασίας στα infographics τους (Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024b , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024c , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024e , Κώδικας Ομοσπονδιακών Κανονισμών, 2016). Για παράδειγμα, το infographic του CDC δείχνει μια κατσαρόλα για να βράσει νερό, αλλά στη συνέχεια δείχνει ένα δοσομετρικό κύπελλο, για να μεταφερθεί το θερμαινόμενο νερό σε μπουκάλια. Ο Κώδικας Ομοσπονδιακών Κανονισμών (21 CFR § 107.20 υποενότητα B) για το PIF απεικονίζει έναν βραστήρα για να βράσει νερό στην κουζίνα και στη συνέχεια ένα δοσομετρικό κύπελλο για να μεταφερθεί νερό στο μπουκάλι. Επιπλέον, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του νερού μετά από 5 λεπτά παθητικής ψύξης, η θερμοκρασία του νερού θα συνεχίσει να μειώνεται μετά τη μεταφορά από το δοχείο θέρμανσης σε μια φιάλη και την προσθήκη PIF.

Δεδομένου ότι οι φροντιστές ενδέχεται να μην παρακολουθούν αυστηρά τους χρόνους ψύξης (Malek et al., 2020), οι περίοδοι ψύξης θα μπορούσαν να παραταθούν πέραν της συνιστώμενης «αναμονής 5 λεπτών». Είναι λογικό να υποθέσουμε ότι οι φροντιστές που προετοιμάζουν PIF ενώ φροντίζουν ένα βρέφος μπορεί να εφαρμόσουν μια περίοδο αναμονής που εκτείνεται περισσότερο από 5 λεπτά. Επιπλέον, μια κοινή εσφαλμένη αντίληψη είναι ότι η σύσταση για θέρμανση νερού για την ανασύσταση του PIF υπάρχει για την επεξεργασία (αποστείρωση) του νερού, όχι του PIF (Wilkinson et al., 2019 , Malek et al., 2020). Ως εκ τούτου, ορισμένοι φροντιστές βράζουν, ψύχουν και στη συνέχεια αποθηκεύουν νερό για μελλοντική ανασύσταση PIF. Αυτές οι παρερμηνείες μπορεί να ενισχυθούν από κατευθυντήριες γραμμές και οδηγίες ετικέτας από εισαγόμενα σκευάσματα από την Ευρώπη, στα οποία τα προϊόντα PIF αναφέρονται σε «αναμονή ~30 λεπτών» μετά το βράσιμο (NHS, 2023). Περαιτέρω ενίσχυση αυτής της ιδέας μπορεί να προέλθει από τις οδηγίες του FDA που προτείνουν τροποποιημένες πρακτικές χειρισμού του νερού ανάλογα με την

ασφάλεια της πηγής νερού του νοικοκυριού (FDA, 2024), δίνοντας και πάλι έμφαση στην ασφάλεια του νερού (Αμερικανική Ακαδημία Παιδιατρικής, 2010). Παρόλο που η θερμική επεξεργασία αποτελεί στρατηγική μείωσης του κινδύνου για *τα Cronobacter* spp. στο νερό, το PIF δεν είναι ένα αποστειρωμένο προϊόν (Chap et al., 2009) και η ανασύσταση με ζεστό νερό συνιστάται για βρέφη υψηλού κινδύνου για να βοηθήσει στον μετριασμό του κινδύνου που μπορεί να προέρχεται από το PIF (Liu et al., 2013 , Pina-Pérez et al., 2015 , Redmond and Griffith, 2013).

Η θερμοκρασία του νερού μειώθηκε σημαντικά μετά τη μεταφορά στο μπουκάλι. Η θερμοκρασία του νερού πριν από τη μεταφορά, το υλικό και η χωρητικότητα του μπουκαλιού (δηλαδή, το μέγεθος) και ο όγκος του νερού που χρησιμοποιήθηκε για την ανασύσταση επηρέασαν σημαντικά τις θερμοκρασίες του νερού μετά τη μεταφορά σε μπουκάλια (p < 0,001). Η υψηλότερη μέση θερμοκρασία νερού (188,2 ± 2,5 °F, 86,8 ± 1,4 °C) καταγράφηκε σε πλαστικά μπουκάλια των 8 oz γεμισμένα μέχρι τη χωρητικότητά τους (δηλαδή, με 8 fl. oz νερού) σε αρχική θερμοκρασία (δηλαδή, στο δοχείο θέρμανσης πριν από τη μεταφορά) 203 °F. Η χαμηλότερη μέση θερμοκρασία νερού (149,3 ± 0,9 °F, 65,2 ± 0,5 °C) καταγράφηκε σε γυάλινα, μισογεμάτα μπουκάλια των 4 oz σε αρχική θερμοκρασία 165 °F (Πίνακας 2). Τα πλαστικά μπουκάλια είχαν πάντα υψηλότερες θερμοκρασίες νερού από τα γυάλινα μπουκάλια, ανεξάρτητα από τις αρχικές θερμοκρασίες νερού, τον όγκο του μπουκαλιού και τον όγκο του νερού (Πίνακας 2). Οι θερμοκρασίες του νερού σε γυάλινες φιάλες ήταν έως και 30 °F χαμηλότερες από ό,τι σε πλαστικές φιάλες μετά τη μεταφορά (Πίνακας 2). Το γυαλί έχει υψηλότερη θερμική αγωγιμότητα (1 W/m * K) από το πλαστικό (~0,3–0,4 W/m * K) (The Engineering ToolBox, 2003), διευκολύνοντας την απώλεια θερμότητας από τις γυάλινες φιάλες στο περιβάλλον. Η αύξηση του πάχους του υλικού θα μπορούσε επίσης να περιορίσει τη μεταφορά θερμότητας μέσω του τοιχώματος της φιάλης (Kakac et al. 2018).

Αξιοσημείωτα, οι θερμοκρασίες του νερού σε μισογεμάτες φιάλες (π.χ., νερό 2 oz σε μπουκάλι 4 oz) ήταν σημαντικά χαμηλότερες από ό,τι σε γεμάτες φιάλες (p < 0,05), εκτός από τις πλαστικές φιάλες στην αρχική θερμοκρασία νερού των 73,8 °C. Οι θερμοκρασίες του νερού ήταν έως και 9 °F χαμηλότερες στις μισογεμάτες φιάλες από ό,τι στις γεμάτες φιάλες. Ο αυξημένος υπερκείμενος χώρος στις μισογεμάτες φιάλες μπορεί να διευκολύνει τη ροή του ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στη φιάλη, γεγονός που θα μπορούσε να αυξήσει την απώλεια θερμότητας από το νερό στον αέρα μέσω φυσικής μεταφοράς. Ο αέρας έχει μεγαλύτερη θερμική διαχυτικότητα από το νερό, επομένως οι θερμοκρασίες αλλάζουν πιο γρήγορα στον αέρα (Datta, 2002a , Datta, 2002b). Η χωρητικότητα πλήρωσης επηρεάζει επίσης την αναλογία επιφάνειας προς όγκο.

Παρ 'όλα αυτά, η αρχική θερμοκρασία του νερού κατά τη μεταφορά ήταν ο σημαντικότερος προγνωστικός παράγοντας για το εάν η θερμοκρασία του νερού έφτασε ή ξεπέρασε τη συνιστώμενη θερμοκρασία των 70 °C στο μπιμπερό. Ανεξάρτητα από άλλες συνθήκες, η μέση θερμοκρασία του νερού σε κάθε μπιμπερό έπεσε κάτω από τους 70 °C όταν η αρχική θερμοκρασία του νερού ήταν 73,8 °C και παρέμεινε πάνω από τους 70 °C όταν η αρχική θερμοκρασία ήταν 95,1 °C. Σε αρχική θερμοκρασία 73,8 °C, οι μέσες θερμοκρασίες του νερού στα μπιμπερό μειώθηκαν

μεταξύ 65,2 °C και 69,9 °C. Η χαμηλότερη θερμοκρασία μετρήθηκε σε ένα γυάλινο μπουκάλι 4 oz στο μισό της χωρητικότητάς του (2 fl. oz) και η υψηλότερη σε ένα πλαστικό μπουκάλι 8 oz στην πλήρη χωρητικότητά του (8 fl. oz). (Πίνακας 2). Σε αρχική θερμοκρασία 95,1 °C (203 °F), οι μέσες θερμοκρασίες νερού στις φιάλες μειώθηκαν μεταξύ 74,2 °C και 86,8 °C (165,7 °F και 188,2 °F) (Πίνακας 2). Εντός αυτών των αρχικών ομάδων θερμοκρασίας, υπήρξε διακύμανση με βάση τα χαρακτηριστικά των φιαλών.

Σημαντικές μειώσεις θερμοκρασίας όταν μεταφέρονται μικρότεροι όγκοι νερού σε μπιμπερό μπορεί να είναι σημαντικές για τους φροντιστές νεογνών που γενικά απαιτούν μικρότερους όγκους φόρμουλας για τα γεύματα. Υπάρχουν πολλά σενάρια όπου τα μπιμπερό μικρότερου όγκου είχαν θερμοκρασίες νερού που έπεσαν κάτω από τους 70 °C. Ο όγκος του νερού και ο υπερκείμενος χώρος στο μπιμπερό πιθανότατα θα επηρεάσουν τη μείωση της θερμοκρασίας του νερού μετά τη μεταφορά. Στην αρχική μελέτη επικύρωσης που διεξήχθη από τους Edelson-Mammel και Buchanan (2004), η οποία έδειξε ότι οι 70 °C απενεργοποίησαν το *Cronobacter* spp. (*E. sakazakii*) κατά την ανασύσταση του PIF σε μπιμπερό, χρησιμοποιήθηκαν 180 mL (6 fl. oz) νερού για την παρασκευή του PIF σε πλαστικό μπουκάλι. Αυτές οι συνθήκες πιθανότατα ελαχιστοποίησαν τις μειώσεις θερμοκρασίας που συμβαίνουν με μικρότερους όγκους νερού ή όταν χρησιμοποιούνται γυάλινα μπιμπερό. Αυτή η μελέτη διεξήγαγε επίσης μια σειρά πειραμάτων με βυθισμένο πηνίο για τη δημιουργία τιμών *D*- για 12 απομονωμένα στελέχη *Cronobacter* spp. (*E. sakazakii*). Το πιο θερμοσταθερό απομονωμένο στέλεχος είχε $D_{70°C}$ = 3,9 s, γεγονός που υποδηλώνει ότι η επεξεργασία με ζεστό νερό στους 70°C είναι αποτελεσματική στην απενεργοποίηση *του Cronobacter* spp. Ωστόσο, η διασφάλιση ότι η ανασύσταση που πραγματοποιείται από τους φροντιστές παρέχει πράγματι επεξεργασίες νερού στους 70°C αποτελεί πρόκληση που πρέπει να αντιμετωπιστεί μέσω αποτελεσματικών οδηγιών.

Η προσθήκη PIF στο νερό του μπουκαλιού μείωσε περαιτέρω τη θερμοκρασία του νερού. Μετά την προσθήκη PIF, οι θερμοκρασίες στα μπουκάλια μειώθηκαν κατά μέσο όρο κατά 5,8 °F επιπλέον (Πίνακας 3). Η χωρητικότητα του μπιμπερό, ο όγκος του νερού, η αρχική θερμοκρασία του νερού και το υλικό του μπουκαλιού επηρέασαν σημαντικά τις θερμοκρασίες μετά την προσθήκη PIF ($p < 0,01$) (Πίνακας 4). Για την υψηλότερη θερμοκρασία (δηλαδή , πλαστικά μπουκάλια σε πλήρη χωρητικότητα), η θερμοκρασία που επιτεύχθηκε μετά την ανακίνηση ήταν 179,5 ± 1,6 °F (81,9 ± 0,9 °C). Για το σενάριο χαμηλότερης θερμοκρασίας (δηλαδή , γυάλινα μπουκάλια σε μισή χωρητικότητα), η θερμοκρασία που επιτεύχθηκε μετά την ανακίνηση ήταν 138,0 ± 1,3 °F (58,9 ± 0,7 °C) (Πίνακας 3). Οι θερμοκρασίες μειώθηκαν συνολικά κατά 13,2 °C και 14,9 °C από τις αρχικές υψηλές (95,1 °C) και χαμηλές (73,8 °C) θερμοκρασίες νερού στα θερμαντικά δοχεία, αντίστοιχα. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στη θερμική ενέργεια (θερμότητα) από το νερό που μεταφέρεται στη σκόνη και τη διαλύει, γεγονός που μειώνει τη θερμοκρασία του νερού. Η προσθήκη μιας διαλυμένης ουσίας (PIF) στο νερό μπορεί επίσης να μειώσει τη θερμοχωρητικότητα του υγρού, αυξάνοντας τον ρυθμό ψύξης του υγρού (Datta , 2002a , Datta, 2002b). Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το νερό σε πολλά σενάρια παρασκευής μπορεί να μην είναι αρκετά ζεστό για να απενεργοποιήσει *τα Cronobacter* spp. στο PIF.

Πίνακας 4. Θερμοκρασίες κατά την ανασύσταση του PIF με ζεστό νερό και ανακίνηση (Πτώσεις θερμοκρασίας 3 και 4). Οι αρχικές θερμοκρασίες νερού σε αυτό το πείραμα προκαθορίστηκαν με βάση τις πιθανές θερμοκρασίες που μπορούσαν να παρακολουθήσουν οι φροντιστές στο μπιμπερό πριν από την προσθήκη του PIF. Τα αποτελέσματα με έντονη γραφή αντιπροσωπεύουν συνθήκες που απέδωσαν την υψηλότερη και τη χαμηλότερη θερμοκρασία νερού. Τα πειράματα διεξήχθησαν εις τριπλούν. Τα στατιστικά αποτελέσματα παρουσιάζονται με γράμματα, με βάση το τεστ Tukey. Οι τιμές με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ οι τιμές με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά σε $p < 0,05$)

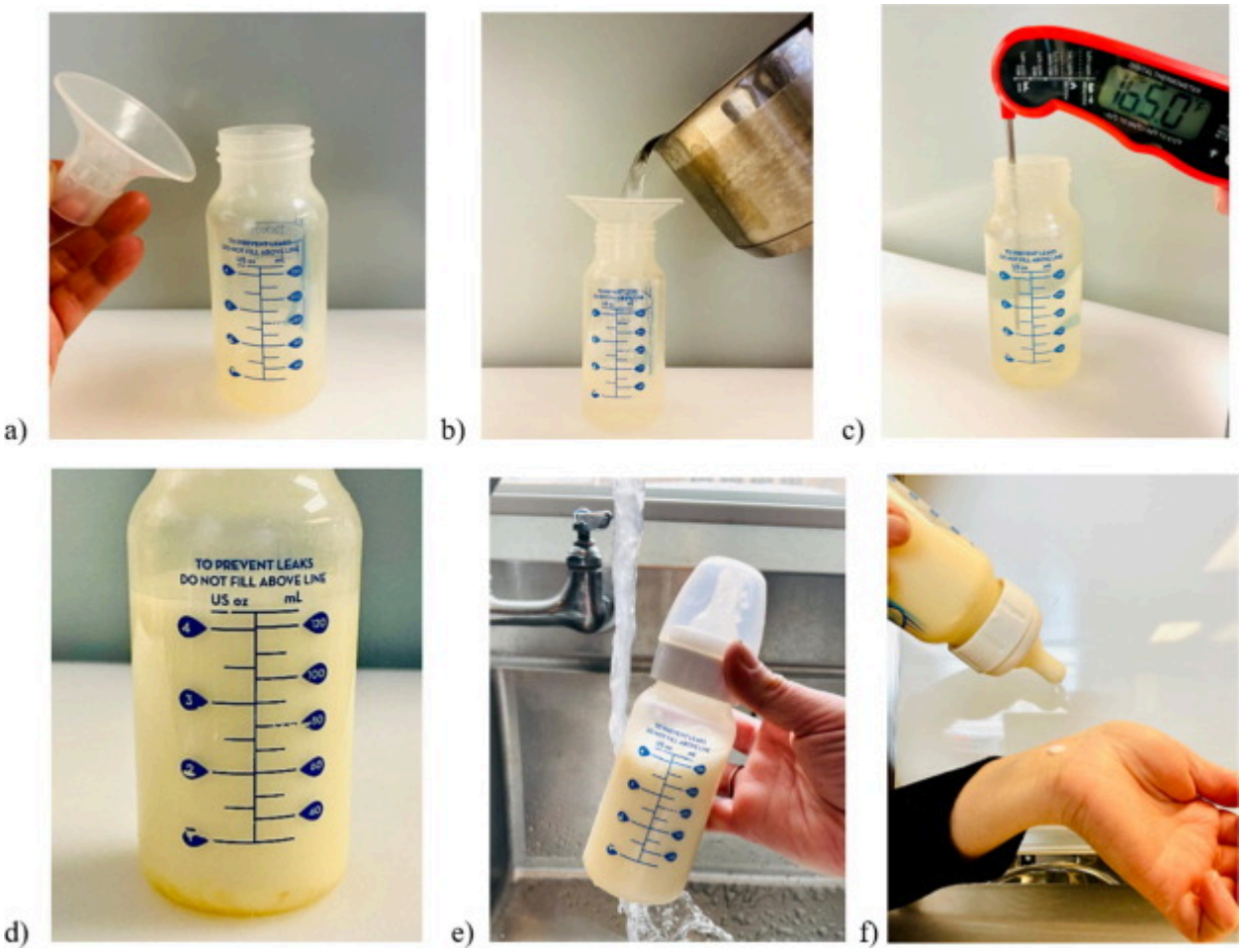
Αρχική θερμοκρασία νερού μετρημένη σε μπιμπερό °F (°C)	**Όγκος μπουκαλιού (oz)**	**Όγκος νερού (oz)**	**Υλικό**	**Θερμοκρασία σε PIF Προσθήκη °F (°C)**	**Θερ ανα**
165 (73,8)	4 ουγγιές	2 ουγγιές	Ποτήρι	**155,9 ± 1,4 (68,8 ± 0,8)** α	148,8
			Πλαστική ύλη	160,9 ± 0,7 (71,6 ± 0,4) ab	155,1
		4 ουγγιές	Ποτήρι	160,7 ± 0 (71,5 ± 0) α	156,6
			Πλαστική ύλη	159,9 ± 0,3 (71,1 ± 0,2) ab	156,4
	8 ουγγιές	4 ουγγιές	Ποτήρι	160,9 ± 0,6 (71,6 ± 0,4) β	155,7
			Πλαστική ύλη	161,4 ± 0,7 (71,9 ± 0,4) ab	156 ±
		8 ουγγιές	Ποτήρι	162,1 ± 0,9 (72,3 ± 0,5) β	159,5
			Πλαστική ύλη	162,4 ± 0,7 **(72,4 ± 0,4) ab**	159,1
167 (75)	4 ουγγιές	2 ουγγιές	Ποτήρι	161,1 ± 2,8 (71,7 ± 1,6)	152,2
			Πλαστική ύλη	**160,8 ± 4,4 (71,6 ± 2,5)**	156,1
		4 ουγγιές	Ποτήρι	163,3 ± 1,9 (73 ± 1)	157,8
			Πλαστική ύλη	**164,8 ± 0,6 (73,8 ± 0,3)**	159,9
	8 ουγγιές	4 ουγγιές	Ποτήρι	162,9 ± 1 (72,7 ± 0,5)	154,6
			Πλαστική ύλη	163,9 ± 0,8 (73,3 ± 0,5)	157,5
		8 ουγγιές	Ποτήρι	163 ± 0,9 (72,8 ± 0,5)	159,4
			Πλαστική ύλη	163,9 ± 1,2 (73,3 ± 0,7)	160,3
170 (76,6)	4 ουγγιές	2 ουγγιές	Ποτήρι	**162,2 ± 1 (72,3 ± 0,6)** γ	156 ±
			Πλαστική ύλη	162,8 ± 1,6 (72,7 ± 0,9) cd	156,9
		4 ουγγιές	Ποτήρι	163,1 ± 0,4 (72,8 ± 0,2) cd	159,6
			Πλαστική ύλη	165,9 ± 0,5 (74,4 ± 0,3)	162,7

Αρχική θερμοκρασία νερού μετρημένη σε μπιμπερό °F (°C)	Όγκος μπουκαλιού (oz)	Όγκος νερού (oz)	Υλικό	Θερμοκρασία σε PIF Προσθήκη °F (°C)	Θερ αναι
	8 ουγγιές	4 ουγγιές	Πλας	165,1 ± 0,5 (74 ± 0,3) γ	159,1
			Πλαστική ύλη	165,9 ± 0,7 (74,4 ± 0,4) cd	159,4
		8 ουγγιές	Πλας	166 ± 0,6 (74,5 ± 0,3) cd	163,7
			Πλαστική ύλη	**167,5 ± 0,8 (75,3 ± 0,4) ημέρες**	164,8
176 (80)	4 ουγγιές	2 ουγγιές	Ποτήρι	168,3 ± 4,4 (75,7 ± 2,5)	162,1
			Πλαστική ύλη	170,5 ± 0,4 (77 ± 0,2)	163,8
		4 ουγγιές	Ποτήρι	**165,6 ± 2,5 (74,2 ± 1,4)**	161,8
			πλαστική ύλη	**170,7 ± 0,4 (77 ± 0,2)**	166,4
	8 ουγγιές	4 ουγγιές	ποτήρι	169,2 ± 2,3 (76,2 ± 1,3)	164,1
			πλαστική ύλη	170,1 ± 1,3 (76,7 ± 0,7)	163,6
		8 ουγγιές	ποτήρι	170,5 ± 1,3 (76,9 ± 0,7)	166,8
			πλαστική ύλη	170,6 ± 0,2 (77 ± 0,1)	167,5

Θέσαμε το ερώτημα, ποια αρχική θερμοκρασία νερού που μετρήθηκε στο μπιμπερό θα εξασφάλιζε ότι η παρασκευασμένη φόρμουλα θα έφτανε ή θα υπερέβαινε τη θερμοκρασία των 70 °C μετά την προσθήκη PIF. Η θερμοκρασία της παρασκευασμένης φόρμουλας ξεπέρασε τους 70 °C όταν η αρχική θερμοκρασία νερού στο μπιμπερό καταγράφηκε στους 73,8 °C, σε όλες τις συνθήκες εκτός από μία (μισογεμάτη, γυάλινη φιάλη 4 oz, αρχική θερμοκρασία νερού στους 68,8 ± 0,8 °C) (Πίνακας 4). Αυτές οι συνθήκες οδήγησαν σε φόρμουλα στους 68,8 ± 0,8 °C, περίπου 2,1 °F κάτω από τη συνιστώμενη θερμοκρασία. Για τη φόρμουλα που παρασκευάστηκε με νερό στους 68,8 ± 0,8 °C, όπως μετρήθηκε σε μπιμπερό, οι θερμοκρασίες μετά την εισαγωγή του PIF κυμαίνονταν από 68,8 ± 0,8 °C έως 72,4 ± 0,4 °C. Η αύξηση της αρχικής θερμοκρασίας του νερού στους 167 °F είχε ως αποτέλεσμα θερμοκρασίες περίπου 5 °F (2 °C) θερμότερες από ό,τι όταν χρησιμοποιήθηκε νερό στους 165 °F (70 °C). Τα πρόσθετα οφέλη για την μικροβιακή ασφάλεια θα πρέπει να εξισορροπηθούν με τον κίνδυνο υποβάθμισης των θρεπτικών συστατικών και εγκαυμάτων σε ολοένα και υψηλότερες θερμοκρασίες (Agostoni et al., 2004).

Η θερμοκρασία του νερού μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο διαλύεται το PIF στο νερό. Αξίζει να σημειωθεί ότι το νερό σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 60 °C μπορεί να ενυδατώσει γρήγορα τα εξωτερικά σωματίδια σκόνης του PIF, με αποτέλεσμα συσσωματώματα που μοιάζουν με πηκτή και εμποδίζουν την πλήρη διάλυση (Εικ. 3). Αυτό μπορεί να επιβραδύνει τη διαδικασία διάλυσης, να περιορίσει την ανάμειξη και να αυξήσει τη συσσωμάτωση (Walstra et al., 2005).

Επιπλέον, αυτή η ατελής ομογενοποίηση μπορεί να προστατεύσει τα παθογόνα στο εσωτερικό αυτών των συσσωματωμάτων από θερμική απενεργοποίηση (Podolak et al., 2017). Η μηχανική ανάμειξη του νερού και της σκόνης για 5 δευτερόλεπτα αυξάνει την διαβρεξιμότητα της σκόνης και βελτιώνει τη διαλυτότητά της (Fitzpatrick et al. 2016). Επομένως, η θερμοκρασία του νερού κατά την προσθήκη του PIF δεν πρέπει να υπερβαίνει κατά πολύ τους 70 °C για να μειωθούν οι φυσικές αλλαγές που μειώνουν την ευκολία ανάμειξης. Επιπλέον, ακόμη και θερμοκρασίες ελαφρώς κάτω από 70 °C μπορούν να μειώσουν *τα Cronobacter* spp. αισθητά ακόμη και αν δεν επιτύχουν μείωση 5 λογαριθμικών μονάδων. Αυτή η αρχή θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω μέσω αξιολογήσεων κινδύνου για την αξιολόγηση των συμβιβασμών μεταξύ της αποικοδόμησης των θρεπτικών συστατικών και της συσσωμάτωσης με την απενεργοποίηση των παθογόνων, δεδομένης της πιθανώς χαμηλής συγκέντρωσης *Cronobacter* spp. που συνήθως υπάρχει σε μολυσμένα PIF (Jongenburger et al., 2011).



Λήψη: Λήψη εικόνας υψηλής ανάλυσης (272KB)
Λήψη: Λήψη εικόνας πλήρους μεγέθους

Σχήμα 3. Βήματα για την ανασύσταση του PIF με χρήση ζεστού νερού. Οι εικόνες δείχνουν την ακολουθία των ενεργειών (α) χρησιμοποιώντας μια φλάντζα θηλάστρου ως χωνί (β) ενώ ρίχνετε ζεστό νερό στο μπιμπερό και (γ) ελέγχοντας τη θερμοκρασία πριν από την προσθήκη του PIF. Προσθέστε το PIF στο ζεστό νερό και (δ) περιμένετε τουλάχιστον 1 λεπτό μετά το βήμα ανακίνησης πριν (ε) κρυώσετε τη φόρμουλα κρατώντας το μπιμπερό κάτω από τρεχούμενο νερό μέχρι (στ) να

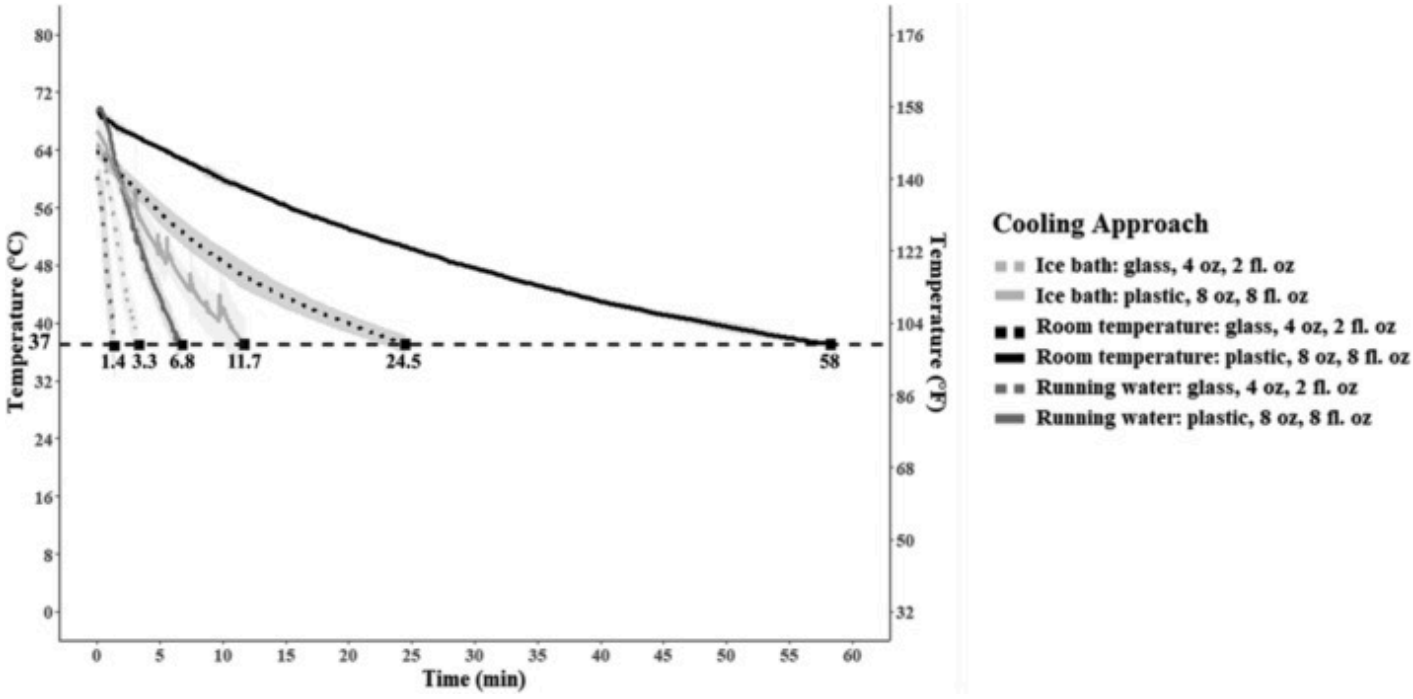
κρυώσει στη θερμοκρασία του σώματος, όπως επιβεβαιώνεται ελέγχοντας τις σταγόνες στον καρπό.

Η μέθοδος hotshot είχε ως αποτέλεσμα θερμοκρασίες φόρμουλας που ήταν πολύ κάτω από 70 °C. Οι θερμοκρασίες κυμαίνονταν από 49,2 ± 2,9 °C έως 60,2 ± 0,6 °C μετά την προσθήκη PIF (Πίνακας 3). Οι θερμοκρασίες στη συνέχεια μειώθηκαν μεταξύ 33,8 °C και 45 °C μετά την προσθήκη νερού βρύσης σε θερμοκρασία δωματίου (Πίνακας 3). Η προσθήκη μόνο 1 fl. oz νερού 70 °C είναι απίθανο να επεξεργαστεί επαρκώς θερμικά το PIF κατά την ανασύσταση. Παρόλο που αυτή η μέθοδος είναι γρήγορη και πιθανότατα έχει προσαρμοστεί από αυτοματοποιημένες μηχανές παρασκευής φόρμουλας (π.χ. Baby Brezza), αυτή η προσέγγιση ανασύστασης μπορεί να έχει περιορισμένο θερμικό έλεγχο και πιθανότατα χρησιμεύει μόνο για να θερμάνει τη φόρμουλα στη θερμοκρασία του σώματος για κατανάλωση.

Η ανασύσταση του PIF με ζεστό νερό αυξάνει τον κίνδυνο εγκαυμάτων για τον φροντιστή που προετοιμάζει το μπιμπερό. Ωστόσο, είναι πιθανό να είναι παρόμοιος με τον κίνδυνο που σχετίζεται με άλλες συστάσεις σχετικά με την αποστείρωση των μερών του μπιμπερό μέσω βραστού νερού (Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024a , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024b , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024c , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024d , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024e) ή το άνοιγμα ατμού από τον φούρνο μικροκυμάτων εμπορικών σακουλών αποστείρωσης. Ένα φαρδύ χωνί που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την παρασκευή φόρμουλας, ή ακόμα και μια καθαρή φλάντζα θηλασμού, θα ήταν πρακτικά βοηθήματα για την έκχυση ζεστού νερού στο μπιμπερό (Εικ. 3). Επιπλέον, οι φροντιστές μπορεί να θεωρούν την παρακολούθηση της θερμοκρασίας ως κουραστική. Ωστόσο, η προθυμία για την εκτέλεση αυτών των εργασιών θα μπορούσε να αυξηθεί εάν οι φροντιστές γνωρίζουν τον κίνδυνο μόλυνσης από *Cronobacter* spp. μεταξύ βρεφών υψηλού κινδύνου και τους παρέχεται μια σαφής σύσταση θερμοκρασίας. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι οι οδηγίες παρασκευής ζεστού νερού ισχύουν γενικά για βρέφη μόνο κατά τους πρώτους 2 μήνες ζωής τους, μειώνοντας το συνολικό βάρος αυτού του έργου για τους φροντιστές. Οι υπάρχουσες εκπαιδευτικές στρατηγικές σχετικά με την παρακολούθηση της θερμοκρασίας κατά την παρασκευή τροφίμων θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την επικοινωνία με τους φροντιστές σχετικά με την παρασκευή PIF.

Οι χρόνοι ψύξης του ανασυσταμένου PIF ποικίλλουν ανάλογα με τη μέθοδο. Οι μέθοδοι ψύξης του παρασκευασμένου παρασκευάσματος σε θερμοκρασία σώματος (~37 °C) ποίκιλαν σε διάρκεια. Οι οδηγίες του CDC συνιστούν στους φροντιστές να «περιμένουν να κρυώσει το παρασκεύασμα» μέχρι να είναι «ζεστό, όχι καυτό», αναφέροντας τη θερμοκρασία του σώματος ως κατάλληλο δείκτη (Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024a , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024b , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024c , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024d , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024e). Η ροή νερού πάνω από ένα γυάλινο μπουκάλι (μισογεμάτο, χωρητικότητας 4 oz) είχε ως αποτέλεσμα τον συντομότερο συνολικό χρόνο ψύξης που

απαιτείται για την επίτευξη της θερμοκρασίας του σώματος στα ~1,4 ± 0,06 λεπτά, ο οποίος ήταν περίπου 1,9 και 23,1 λεπτά γρηγορότερος από την ψύξη με παγόλουτρο ή με παθητική ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου, αντίστοιχα. Η ροή νερού πάνω από ένα πλαστικό μπουκάλι (γεμάτο με τύπο 8 fl. oz, μέγεθος μπουκαλιού 8 oz) ψύξε τον ανασυσταμένο τύπο στη θερμοκρασία του σώματος σε 6,8 ± 0,38 λεπτά, η οποία ήταν 4,9 και 51,5 λεπτά ταχύτερη από το παγόλουτρο ή την παθητική ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου, αντίστοιχα. Η παραμονή του μπουκαλιού σε θερμοκρασία δωματίου είχε ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη συνολική διάρκεια ψύξης στα 58,3 ± 0,58 λεπτά (γεμάτο πλαστικό μπουκάλι 8 oz) και 24,5 ± 2,08 λεπτά (μισογεμισμένο γυάλινο μπουκάλι 4 oz). Μικρότερες διάρκειες ψύξης παρατηρήθηκαν σε γυάλινα μπουκάλια γεμισμένα μέχρι τη μισή χωρητικότητα, κάτι που συμπίπτει με τις προηγούμενες θερμικές τάσεις (Εικ. 4). Οι κορυφές που παρατηρήθηκαν στην καμπύλη ψύξης ενός πλήρους πλαστικού μπουκαλιού 8 oz μέσω παγόλουτρου προέκυψαν από τη διαδικασία «στροβιλισμού» που πραγματοποιήθηκε για να αυξηθεί η ανάμειξη του ψυχρότερου τμήματος του υγρού (βυθισμένου στο παγόλουτρο), με το ζεστό τμήμα (σε θερμοκρασία δωματίου, δεδομένου του ύψους του μπουκαλιού) (Σχήμα 3 , Σχήμα 4).



Λήψη: Λήψη εικόνας υψηλής ανάλυσης (188KB)

Λήψη: Λήψη εικόνας πλήρους μεγέθους

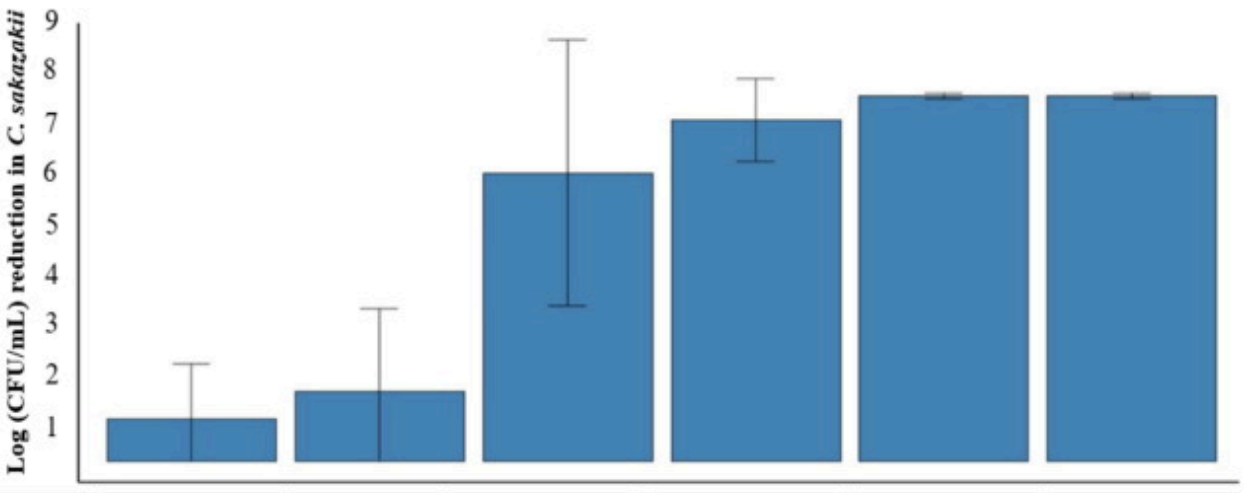
Σχήμα 4. Θερμοκρασία ανασυσταμένου τύπου σε φιάλες κατά την περίοδο ψύξης σε περίπου θερμοκρασία σώματος. Οι καμπύλες ψύξης είναι ο μέσος όρος τριών επαναληπτικών πειραμάτων για δύο τύπους φιαλών που αντιπροσωπεύουν την ταχύτερη και πιο αργή δυναμική ψύξης: (1) γυάλινα μπουκάλια 4 fl. oz γεμάτα με 2 fl. oz τύπου και (2) πλαστικά μπουκάλια 8 fl. oz γεμάτα με 8 fl. oz τύπου. Αξιολογήθηκαν τρεις επεξεργασίες ψύξης για κάθε τύπο φιάλης: (1) παθητική ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου, (2) διατήρηση των φιαλών κάτω από κρύο τρεχούμενο νερό και (3) βύθιση των φιαλών σε παγόλουτρο. Σημειώστε ότι οι αιχμές στην καμπύλη για τις επεξεργασίες παγόλουτρου για φιάλες 8 fl. oz αντιστοιχούν σε σημεία όπου το μπουκάλι στροβιλίστηκε για να

αναμειχθεί το περιεχόμενο, καθώς το παγόλουτρο έφτανε μόνο περίπου στο μισό ύψος του φιαλιδίου.

Τα πλαστικά μπουκάλια, τα συνολικά στερεά και η περιεκτικότητα σε λιπαρά στην ανασυσταμένη φόρμουλα, καθώς και ο ελάχιστος ελεύθερος χώρος, μπορούν να διατηρήσουν τις θερμοκρασίες του νερού υψηλές για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, γεγονός που θα μπορούσε να ενισχύσει περαιτέρω την απενεργοποίηση *του Cronobacter* spp. κατά την ψύξη (Osaili et al., 2009). Ωστόσο, κάτω από θερμοκρασίες που είναι θανατηφόρες, η διατήρηση της φόρμουλας για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα στο εύρος θερμοκρασιών της «ζώνης κινδύνου» (40–140 °F, 4–60 °C) μπορεί τελικά να οδηγήσει σε ανάκαμψη του *Cronobacter* spp. (Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ, 2017 , Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ, 2020). Για παράδειγμα, σε μια εργασία των Chen et al (2009) , η ανασυσταμένη βρεφική φόρμουλα που διατηρήθηκε στους 50 °C υποστήριξε την επιβίωση *του Cronobacter* spp. για τουλάχιστον 3 ώρες (Chen et al, 2009). Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (2012) δηλώνει ότι το ανασυσταμένο PIF πρέπει να φυλάσσεται σε θερμοκρασίες ≤5 °C για την πρόληψη της ανάπτυξης *Salmonella* και *C. sakazakii* (προηγουμένως, *E. sakazakii*). Επιπλέον, οι παρατεταμένοι χρόνοι ψύξης δεν είναι πρακτικοί για τους φροντιστές, καθώς οι καθυστερημένες ταΐσεις μπορεί να προκαλέσουν συναισθηματική δυσφορία στο βρέφος. Στην πράξη, ακόμη και μια διάρκεια ψύξης περίπου 6,8 λεπτών (τρεχούμενο νερό, γεμάτο πλαστικό μπουκάλι 225 γραμμαρίων) είναι μεγάλο χρονικό διάστημα για έναν φροντιστή για να κρατήσει ενεργά το μπιμπερό κάτω από μια βρύση. Οι φροντιστές, ειδικά αν δεν έχουν εμπειρία στην παρασκευή φόρμουλας, μπορεί να συντομεύσουν το βήμα ψύξης για να κατευνάσουν ένα πεινασμένο βρέφος. Ωστόσο, οι υψηλές θερμοκρασίες θα μπορούσαν να προκαλέσουν εγκαύματα στα βρέφη (Infant Nutrition Council, 2013), γεγονός που μπορεί να προκαλέσει αποστροφή για το τάισμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι Redmond και Griffith (2013) ανέφεραν ότι το 60% των παρατηρούμενων φροντιστών (n = 50) δεν έλεγξαν τις θερμοκρασίες του ανασυσταμένου φόρμουλας πριν από τα ταΐσματα. Παρόλο που τα Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024a , US Centers for Disease Control and Prevention, 2024b , US Centers for Disease Control and Prevention, 2024c , US Centers for Disease Control and Prevention, 2024d , US Centers for Disease Control and Prevention, 2024e συνιστούν τον έλεγχο της θερμοκρασίας του παρασκευασμένου γάλακτος «βάζοντας μερικές σταγόνες στον καρπό σας», η ευαισθησία στον πόνο (δηλαδή, στη θερμότητα) ποικίλλει μεταξύ των φροντιστών. Οι Chiang et al. (2023) ανέφεραν ότι εμφανίστηκαν 1-4 περιπτώσεις εγκαυμάτων που σχετίζονται με PIF ετησίως (μεταξύ 2017 και 2019), μια πιθανή υποεκτίμηση του πραγματικού φορτίου των εγκαυμάτων που σχετίζονται με το ζεστό γάλα. Σε κάθε μία από αυτές τις περιπτώσεις, το έγκαυμα συνέβη κατά την παρασκευή του γάλακτος. Redmond και Griffith (2013)ανέφεραν ότι οι φροντιστές που προσλήφθηκαν ψύχαιναν τα μπιμπερό με τρεχούμενο νερό (20%) και κρύο νερό σε λεκάνη (60%) σε 5-11 λεπτά και 1-3,5 λεπτά, αντίστοιχα, κάτι που είναι παρόμοιο με τα ευρήματα που αναφέρονται εδώ. Οι φροντιστές προειδοποιούνται επίσης να αποφεύγουν την εισαγωγή νερού στη θηλή ή το μπιμπερό κατά την ενεργή ψύξη, για να αποτρέψουν την επαναμόλυνση του παρασκευασμένου γάλακτος (Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης

Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024a , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024b , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024c , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024d , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024e).

Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού και η συμπερίληψη μιας περιόδου παθητικής ψύξης βελτίωσαν την απενεργοποίηση του *C. sakazakii* . Η αρχική θερμοκρασία του νερού, η μέθοδος ανάμειξης και η μέθοδος ψύξης για την ανασύσταση του PIF επηρέασαν την απενεργοποίηση *του C. sakazakii* . Η μεγαλύτερη λογαριθμική μείωση του *C. Sakazakii* (7,4 ± 0,1 CFU/mL) επιτεύχθηκε με θερμοκρασίες νερού στους 73,8 °C (165 °F) και περισσότερα από 30 δευτερόλεπτα παθητικής ψύξης (Εικ. 5). Σε αυτά τα σενάρια, το ανασυσταμένο PIF στροβιλίστηκε για 5 δευτερόλεπτα στο μπουκάλι, γεγονός που βελτίωσε τη μείωση *του C. sakazakii* σε σύγκριση με την ανακίνηση του μπουκαλιού. Όταν ξεκινήσαμε με την ίδια θερμοκρασία νερού 73,8 °C (165 °F) και ανακινήσαμε για 5 δευτερόλεπτα για την ανασύσταση του PIF, υπήρξε μόνο μείωση 5,8 ± 2,7 log και 6,9 ± 0,8 log μετά από 30 δευτερόλεπτα και 10 λεπτά παθητικής ψύξης, αντίστοιχα (Εικ. 5). Η μέση θερμοκρασία της ανασυσταμένης φόρμουλας μετά από 10 λεπτά παθητικής ψύξης ήταν 45,3 ± 1,2 °C (113,5 ± 2,2 °F). Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες νερού σε συνδυασμό με μεθόδους ενεργητικής ψύξης (λειτουργία κάτω από κρύο νερό) πέτυχαν τις μικρότερες μειώσεις του *C. sakazakii* (0,9 ± 1,1 log, 1,4 ± 1,7 log CFU/mL). Συνολικά, η ανασύσταση του PIF με υψηλότερη θερμοκρασία νερού (73,8 °C /165 °F), η περιστροφή του μπουκαλιού και στη συνέχεια η παθητική ψύξη του, πέτυχε μείωση του *C. sakazakii* κατά >5 log CFU/mL .



Water temperature °C (°F)	65 (149)	70 (158)	73.8 (165)	73.8 (165)	73.8 (165)	73.8 (165)
PIF dispersal into water	Swirling (5 s)	Swirling (5 s)	Shaking (5 s)	Shaking (5 s)	Swirling (5 s)	Swirling (5 s)
Cooling Strategy	Active	Active	Passive	Passive	Passive	Passive
Cooling Method	Running cold water	Running cold water	Room temperature hold	Room temperature hold	Room temperature hold	Room temperature hold
Cooling Time	until 37°C	until 37°C	30 s	10 min	30 s	10 min

Λήψη: Λήψη εικόνας υψηλής ανάλυσης (257KB)

Λήψη: Λήψη εικόνας πλήρους μεγέθους

Σχήμα 5. Μείωση του *Cronobacter sakazakii* (log CFU/ml) μετά από διαφορετικές επεξεργασίες ανασύστασης και χρόνους ψύξης.

Η ψύξη του μπιμπερό κάτω από τρεχούμενο νερό είναι μία από τις μεθόδους που συνιστώνται από τους οργανισμούς δημόσιας υγείας για την επίτευξη ασφαλούς θερμοκρασίας σίτισης (FDA, 2024). Ωστόσο, η άμεση ενεργητική ψύξη μετά την ανάμειξη (~5 δευτερόλεπτα) περιόρισε την θερμική απενεργοποίηση του *C. sakazakii* . Για παράδειγμα, μια αρχική θερμοκρασία νερού 73,8 °C (165 °F) μειώθηκε στους 53,8 °C (128,8 °F) εντός 30 δευτερολέπτων ενεργητικής ψύξης (Εικ. 4). Η παθητική ψύξη παρατείνει τη θερμική επεξεργασία και ενισχύει τη θνησιμότητα *του C. sakazakii*. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι οδηγίες σχετικά με τη χρήση μιας περιόδου παθητικής ψύξης πριν από την ενεργητική ψύξη δεν περιλαμβάνονται επί του παρόντος στις οδηγίες δημόσιας υγείας, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε υποεπεξεργασία του PIF ακόμη και αν ακολουθούνται οι σωστές πρακτικές προετοιμασίας του νερού.

Επιπλέον, οι μέθοδοι ανάμειξης θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη θνησιμότητα *από Cronobacter* spp., καθώς η ανακίνηση του μπουκαλιού μπορεί να διασπείρει τα κύτταρα σε όλη την επιφάνεια του μπουκαλιού και στις ρωγμές. Οι οδηγίες δημόσιας υγείας περιλαμβάνουν οδηγίες για τον καθαρισμό (π.χ. χειροκίνητα, σε πλυντήριο πιάτων) και την απολύμανση (π.χ. σε πλυντήριο πιάτων, βρασμό, ατμό) των μερών του μπουκαλιού για βρέφη υψηλού κινδύνου (Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024a , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024b , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024c , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024d , Κέντρα Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων των ΗΠΑ, 2024e , Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ, 2024), καθώς ο εξοπλισμός σίτισης βρεφών έχει συνδεθεί με τη μόλυνση από *C. sakazakii* (CDC, 2023). Εάν η ανασύσταση με ζεστό νερό προορίζεται για την επεξεργασία των επιφανειών του μπουκαλιού καθώς και του PIF, τότε η αποτελεσματικότητα αυτών των θεραπειών για τη μείωση *του Cronobacter* spp. θα πρέπει να αξιολογείται σε μελέτες πρόκλησης στις οποίες εμβολιάζονται επιφάνειες. Απαιτείται τυποποιημένη διατύπωση (π.χ., ανακίνηση, στροβιλισμός, ανάδευση) σε ερευνητικές μελέτες για *το Cronobacter spp., για την κατανόηση των επιπτώσεων των μεθόδων ανάμειξης κατά την ανασύσταση του PIF στην θερμική απενεργοποίηση του Cronobacter* spp.

Οι ετικέτες στα δοχεία PIF που αξιολογήθηκαν σε αυτήν τη μελέτη δεν περιέγραφαν συστάσεις θερμοκρασίας και χρόνου για τους φροντιστές βρεφών υψηλού κινδύνου. Μόνο τρία προϊόντα από μία ευρωπαϊκή μάρκα συνιστούσαν θερμοκρασία νερού 70 °C (158 °F) για την παρασκευή φόρμουλας. Ορισμένες μάρκες (20/36, 56%) πρότειναν τη χρήση κρύου, βρασμένου νερού, ενώ άλλες (2/36, 6%) συνιστούσαν ζεστό, προηγουμένως βρασμένο νερό, για την ανασύσταση του PIF. Μια συνιστώμενη θερμοκρασία 40 °C (100 °F) βρέθηκε σε 11 προϊόντα, πιθανώς σχετιζόμενη με την προστασία των προβιοτικών καλλιεργειών που περιέχονται στο PIF. Οι κατασκευαστές φόρμουλων δεν υποχρεούνται να προσθέτουν προβιοτικές καλλιέργειες στα προϊόντα PIF τους, ούτε μπορούν να προωθήσουν τα οφέλη του φόρμουλας με τρόπο που να αμφισβητεί τον θηλασμό σύμφωνα με τον Διεθνή Κώδικα Εμπορίας Υποκατάστατων Μητρικού

Γάλακτος (UNICEF, 2023). Επιπλέον, σε μια έκθεση που συνέταξε η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA, 2014), οι συγγραφείς εξέτασαν μια σειρά από μελέτες και συστηματικές ανασκοπήσεις σχετικά με τα πιθανά οφέλη των προβιοτικών στο βρεφικό γάλα και δεν βρήκαν σημαντικές φυσιολογικές ή υγειονομικές επιπτώσεις μεταξύ εκείνων που κατανάλωναν συμπληρωμένο γάλα σε σύγκριση με εκείνους που λάμβαναν μη συμπληρωμένο γάλα (Crawley et al., 2022). Οι ασυνέπειες σχετικά με τη θερμοκρασία του νερού και τις συστάσεις θέρμανσης μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση στους φροντιστές. Όλα τα προϊόντα PIF ανέφεραν παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, δηλώνοντας «Ρωτήστε τον γιατρό του μωρού σας (ή τον πάροχο υγειονομικής περίθαλψης) σχετικά με την ανάγκη χρήσης κρύου βρασμένου νερού για την ανάμειξη» και ότι οι φροντιστές θα πρέπει να «βράζουν (αποστειρώνουν) τα μπιμπερό, τις θηλές και τους δακτυλίους πριν από τη χρήση». Το υποκεφάλαιο B του CFR 21 § 107.20 περιλαμβάνει απαιτήσεις για τις ετικέτες PIF, συμπεριλαμβανομένων δηλώσεων σχετικά με την αποστείρωση του νερού, των μπιμπερό και των θηλών (CFR, 2024). Παρόλο που αυτός ο κανονισμός δείχνει ένα infographic όπου χρησιμοποιείται ζεστό νερό στην ανασύσταση, η διατύπωση αναθέτει στους γιατρούς οδηγίες σχετικά με την αποστείρωση αντί να παρέχει οδηγίες στην ετικέτα στο σημείο χρήσης. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς πολλά νοικοκυριά στις ΗΠΑ βασίζονται σε οικιακά πηγάδια ως πηγή πόσιμου νερού (DeSimone et al., 2009). Σύμφωνα με την Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (2024) , οι φροντιστές θα πρέπει να ζητούν καθοδήγηση από το τοπικό τμήμα υγείας όταν δεν είναι σίγουροι για την ασφάλεια του νερού που προέρχεται από ιδιωτικό πηγάδι (FDA, 2024).

Όλες οι ετικέτες των προϊόντων PIF περιείχαν τις ίδιες συστάσεις σχετικά με τις συνθήκες αποθήκευσης και θερμοκρασίας του παρασκευασμένου, μη ταϊσμένου γάλακτος. Αυτές οι συστάσεις περιελάμβαναν την αποθήκευση του παρασκευασμένου, μη ταϊσμένου γάλακτος ≤24 ώρες στους 2–4 °C και ότι ένα ανοιχτό κουτί γάλακτος δεν πρέπει να διατηρείται για περισσότερο από ένα μήνα (Πίνακας 5). Λιγότερες από τις μισές ετικέτες (15/36, 42%) ανέφεραν σαφώς ότι το παρασκευασμένο, μη ταϊσμένο γάλα πρέπει να παραμένει εκτός ψυγείου ≤2 ώρες. Οι περισσότερες μάρκες (35/36, 97%) υπέδειξαν όριο μίας ώρας για το υπόλοιπο γάλα μετά την έναρξη της σίτισης και μία υπέδειξε την άμεση απόρριψη της τροφής. Μόνο μία μάρκα ανέφερε την ασφάλεια της πηγής νερού. Όλες οι ετικέτες παρείχαν προειδοποίηση να μην θερμαίνεται το γάλα σε φούρνο μικροκυμάτων. Τυχαίοι τραυματισμοί μπορεί να προκληθούν κατά την υπερθέρμανση του βρεφικού γάλακτος σε φούρνο μικροκυμάτων, συμπεριλαμβανομένων εγκαυμάτων από εγκαύματα στην τραχεία, τον ουρανίσκο και τον στοματοφάρυγγα λόγω εισρόφησης και κατάποσης τροφών που έχουν υπερθερμανθεί (Dixon et al., 1997). Μία μάρκα (τρία προϊόντα) υπέδειξε ότι οι φροντιστές θα πρέπει να ελέγχουν τις θερμοκρασίες του βρεφικού γάλακτος στο εσωτερικό του καρπού τους (δηλαδή, ρίχνοντας μερικές σταγόνες έτοιμου προς χρήση βρεφικού γάλακτος) πριν ταΐσουν το μωρό (NHS, 2023· FDA, 2024) (Εικ. 3).

Πίνακας 5. Αξιολόγηση οδηγιών ασφαλούς χειρισμού στις ετικέτες PIF (n = 36) που διατίθενται στην αγορά των ΗΠΑ από 9 διαφορετικές μάρκες. T° = θερμοκρασία

Δημογραφικά στοιχεία			**Συστάσεις και οδηγίες**			
Εταιρεία	**Ποσότητα αξιολογημένων PIF**	**Προέλευση**	**Πλύνετε τα χέρια σας**	**Τύπος νερού που θα χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του τύπου**	**Αναφορά της θερμοκρασίας Τ° του *νερού (≥ 158 °F/70 °C)* πριν από την προσθήκη PIF**	**Αναφορά οποιασδήποτε θερμοκρασίας *(<158 °F/70 °C***
ENA	7	ΗΠΑ	Ναί	Ρωτήστε τον γιατρό του μωρού σας εάν χρειάζεται να χρησιμοποιήσετε κρύο, βρασμένο νερό	Οχι	Οχι
	2	Ιρλανδία	Ναί	Ρωτήστε τον γιατρό του μωρού σας εάν χρειάζεται να χρησιμοποιήσετε κρύο, βρασμένο νερό	Οχι	Οχι
	1	Ισπανία	Ναί	Χλιαρό, προηγουμένως βρασμένο νερό	Οχι	Οχι
σι	8	ΗΠΑ	Ναί	Ρωτήστε τον γιατρό σας σχετικά με την ανάγκη χρήσης κρύου βρασμένου νερού για την ανάμειξη	Οχι	Οχι
ντο	6	ΗΠΑ	Ναί	Ρωτήστε τον γιατρό του μωρού σας σχετικά με την ανάγκη βρασμού ή αποστείρωσης του νερού για το γάλα σε σκόνη και την κατάλληλη	Οχι	Ναί

Δημογραφικά στοιχεία			**Συστάσεις και οδηγίες**			
Εταιρεία	**Ποσότητα αξιολογημένων PIF**	**Προέλευση**	**Πλύνετε τα χέρια σας**	**Τύπος νερού που θα χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του τύπου**	**Αναφορά της θερμοκρασίας Τ° του *νερού (≥ 158 °F/70 °C)* πριν από την προσθήκη PIF**	**Αναφορά οποιασδήποτε θερμοκρασίας *(<158 °F/70 °C***
				προετοιμασία του μπιμπερό και των σκευών σίτισης.		
ρε	3	Ευρώπη (δεν προσδιορίζεται χώρα)	Ναί	Φρέσκο νερό βρασμένο και κρυωμένο (1/3 κουτιά).	Ναί	Ναί
				Βράστε 1 λίτρο φρέσκο νερό (μην χρησιμοποιείτε νερό που έχει βράσει επανειλημμένα). Αφήστε το να κρυώσει για 30 λεπτά, ώστε να παραμείνει στους 158 °F.		
μι	2	ΗΠΑ	Ναί	Συνιστάται η αποστείρωση ή το βράσιμο νερού βρύσης ή εμφιαλωμένου νερού. Εάν βράζετε νερό, βράστε το για 1 λεπτό και αφήστε το να κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου πριν από την	Οχι	Ναί

Δημογραφικά στοιχεία			**Συστάσεις και οδηγίες**			
Εταιρεία	**Ποσότητα αξιολογημένων PIF**	**Προέλευση**	**Πλύνετε τα χέρια σας**	**Τύπος νερού που θα χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του τύπου**	**Αναφορά της θερμοκρασίας Τ° του *νερού (≥ 158 °F/70 °C)* πριν από την προσθήκη PIF**	**Αναφορά οποιασδήποτε θερμοκρασίας *(<158 °F/70 °C***
				προετοιμασία του γάλακτος.		
φά	1	ΗΠΑ	Ναί	Ρωτήστε τον γιατρό σας σχετικά με την ανάγκη βρασμού ή αποστείρωσης του νερού για το γάλα σε σκόνη	Οχι	Ναί
	1	ΗΠΑ	Ναί	Ρωτήστε τον γιατρό του μωρού σας σχετικά με την ανάγκη για βραστό νερό	Οχι	Ναί
σολ	2	Ηνωμένο Βασίλειο	Ναί	Ρίξτε την απαιτούμενη ποσότητα κρύου, βρασμένου νερού. Κάτω μέρος: *Το βράσιμο είναι η προτιμώμενη μέθοδος για την αποστείρωση του νερού	Οχι	Ναί
Χ	1	ΗΠΑ	Οχι	Ρωτήστε τον παιδίατρό σας εάν χρειάζεται να βράσετε νερό για την παρασκευή φόρμουλας και μπιμπερό.	Οχι	Οχι

Δημογραφικά στοιχεία			**Συστάσεις και οδηγίες**			
Εταιρεία	**Ποσότητα αξιολογημένων PIF**	**Προέλευση**	**Πλύνετε τα χέρια σας**	**Τύπος νερού που θα χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του τύπου**	**Αναφορά της θερμοκρασίας Τ° του *νερού (≥ 158 °F/70 °C)* πριν από την προσθήκη PIF**	**Αναφορά οποιασδήποτε θερμοκρασίας *(<158 °F/70 °C***
εγώ	1	Ολλανδία	Ναί	Γεμίστε το μπουκάλι με την επιθυμητή ποσότητα ζεστού νερού (40 °C)	Οχι	Ναί

Άλλες συστάσεις ασφαλούς χειρισμού κατά την παρασκευή βρεφικού γάλακτος . Καταγράφηκαν αρκετές άλλες συστάσεις ασφαλούς χειρισμού στις ετικέτες PIF. Σημειώθηκαν συμβουλές για το πλύσιμο των χεριών (π.χ. γραπτό κείμενο, σχέδια, αναγνώριση σαπουνιού/νερού κ.λπ.). Από τις 36 ετικέτες PIF που αναλύθηκαν, το 97% (35/36) συνιστούσε πλύσιμο των χεριών. Σαπούνι και νερό εντοπίστηκαν στο 44% (16/36) των ετικετών, αλλά οι συστάσεις για τη θερμοκρασία του νερού ήταν περιορισμένες (μερικές απλώς ανέφεραν τη χρήση ζεστού νερού) ή παραλείφθηκαν εντελώς. Ένα σχέδιο ή μια εικόνα πλυσίματος των χεριών δεν συνόδευε πάντα τις συστάσεις στις ετικέτες (19/36). Η λέξη «σχολαστικά» (για να τονιστεί η ενέργεια που πρέπει να γίνει εξαντλητικά και πλήρως) χρησιμοποιήθηκε στο 28% (10/36) των συστάσεων για το πλύσιμο των χεριών.

Το πλύσιμο των χεριών είναι σημαντικό για τη διατήρηση της μικροβιακής ασφάλειας του παρασκευασμένου γάλακτος. Αυτό το βήμα θα μπορούσε να μειώσει τον κίνδυνο διασταυρούμενης μόλυνσης του γάλακτος μέσω των χεριών των φροντιστών. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό εάν το κουτάλι του γάλακτος είναι βυθισμένο σε PIF, απαιτώντας από τον φροντιστή να αγγίξει το προϊόν για να το αφαιρέσει. Παρατηρήσαμε ότι τα κουτάλια που περιλαμβάνονται στα δοχεία PIF δεν ήταν πάντα προσβάσιμα (π.χ., κολλημένα στο καπάκι), ωθώντας τους φροντιστές να «σκάψουν» στη βρεφική σκόνη. Τα βακτήρια θα μπορούσαν να επιμείνουν στο PIF εάν εισαχθούν από τα χέρια, ένα κουτάλι κ.λπ.

Το μέγεθος της γραμματοσειράς στις οδηγίες της ετικέτας ήταν αρκετά μικρό. Τα γράμματα ήταν περίπου 1-2 mm, το οποίο είναι το ελάχιστο μέγεθος που συνιστάται για την εμφάνιση πληροφοριών στις ετικέτες (UK Food Standards Agency, 2023). Επιπλέον, ο Διεθνής Κώδικας Εμπορίας Υποκατάστατων Μητρικού Γάλακτος συνιστά συγκεκριμένα σαφήνεια στις οδηγίες παρασκευής (World Health Organization, 1981 , World Health Organization, 2017). Ενώ ορισμένες ετικέτες PIF παρείχαν στοιχεία επικοινωνίας για επικοινωνία με «ειδικούς σίτισης» (διαθέσιμα κατά τις κανονικές εργάσιμες ώρες), αυτά τα πρόσθετα βήματα, παρόμοια με τη

διαβούλευση με έναν πάροχο υγειονομικής περίθαλψης, επιβαρύνουν τον φροντιστή να ζητήσει διευκρινίσεις σχετικά με το πότε και πώς πρέπει να πραγματοποιείται η ανασύσταση του ζεστού νερού. Σε άλλες περιπτώσεις, παρέχεται ένας κωδικός QR στα δοχεία, ο οποίος κατευθύνεται στον ιστότοπο της εταιρείας. Ωστόσο, ο ιστότοπος δεν συνδέθηκε απευθείας με τις οδηγίες παρασκευής, αλλά παρείχε επιλογές για την αγορά του προϊόντος ή τον έλεγχο ατομικών μαρτυριών. Τα χαρακτηριστικά της ετικέτας αποτελούν βασικό πόρο για τους φροντιστές και απαιτείται περαιτέρω εξέταση της αναγνωσιμότητας, του περιεχομένου και της δομής τους. Η απαίτηση από τους φροντιστές να αναζητήσουν περαιτέρω οδηγίες από άλλες πηγές αυξάνει την ερμηνευτική εργασία που απαιτείται για την προετοιμασία ενός μπουκαλιού.

Η αξιολόγηση της ετικέτας στα κονσέρβες φόρμουλας αποκάλυψε ότι οι συστάσεις κίνησης από τους κατασκευαστές PIF είναι να «ανακινείται καλά» ή να «ανακινείται έντονα». Αυτές οι συστάσεις ευθυγραμμίζονται με τις πληροφορίες του FDA σχετικά με τον ασφαλή χειρισμό του φόρμουλας (FDA, 2024). Παρ' όλα αυτά, οι πιο δημοφιλείς συστάσεις σε ιστολόγια καταναλωτών, μέσα κοινωνικής δικτύωσης και σε ορισμένους κατασκευαστές μπιμπερό είναι να «στροβιλίζεται» ή να «ανακατεύεται» το γάλα, αντίστοιχα (Τι να περιμένετε, 2023 , Dr. Brown, 2025). Οι δημοσιευμένες μελέτες σχετικά με την απενεργοποίηση *του C. sakazakii* ποικίλλουν ως προς τις μεθόδους παρασκευής του. Η ανάμειξη περιγράφηκε ποικιλοτρόπως ως «ήπια ανάδευση», «ανακίνηση», «έντονη ανακίνηση», «ανακάτεμα», «στροβιλισμός», «αναμεμειγμένο», «αναδευόμενο» σε αυτές τις ερευνητικές μελέτες (Edelson-Mammel and Buchanan, 2004 , Osaili et al., 2009 , Gao et al., 2022). Ο ορισμός της επίδρασης της κίνησης που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση της ανάμειξης για την ανασύσταση του PIF είναι σημαντικός για την ανάπτυξη οδηγιών που διασφαλίζουν την απενεργοποίηση *του Cronobacter* spp.

Σύναψη

Η μελέτη μας καταδεικνύει πώς η εύλογα αναμενόμενη διακύμανση στις μεθόδους παρασκευής του σκευάσματος μεταφράζεται σε διαφορές στη θερμοκρασία του νερού κατά την ανασύσταση του PIF. Με βάση τα αποτελέσματα των σεναρίων που εξετάσαμε, εάν οι φροντιστές ακολουθούν αυστηρά τις τρέχουσες οδηγίες «βράστε νερό και περιμένετε όχι περισσότερο από 5 λεπτά», οι θερμοκρασίες του νερού μπορεί να είναι πολύ πάνω από τους 70 °C, ενδεχομένως σε κίνδυνο το θρεπτικό προφίλ του PIF ή πολύ κάτω από αυτήν τη θερμοκρασία-στόχο, μειώνοντας τη θνησιμότητα *από Cronobacter* spp. Μια θερμοκρασία-στόχος νερού 73,8 °C, μετρούμενη στο μπιμπερό πριν από την προσθήκη του PIF, παρείχε γενικά μια θερμοκρασία επεξεργασίας PIF στους 70 °C ή πάνω από αυτήν κατά την ανασύσταση. Σε αυτό το σενάριο, οι φροντιστές θα χρησιμοποιούσαν ένα θερμόμετρο με αισθητήρα για να ελέγχουν τη θερμοκρασία του νερού στο μπιμπερό και στη συνέχεια να προσθέτουν PIF στο μπιμπερό. Ομοίως, μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να διερευνήσουν πώς αυτές οι θερμοκρασίες θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα θερμοευαίσθητα θρεπτικά συστατικά και τη σύνθεση του PIF. Προς το παρόν, δεν υπάρχει συναίνεση σχετικά με το πώς πρέπει να παρουσιάζονται οι οδηγίες ανασύστασης με ζεστό νερό στους φροντιστές ή ακόμα και αν πρέπει να παρουσιάζονται καθόλου. Ωστόσο, οι ασαφείς οδηγίες

που πιθανότατα οδηγούν σε ανασύσταση του PIF σε ανεπαρκείς θερμοκρασίες για τη μείωση του *Cronobacter* spp. ή κατευθύνουν τους φροντιστές σε άλλες πηγές πληροφοριών δεν εξυπηρετούν επαρκώς τους φροντιστές βρεφών υψηλού κινδύνου.