

Εφαρμογή έξυπνης και ενεργής συσκευασίας ιχθυηρών και ανάπτυξη καινοτόμου συστήματος διαχείρισης και διασφάλισης υψηλής ποιότητας και βελτιωμένης διατηρησιμότητας

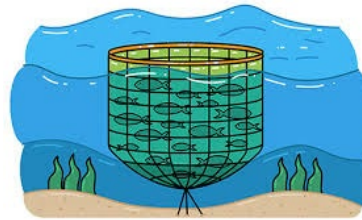
WORKSHOP

ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΛΙΕΥΣΗΣ, ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ
ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ
ΦΡΕΣΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Δρ. Ελένη Γώγου
Χημικός Μηχανικός
Επίκουρη Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
egogou@chemeng.ntua.gr

Πέμπτη 26 Μαΐου 2022
Κεντρική Βιβλιοθήκη,
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

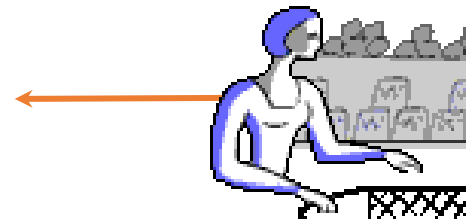
Διακυμάνσεις θερμοκρασίας κατά τη διανομή και αποθήκευση των προϊόντων



Ανάγκη καταγραφής της θερμοκρασίας σε όλη την ψυκτική αλυσίδα



Πραγματική εναπομένουσα διάρκεια ζωής



www.shutterstock.com - 123308250

- ✓ Απλή «έξυπνη» αυτοκόλλητη ετικέτα πάνω στη συσκευασία του τροφίμου
- ✓ Λειτουργεί επικουρικά της ημερομηνίας λήξης
- ✓ Είναι μια «ζωντανή» ημερομηνία λήξης



Τι κάνουν οι TTI?

- ➡ Ελέγχουν ενδεχόμενη κακομεταχείριση του προϊόντος όσον αφορά τη θερμοκρασία συντήρησης
- ➡ Παρακολουθούν το χρονοθερμοκρασιακό ιστορικό των τροφίμων
- ➡ Αλλάζουν χρώμα σταδιακά με τρόπο που μιμείται τη σταδιακή απώλεια ποιότητας του συσκευασμένου τροφίμου

Τύποι TTI

Διάχυσης



Μικροβιολογικοί



Ενζυμικοί



Χημικοί



Πολυμερισμού



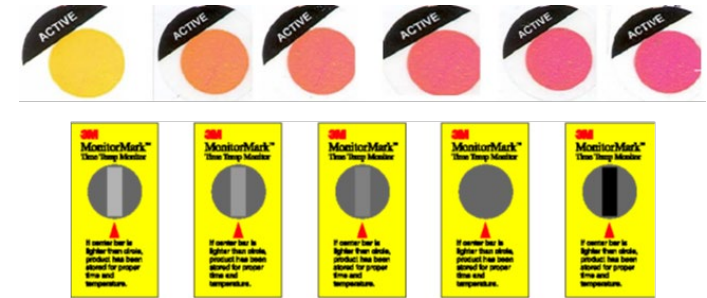
Φωτοχημικοί



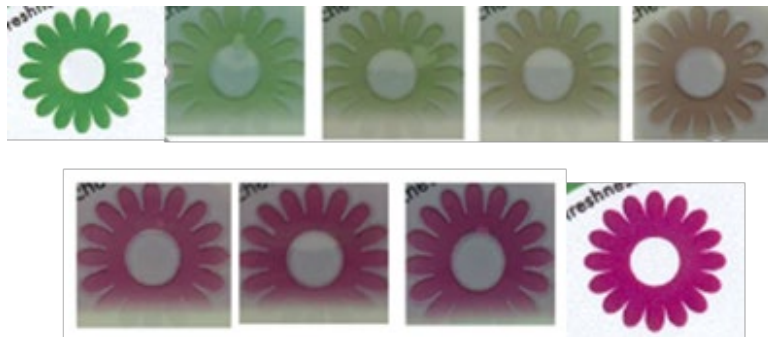
Χημικοί Δείκτες



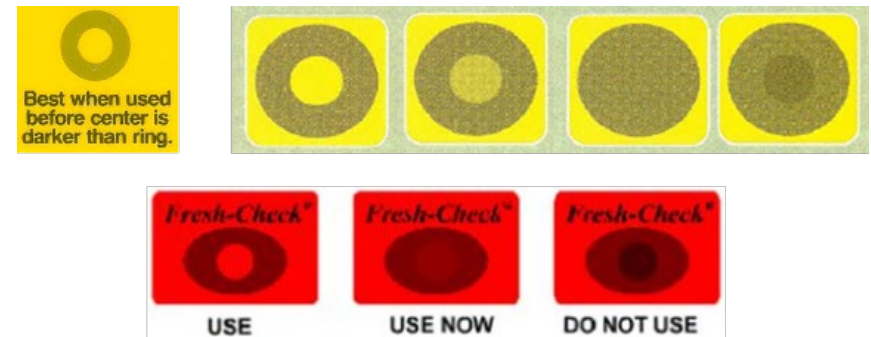
Δείκτες διάχυσης

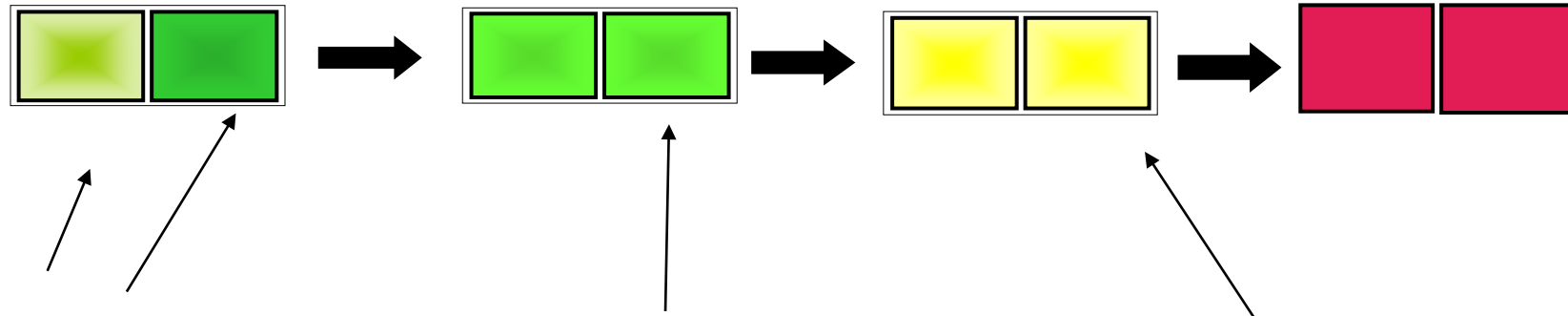


Μικροβιολογικοί Δείκτες



Δείκτες πολυμερισμού





Πριν την ενεργοποίηση, ένζυμο και υπόστρωμα βρίσκονται σε 2 ξεχωριστούς μικροθαλάμους

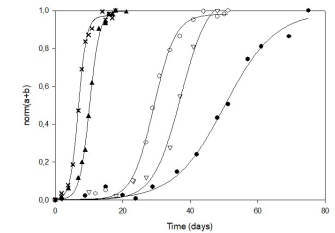
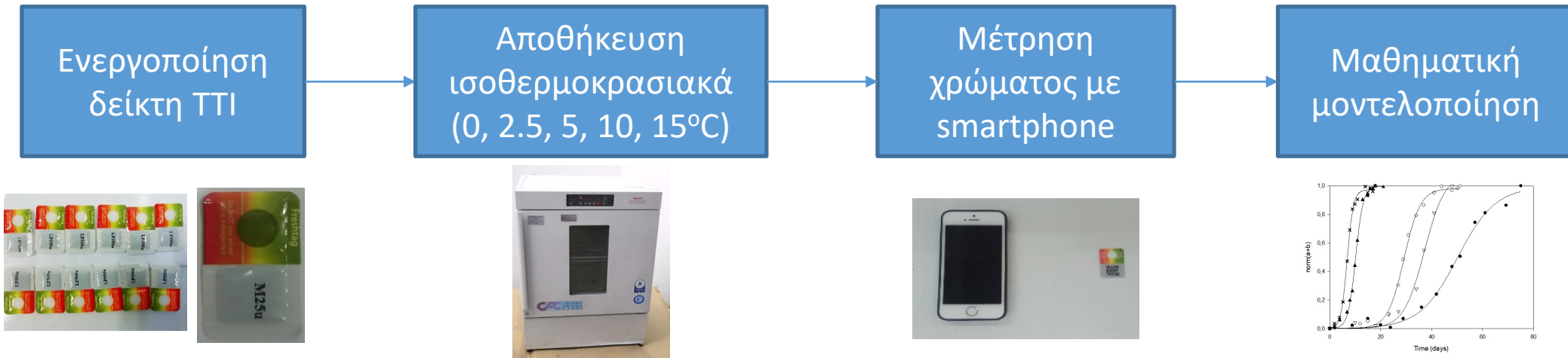
Με επιβολή πίεσης, σπάει το φράγμα που χωρίζει τους 2 θαλάμους και αναμιγνύονται το ένζυμο με το υπόστρωμα

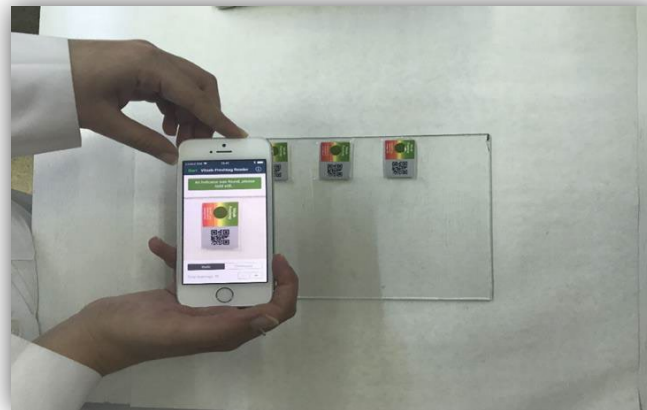
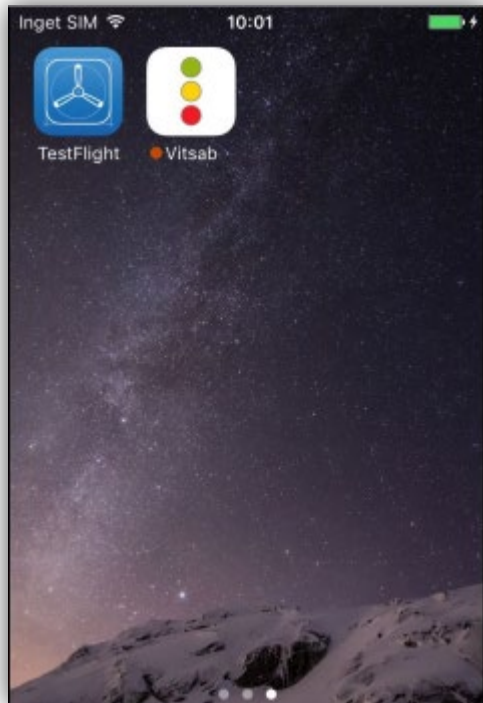
Η επίδραση του χρόνου και της θερμοκρασίας μεταβάλλει το χρώμα από πράσινο σε κίτρινο και τελικά σε κόκκινο



1. Μελέτη της κινητικής απόκρισης ενζυμικών ΤΤΙ σε συνθήκες ψύξης

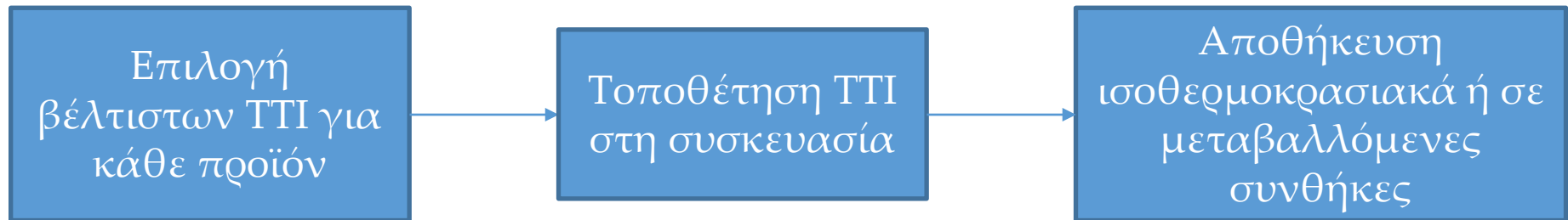
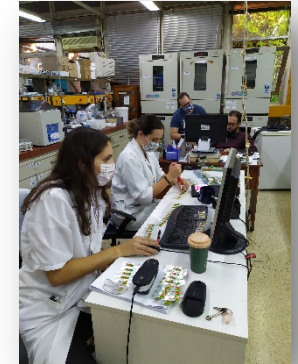
Τύπος ΤΤΙ	Ενεργότητα (Units)
M	5, 10, 15, 20, 25, 50, 75, 100
LP	100, 150, 300, 500





<https://vitsab.apique.se/reading-instances>

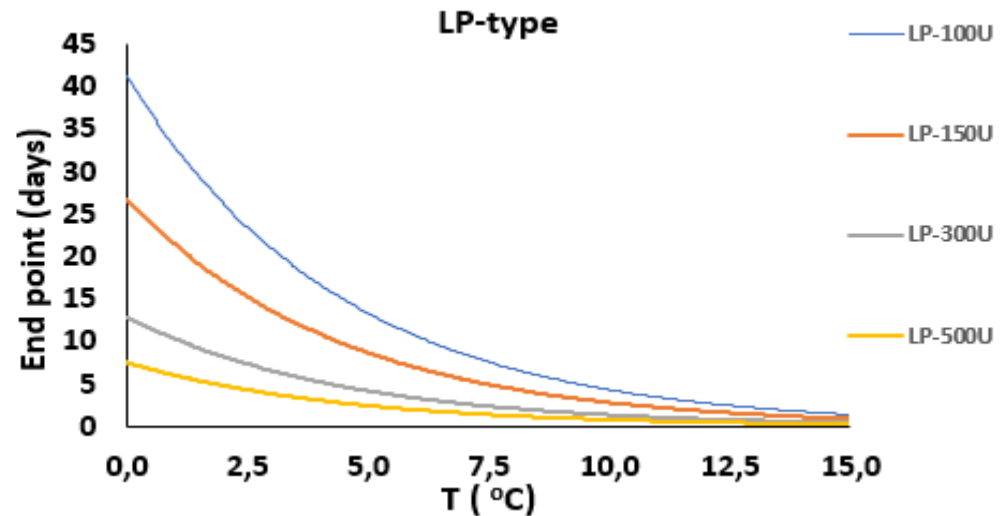
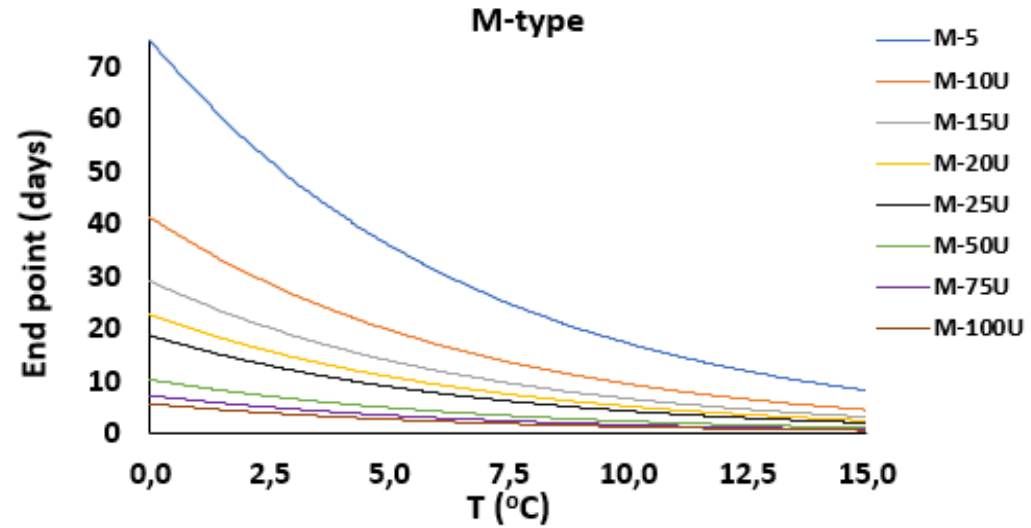
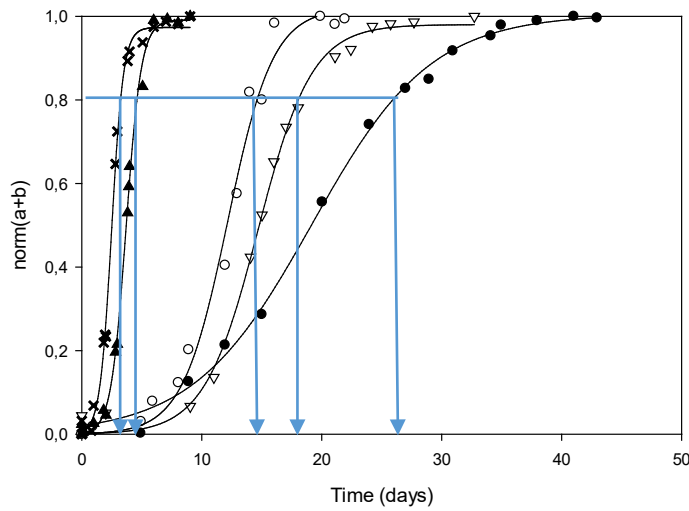
2. Επιλογή κατάλληλων ΤΤΙ για κάθε μελετώμενο προϊόν ιχθυού





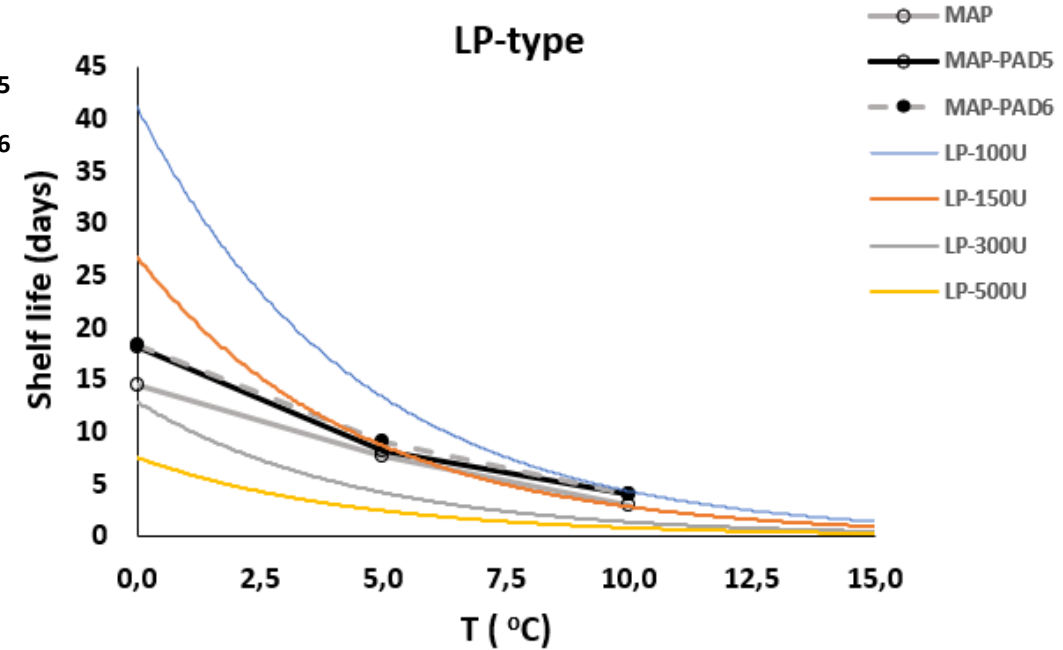
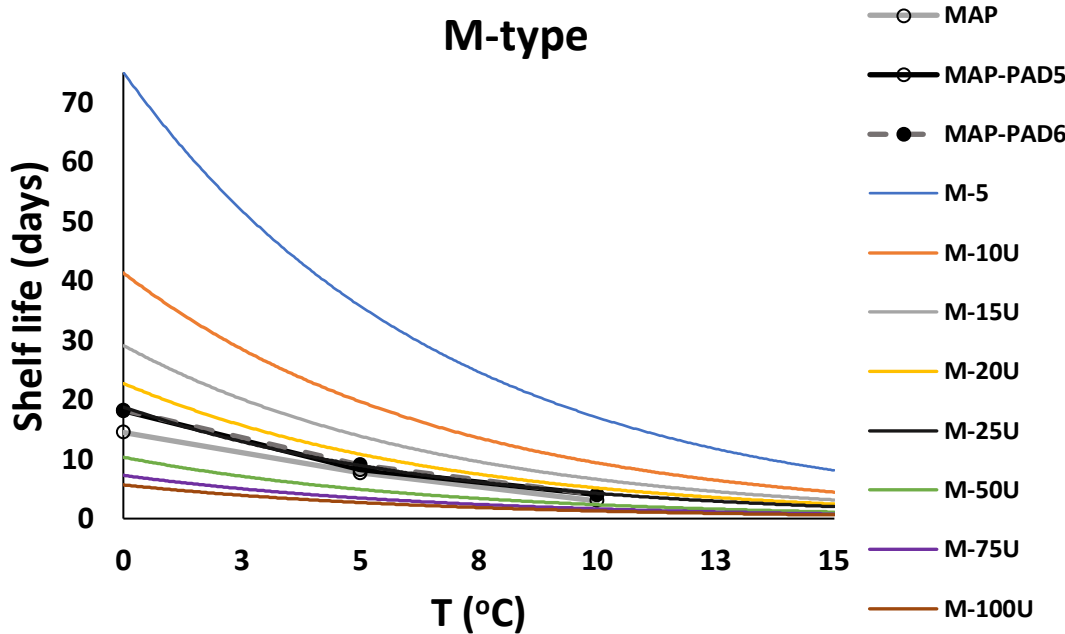
norm=0,8

M-20



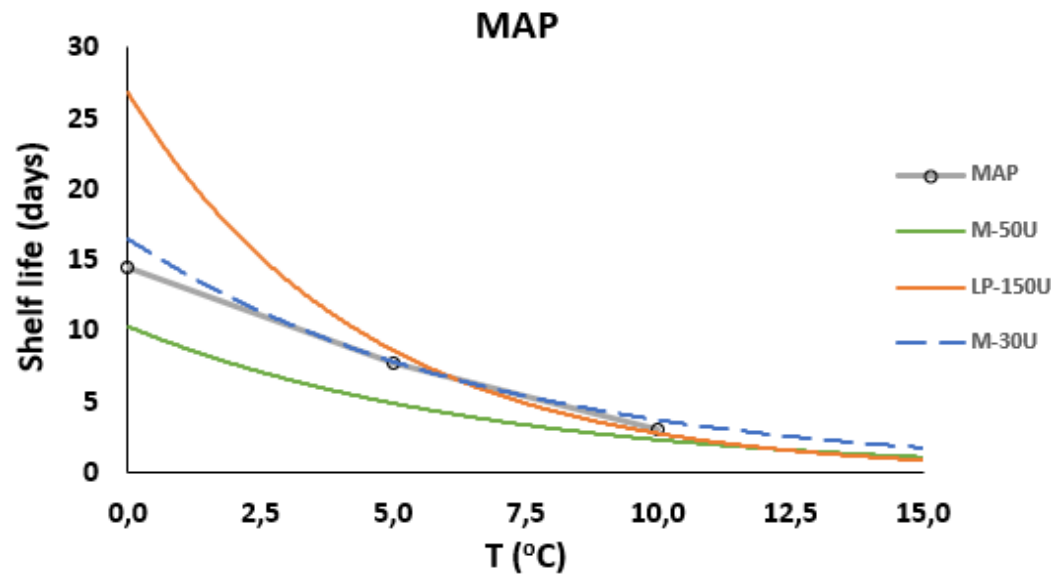
Για την επιλογή του κατάλληλου ΤΤΙ για κάθε προϊόν θα πρέπει, ΤΤΙ και τρόφιμο να έχουν:

- ☑ Παρόμοιους χρόνους ζωής
- ☑ Παρόμοια θερμοκρασιακή εξάρτηση, εκφρασμένη από την παράμετρο της ενέργειας ενεργοποίησης (E_a)

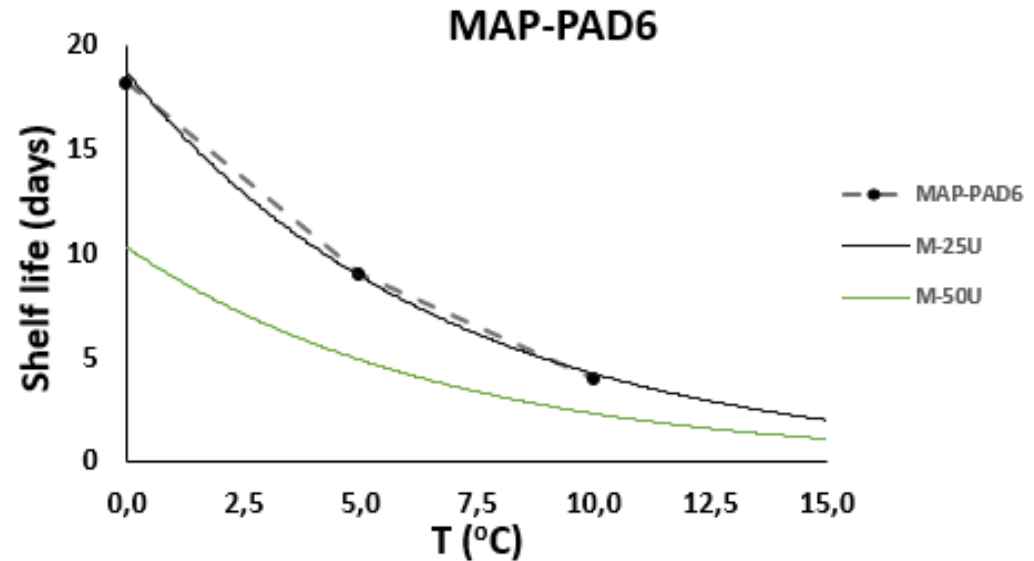


ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΤΤΙ

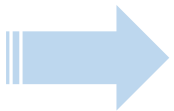
Απεντερωμένο λαβράκι



Για τα δείγματα MAP, ιδανικός ενζυμικός δείκτης είναι ο **LP-150U** είτε θα ήταν ο **M-30U**



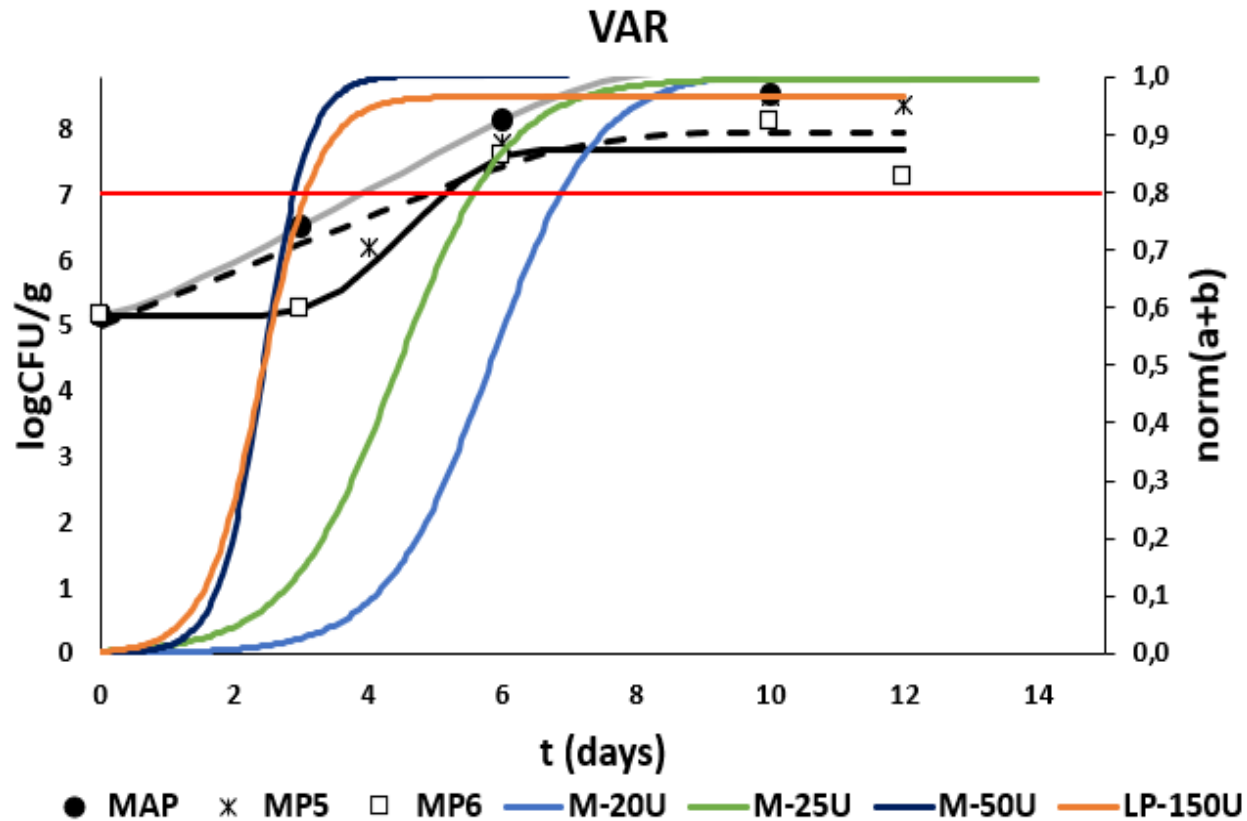
Πιο κατάλληλος ενζυμικός δείκτης για τα δείγματα MAP-PAD5 και MAP-PAD6 ήταν ο **M-25U** για όλο το θερμοκρασιακό εύρος



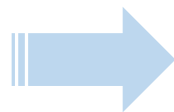
Τα ΤΤΙ θα δρουν επικουρικά της ημερομηνίας λήξης του τροφίμου:

- Σε χαμηλές T (0-5°C): Ο χρόνος ζωής καθορίζεται από την αναγραφόμενη στο τρόφιμο ημερομηνία
- Σε υψηλές T (>5°C): Ο χρόνος ζωής του προϊόντος θα καθορίζεται από το ΤΤΙ

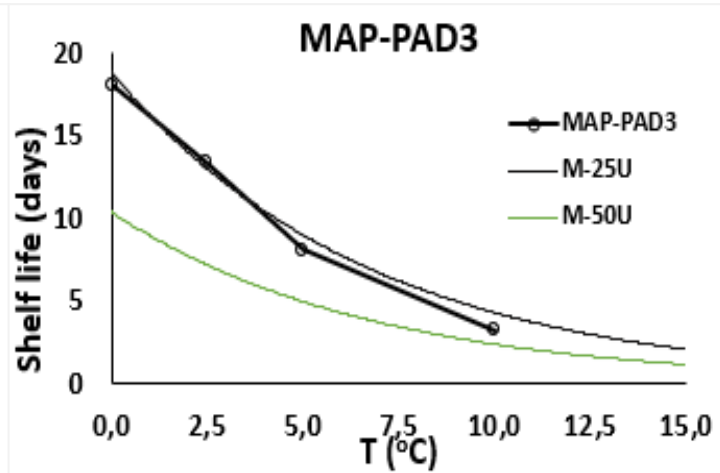
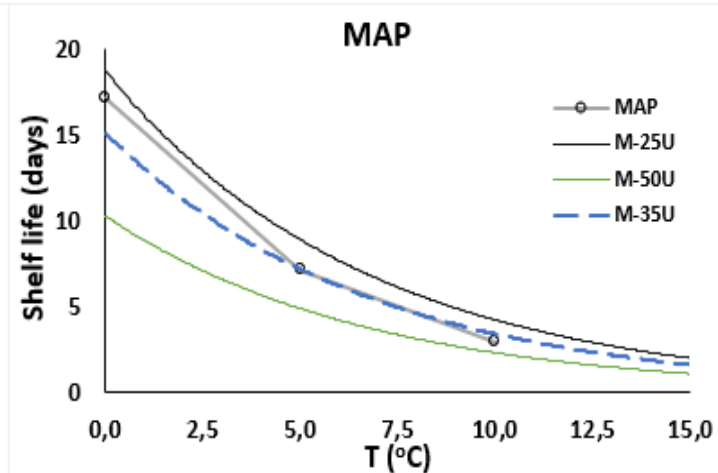
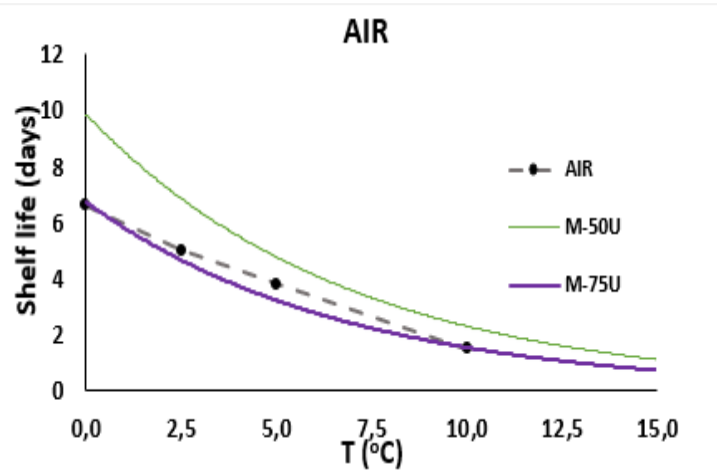
- ΤΤΙ που εξετάστηκαν: M-20U , M-25U , M-50U , LP-150U



- Μεταβολή της ΟΜΧ των ιχθυηρών (αριστερός κατακόρυφος άξονας)
- Μεταβολή της απόκρισης των ΤΤΙ (δεξιός κατακόρυφος άξονας)
- Κόκκινη γραμμή: Όριο διατηρησιμότητας ιχθυηρών (7 log(CFU/g) και τελικό σημείο ΤΤΙ (norm=0,8)



Επαλήθευση της επιλογής του LP-150U ως βέλτιστο δείκτη για τα MAP δείγματα και του M-25U για τα MAP-PAD δείγματα σε μεταβαλλόμενες συνθήκες



Επιλογή βέλτιστου ΤΠΙ για κάθε δείγμα συσκευασμένων φιλέτων τσιπούρας:

➔ Για τα δείγματα AIR: **M-75U**

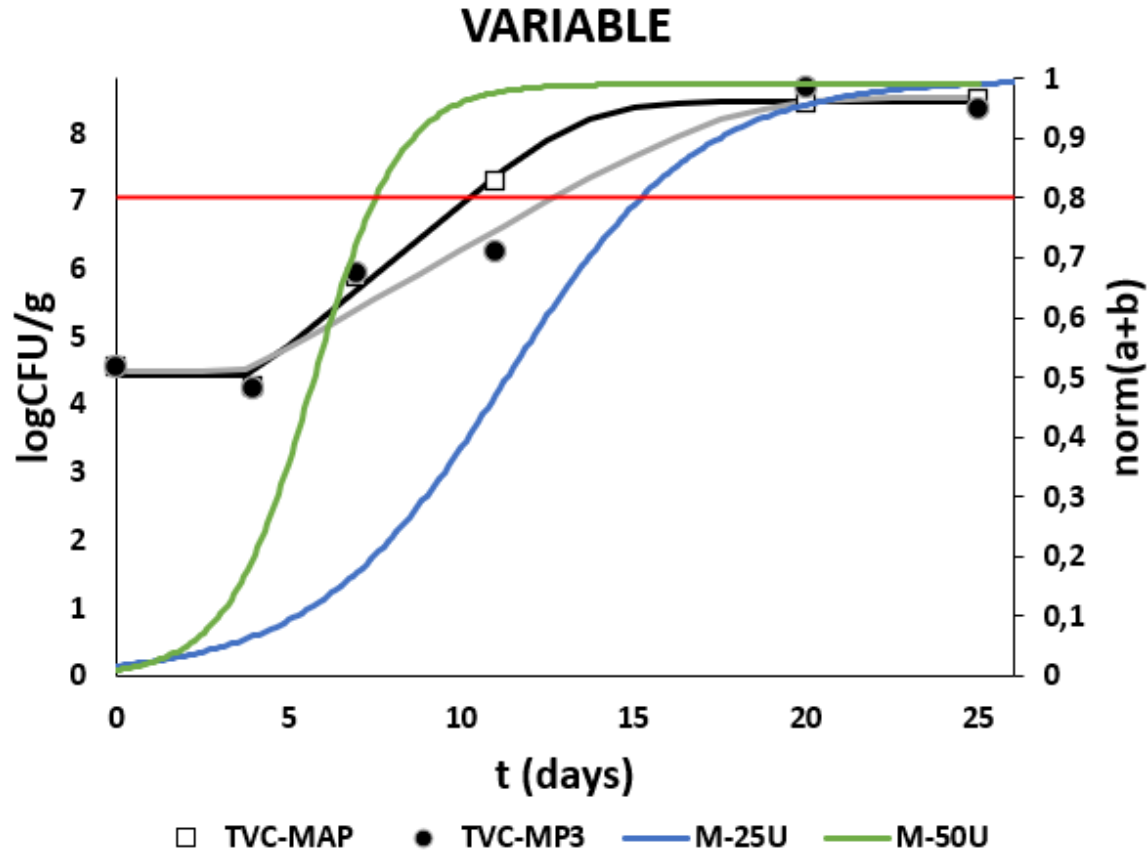
➔ Για τα δείγματα MAP: **M-35U**

➔ Για τα δείγματα MAP-PAD3: **M-25U**

VALIDATION TEST (VARIABLE T)

Φιλέτο τσιπούρας MAP / MAP-PAD3

- ΤΤΙ που εξετάστηκαν: M-25U , M-50U



- Μεταβολή της OMX των ιχθυηρών (αριστερός κατακόρυφος άξονας)
- Μεταβολή της απόκρισης των ΤΤΙ (δεξιός κατακόρυφος άξονας)
- Κόκκινη γραμμή: Όριο διατηρησιμότητας ιχθυηρών (7 log(CFU/g) και τελικό σημείο ΤΤΙ (norm=0,8)

Επαλήθευση επιλογής του M-50U ως πιο κατάλληλου δείκτη (από τα ΤΤΙ που μελετήθηκαν) για τα MAP δείγματα και του M-25U για τα MAP-PAD δείγματα σε μεταβαλλόμενες θερμοκρασιακές συνθήκες

t = 0 d

- ΤΠΙ που εξετάστηκαν: M-25U , M-50U



TVC_{t_4-MAP} : 4.2 log(CFU)/g
 $TVC_{t_4-MAP-PAD}$: 4.2 log(CFU)/g
(Limit: 7 log(CFU)/g)

$norm_{t_4-M-25U}$: 0.00
 $norm_{t_4-M-50U}$: 0.00
(Limit: 0.8)



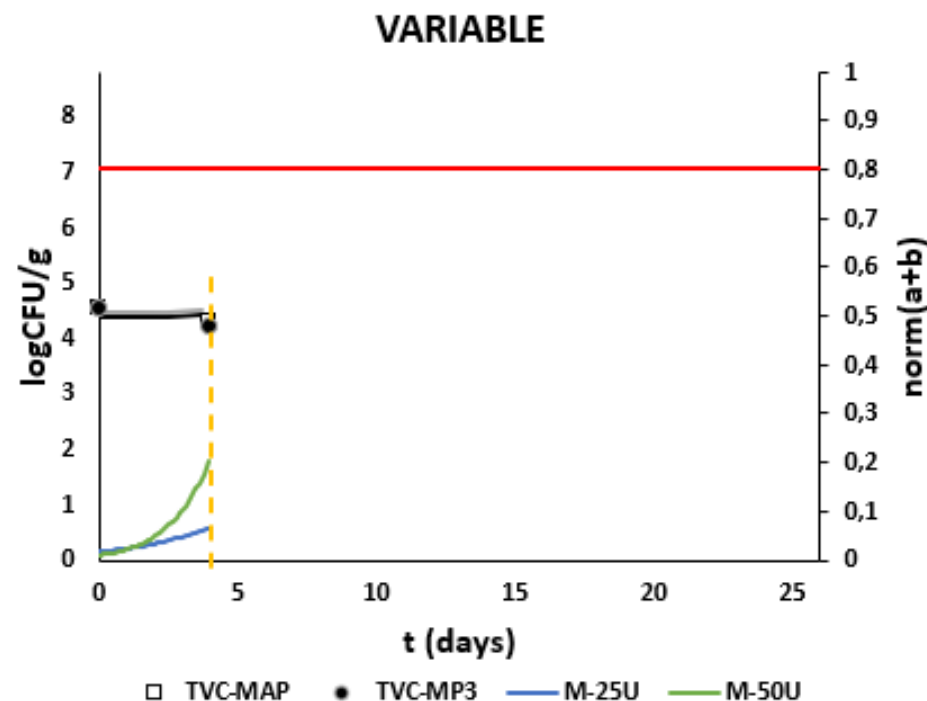
t = 4 d

- ΤΠΙ που εξετάστηκαν: M-25U , M-50U



TVC_{t_4-MAP} : 4.2 log(CFU)/g
 $TVC_{t_4-MAP-PAD}$: 4.4 log(CFU)/g
 (Limit: 7 log(CFU)/g)

$norm_{t_4-M-25U}$: 0.12
 $norm_{t_4-M-50U}$: 0.20
 (Limit: 0.8)



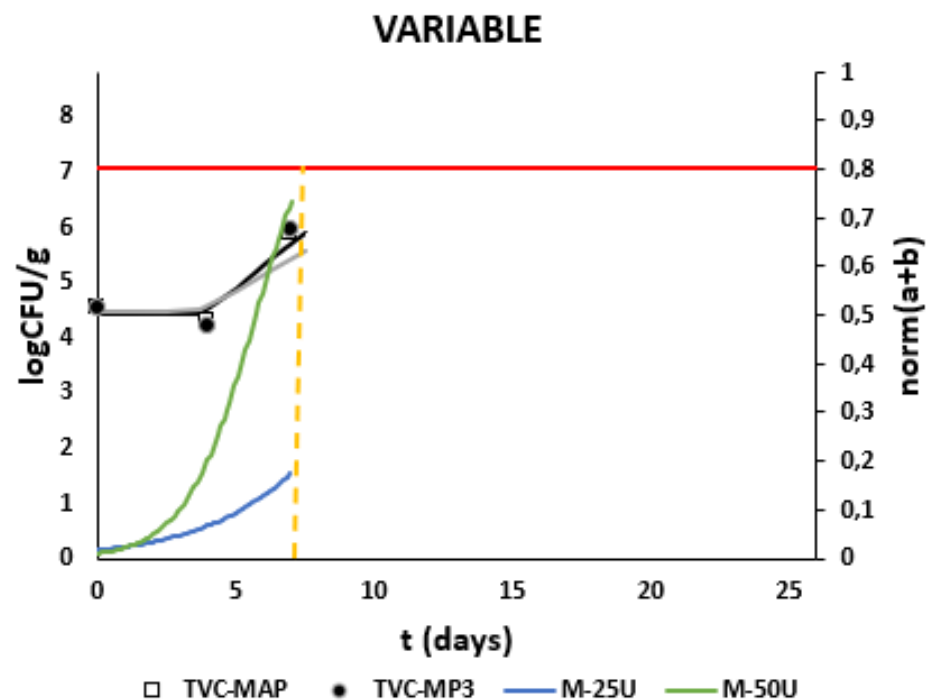
t = 7 d

- ΤΠΙ που εξετάστηκαν: M-25U , M-50U



TVC_{t_4-MAP} : 5.9 log(CFU)/g
 $TVC_{t_4-MAP-PAD}$: 6.2 log(CFU)/g
 (Limit: 7 log(CFU)/g)

$norm_{t_4-M-25U}$: 0.17
 $norm_{t_4-M-50U}$: 0.73
 (Limit: 0.8)



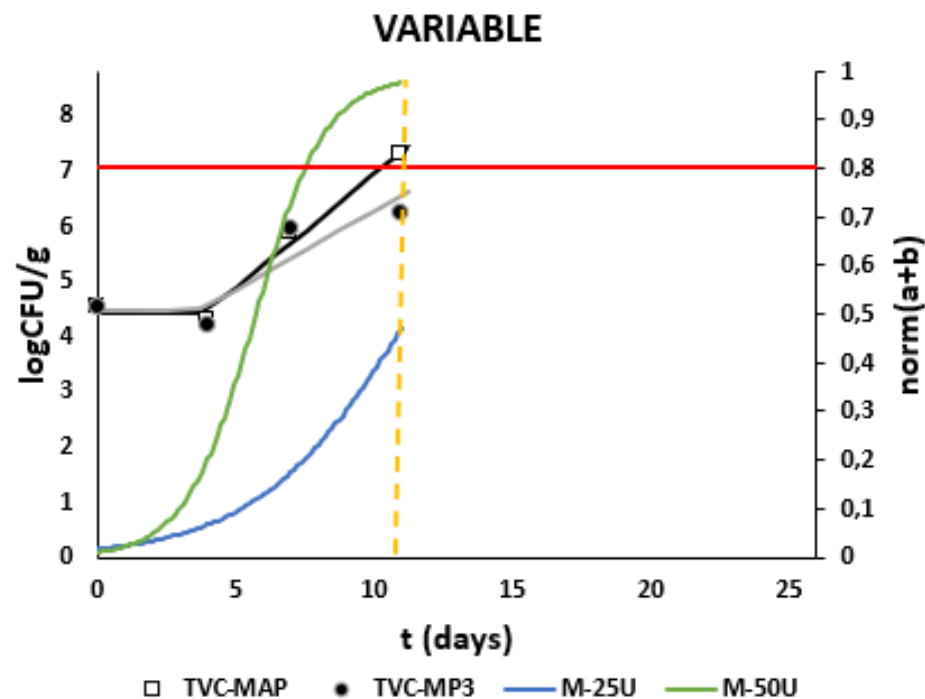
t = 11 d

- ΤΠΙ που εξετάστηκαν: M-25U , M-50U



TVC_{t_4-MAP} : 6.2 log(CFU)/g
 $TVC_{t_4-MAP-PAD}$: 7.3 log(CFU)/g
 (Limit: 7 log(CFU)/g)

$norm_{t_4-M-25U}$: 0.46
 $norm_{t_4-M-50U}$: 0.73
 (Limit: 0.8)



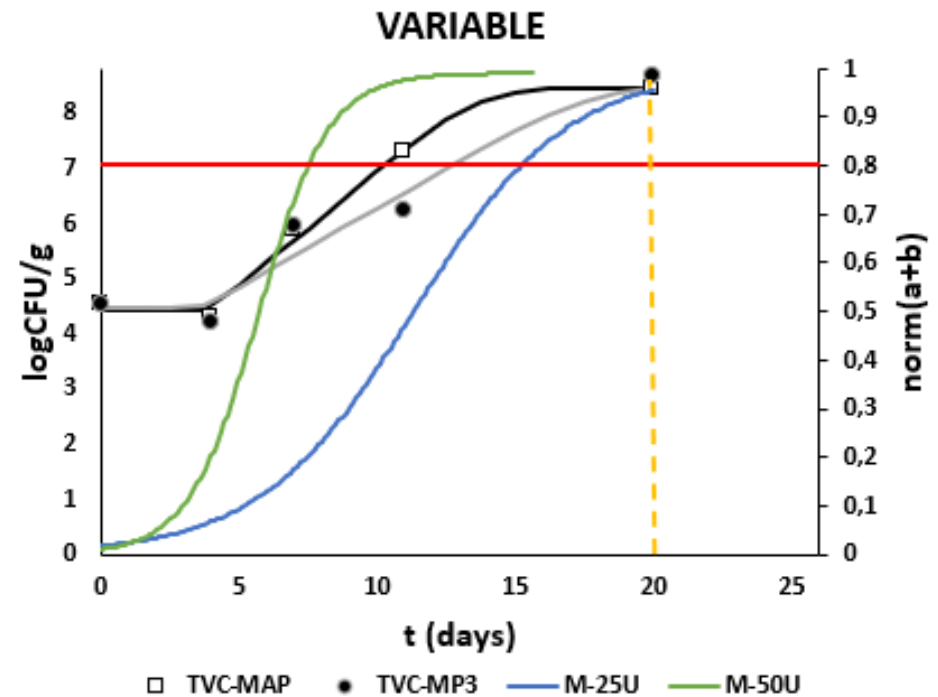
t = 20 d

- ΤΠΙ που εξετάστηκαν: M-25U , M-50U



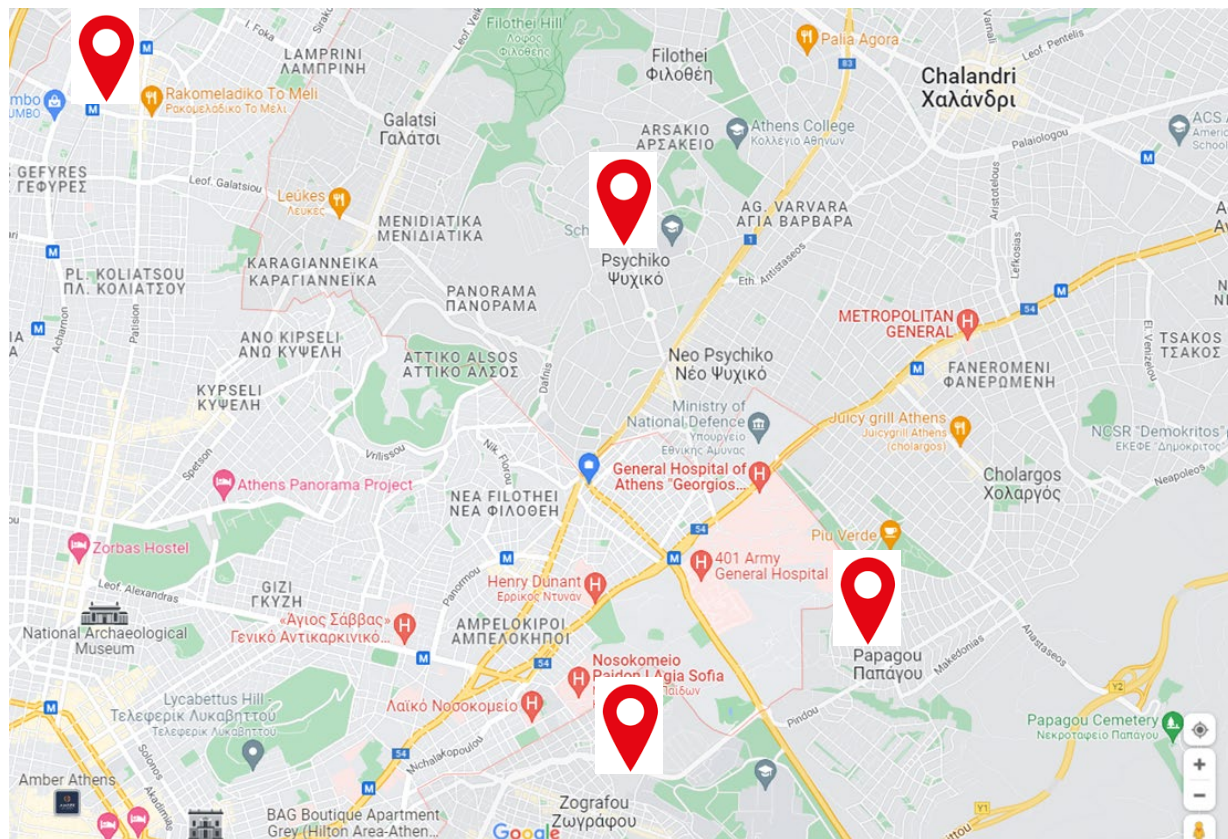
TVC_{t_4-MAP} : 8.4 log(CFU)/g
 $TVC_{t_4-MAP-PAD}$: 8.4 log(CFU)/g
 (Limit: 7 log(CFU)/g)

$norm_{t_4-M-25U}$: 1.00
 $norm_{t_4-M-50U}$: 1.00
 (Limit: 0.8)



Δοκιμή πεδίου-Καταγραφή θερμοκρασίας και χρήση δεικτών ΤΤΙ





- Τοποθέτηση στη λιανική διάθεση σε 4 καταστήμα supermarket
- Παραλαβή δειγμάτων 1^η & 4^η ημέρα λιανικής διάθεσης

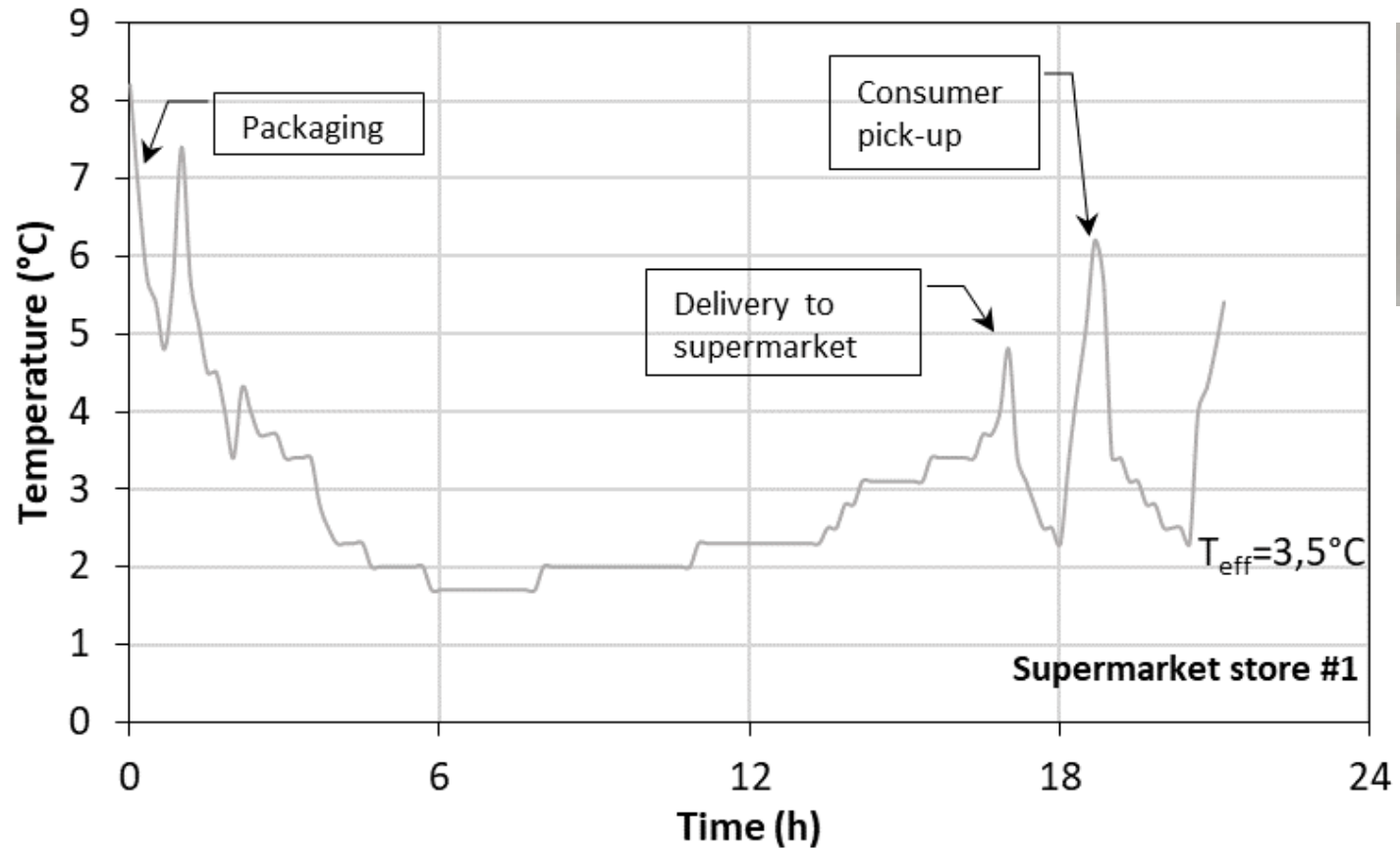
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ



Τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου

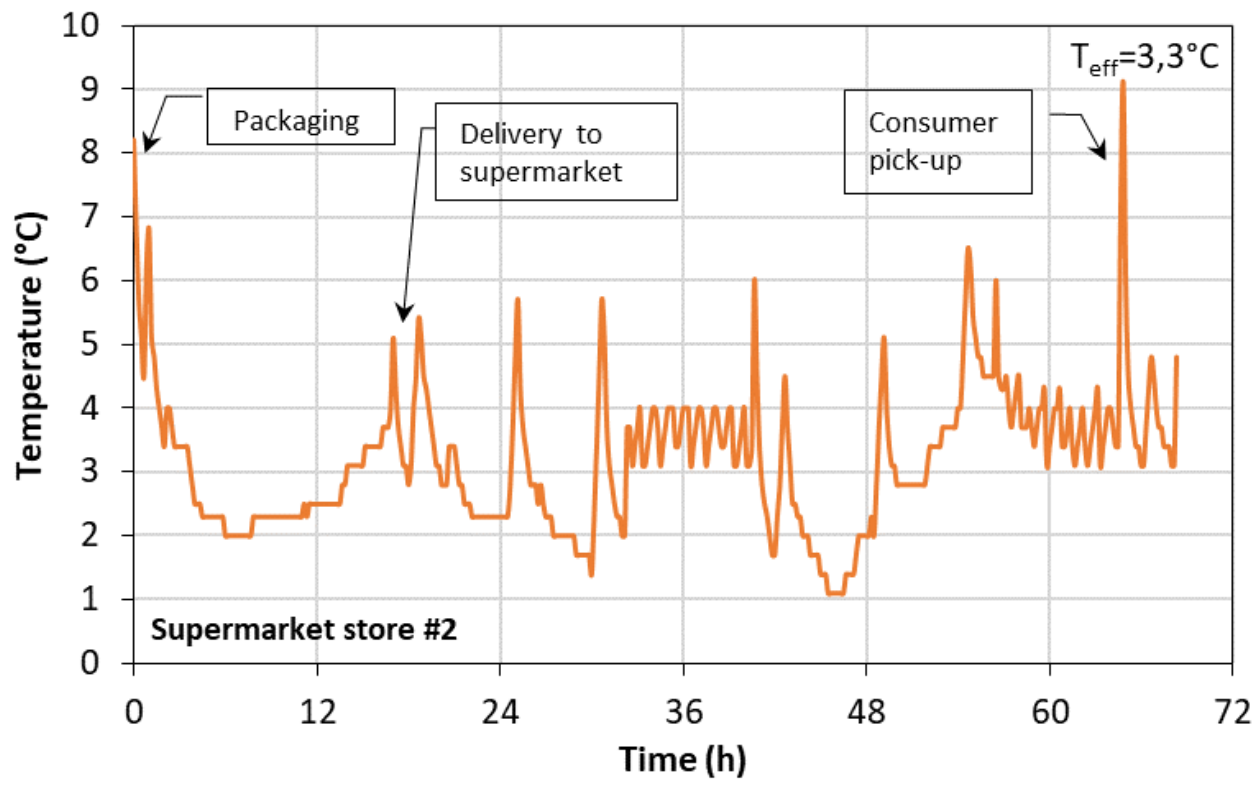


- ➔ Μέτρηση απόκρισης ΤΤΙ
- ➔ Μικροβιολογική ανάλυση
- ➔ Ανάκτηση δεδομένων θερμοκρασίας



Εναπομένουσα διάρκεια ζωής

Σύμφωνα με ΤΤΙ	Σύμφωνα με μικροβιολογικές αναλύσεις	Σύμφωνα με την αναγραφόμενη ημερομηνία
90 %	95 %	90 %



Εναπομένουσα διάρκεια ζωής

Σύμφωνα με TTI	Σύμφωνα με μικροβιολογικές αναλύσεις	Σύμφωνα με την αναγραφόμενη ημερομηνία
76 %	78 %	60 %

International Journal of Food Microbiology 128 (2008) 108–115

Contents lists available at ScienceDirect



International Journal of Food Microbiology


journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijfoodmicro



Application and validation of the TTI based chill chain management system SMAS (Safety Monitoring and Assurance System) on shelf life optimization of vacuum packed chilled tuna


Theofania Tsironi, Eleni Gogou, Eirini Velliou, Petros S. Taoukis*

National Technical University of Athens, School of Chemical Engineering, Laboratory of Food Chemistry and Technology, 5, Iron Polytechniou, Zografou 15780, Athens, Greece



Food Packaging and Shelf Life

Volume 22, December 2019, 100403



Time temperature integrators for monitoring the shelf life of ready-to-eat chilled smoked fish products

Marianna Giannoglou, Anna-Maria Evangelopoulou, Nikolas Perikleous, Christina Baclori, Theofania Tsironi, Petros Taoukis

Innovative Food Science and Emerging Technologies 26 (2014) 294–301

Contents lists available at ScienceDirect



Innovative Food Science and Emerging Technologies

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ifset



Predictive modeling and selection of TTI smart labels for monitoring the quality and shelf-life of frozen seafood

Marianna Giannoglou, Aphrodite Touli, Eleni Platakou, Theofania Tsironi, Petros S. Taoukis*

Laboratory of Food Chemistry and Technology, School of Chemical Engineering, National Technical University of Athens, 5, Iron Polytechniou, Zografou, Athens 15780, Greece

Food Packaging and Shelf Life 10 (2016) 46–53

Contents lists available at ScienceDirect



Food Packaging and Shelf Life

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/fpsl>



Evaluation of Time Temperature Integrators for shelf-life monitoring of frozen seafood under real cold chain conditions

Theofania Tsironi, Marianna Giannoglou, Eleni Platakou, Petros Taoukis*

Food Control 73 (2017) 51–56



Food Control

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodcontrol



Developing suitable smart TTI labels to match specific monitoring requirements: The case of *Vibrio* spp. growth during transportation of oysters

Theofania Tsironi^{a,*}, Peter Ronnow^b, Marianna Giannoglou^a, Petros Taoukis^a

^aLaboratory of Food Chemistry and Technology, School of Chemical Engineering, National Technical University of Athens, Iron Polytechniou 5, 15780 Athens, Greece

^bVitsab International AB, Krossverksgatan 5 H, SE-216 16 Limhamn, Sweden



International Journal of Food Microbiology

Volume 102, Issue 3, 25 July 2005, Pages 323–336



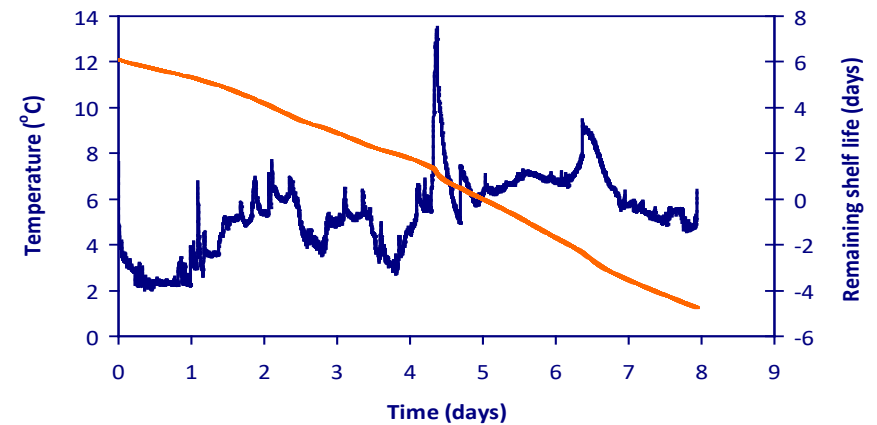
Field evaluation of the application of time temperature integrators for monitoring fish quality in the chill chain

M.C. Giannakourou^a, K. Koutsoumanis^b, G.J.E. Nychas^c, P.S. Taoukis^a





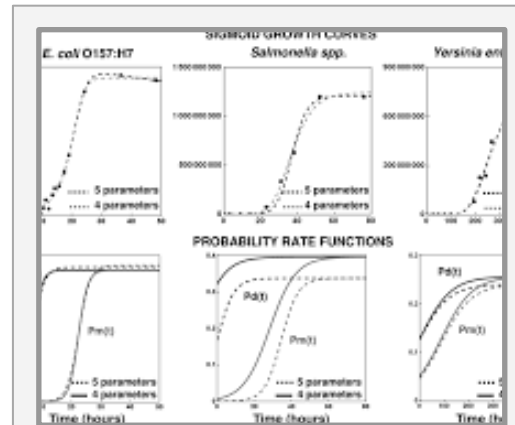
- ✓ Κατανεμημένος λογιστικός κατάλογος (distributed ledger)
- ✓ Δημόσιος ή ιδιωτικός
- ✓ Συναλλαγές ή **δεδομένα** συνδέονται μεταξύ τους σε συνδεδεμένα μπλοκ δεδομένων καθιστώντας τα πρακτικά αμετάβλητα και αδιαμφισβήτητα από όλους τους κατανεμημένους κόμβους (Nodes) στους οποίους έχει γίνει η ενημέρωση του καταλόγου



Introducing blockchain in fish aquaculture



Temperature logging

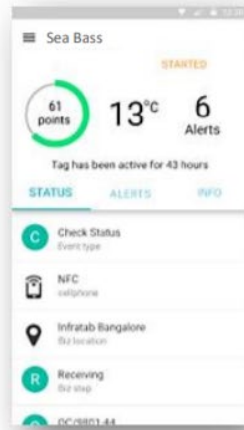


Predictive models



Blockchain technology

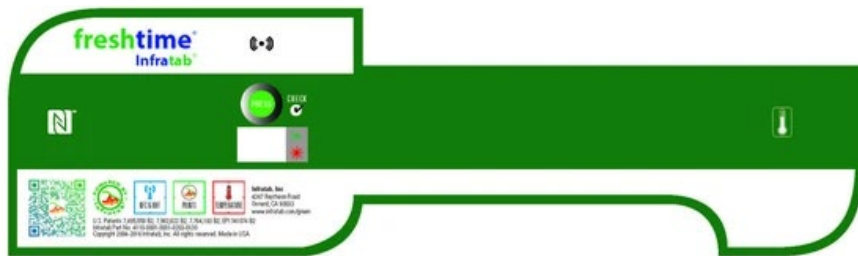
Introducing blockchain in fish aquaculture



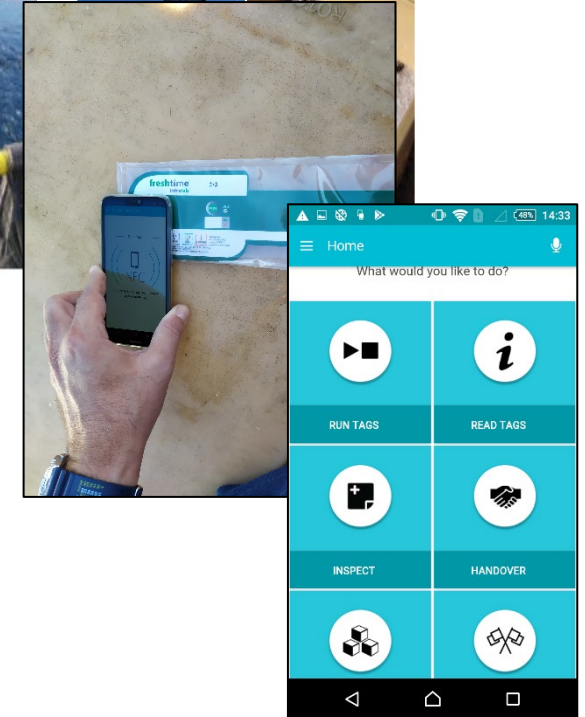
Copyright, Infratab, Inc. 2019, All rights reserved

Blockchain PoC

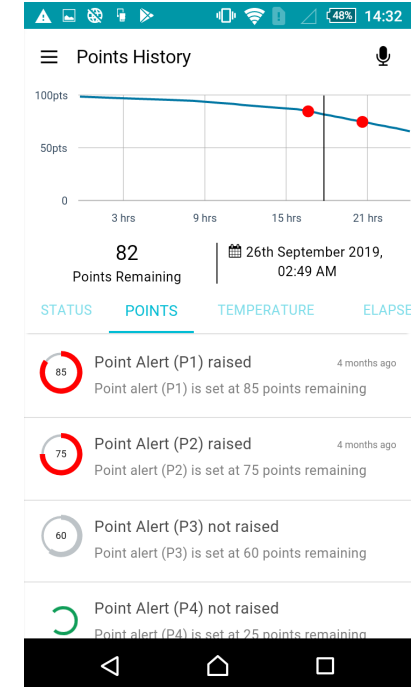
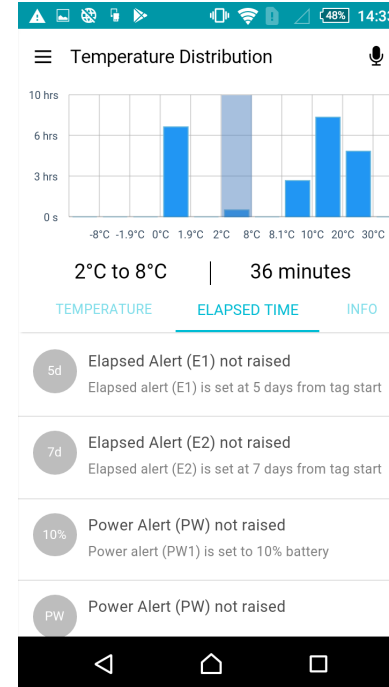
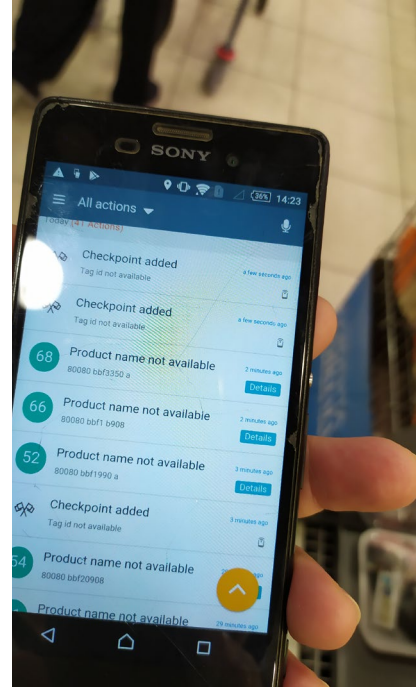
Aquaculture packaged gutted gilthead seabream



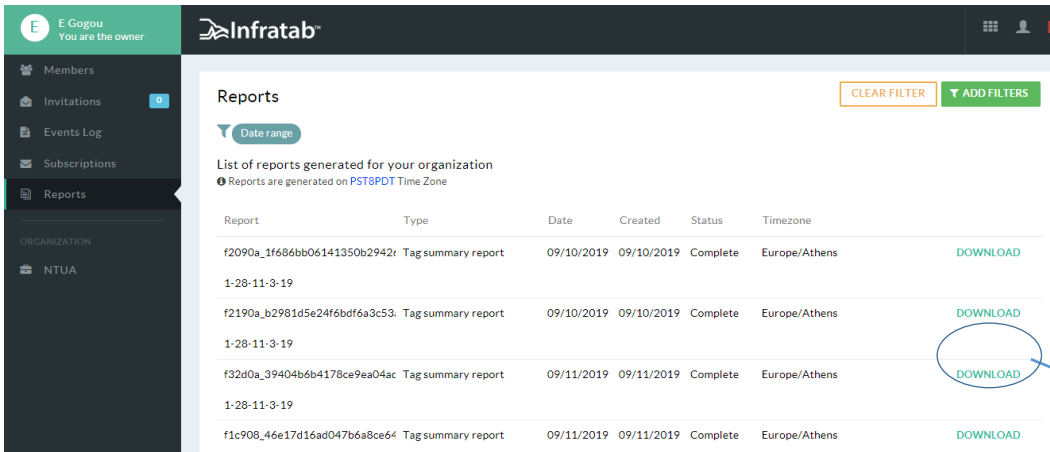
RFID temperature logging device



Χρήση smartphone για την ανάκτηση δεδομένων θερμοκρασίας



Επικοινωνία δεδομένων σε cloud



Reports

List of reports generated for your organization
 Reports are generated on PST8PDT Time Zone

Report	Type	Date	Created	Status	Timezone	
f2090a_1f686bb06141350b2942x	Tag summary report	09/10/2019	09/10/2019	Complete	Europe/Athens	DOWNLOAD
1-28-11-3-19						
f2190a_b2981d5e24f6bdf6a3c53	Tag summary report	09/10/2019	09/10/2019	Complete	Europe/Athens	DOWNLOAD
1-28-11-3-19						
f32d0a_39404b6b4178ce9ea04ac	Tag summary report	09/11/2019	09/11/2019	Complete	Europe/Athens	DOWNLOAD
1-28-11-3-19						
f1c908_46e17d16ad047b6a8ce64	Tag summary report	09/11/2019	09/11/2019	Complete	Europe/Athens	DOWNLOAD

Data and information retrieved at the time of performing checkpoints was shared with all involved parties via a cloud database



freshtime Tag Summary

Published on: 7th October 2019
 Time zone: Europe/Athens
 Temperature: °C

Run info		Document	
Run start	3:10 October, 2019	TagID	40C3300805D5198803000312003
Run end	7:00 October, 2019	Additional ID	5863466
Run duration	4:50 days	Company	NA
Profile name	Run Based Report	RefSID	NA
		Production Date	NA
		Country	NA
		Production/ growing region	NA
		Document/ TraceID	NA
		Tag location	NA
		Brand Owner	NA
		Brand Name	NA
		Production Size	NA
		Lot/By Date	NA

Tag info

Tag Type	NA
Tag Model	Product
Temperature Range	NA
Sensing Model	Points
Sensor Model	Advanced

Analysis

Life Alerts Analysis

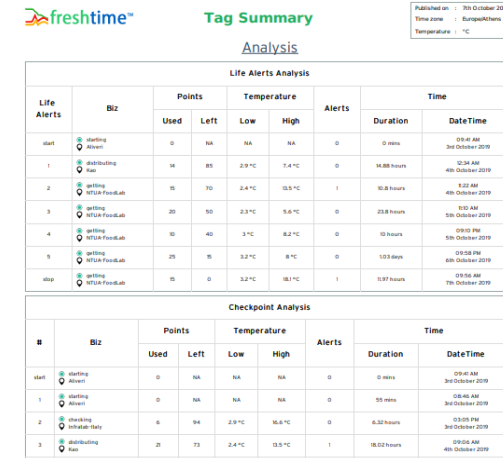
Life Alerts	Biz	Points		Temperature		Alerts	Time	
		Used	Left	Low	High		Duration	DateTime
start	Alerting device	0	NA	NA	NA	0	0 mins	09:48 AM 3rd October 2019
1	Alerting device	14	85	2.9 °C	7.4 °C	0	14.88 hours	12:34 AM 4th October 2019
2	Alerting device	15	70	2.4 °C	15.3 °C	1	10.8 hours	12:22 AM 4th October 2019
3	Alerting device	20	50	2.3 °C	5.6 °C	0	23.8 hours	8:10 AM 5th October 2019
4	Alerting device	10	40	3 °C	8.2 °C	0	10 hours	09:10 PM 5th October 2019
5	Alerting device	25	15	3.2 °C	8 °C	0	10.3 mins	09:52 PM 6th October 2019
stop	Alerting device	15	0	3.2 °C	18.1 °C	1	1.97 hours	09:58 AM 7th October 2019

Summary: Total time 4.01 days, Checkpoints 5, Total alerts 7, Most alerts 5, Most points used 72, Max temperature 18.1 °C, Min temperature 2.3 °C.

Graphs: Temperature (°C) vs Time, Duration (hrs) vs Temperature (°C).

Legend: High temperature, Low temperature, Life remaining, Life alert, Temperature alert, Checkpoint.

Last Seen: 18.1 °C, STOPPED, 0 points, NTUA-FoodLab, 7th October, 2019.



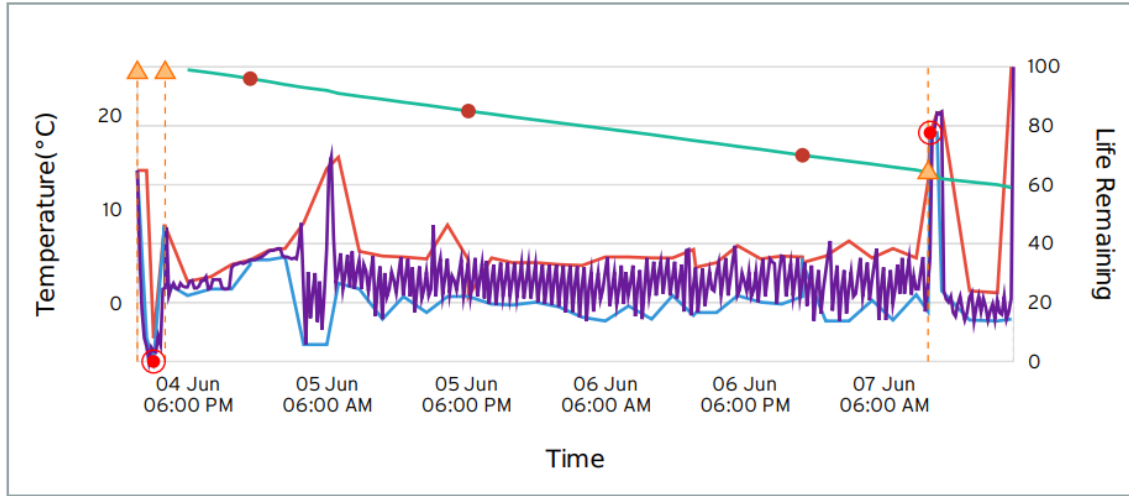
freshtime Tag Summary

Published on: 7th October 2019
 Time zone: Europe/Athens
 Temperature: °C

Analysis

Checkpoint Analysis

#	Biz	Points		Temperature		Alerts	Time	
		Used	Left	Low	High		Duration	DateTime
start	Alerting device	0	NA	NA	NA	0	0 mins	09:48 AM 3rd October 2019
1	Alerting device	0	NA	NA	NA	0	15 mins	08:46 AM 3rd October 2019
2	Alerting device	6	94	2.9 °C	16.6 °C	0	6.32 hours	03:05 PM 3rd October 2019
3	Alerting device	21	73	2.4 °C	15.5 °C	1	18.02 hours	09:04 AM 4th October 2019

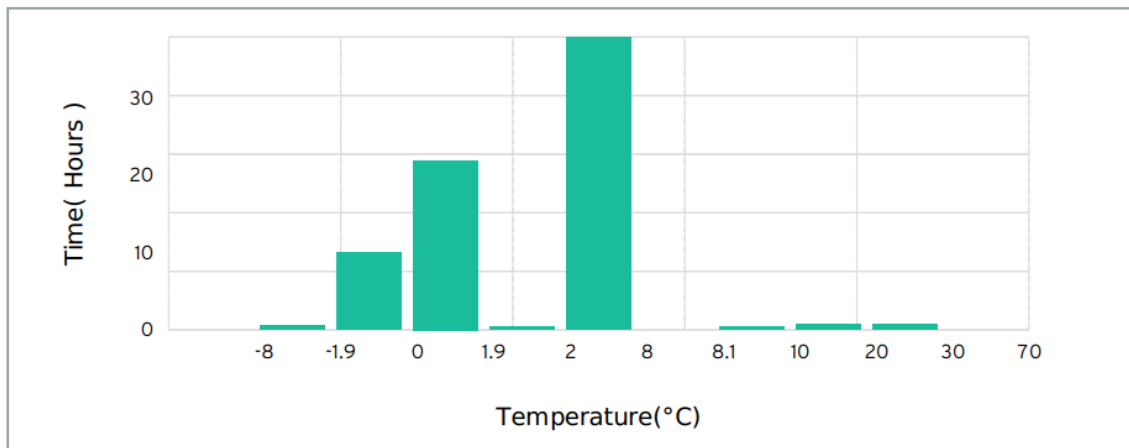
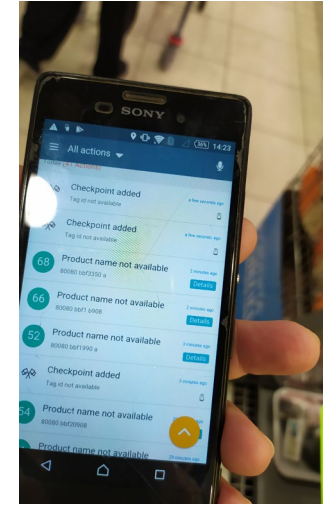


Lines

- High temperature
- Low temperature
- Life remaining
- Temperature log

Markers

- Life alert
- Temperature alert
- Checkpoint



Last Seen

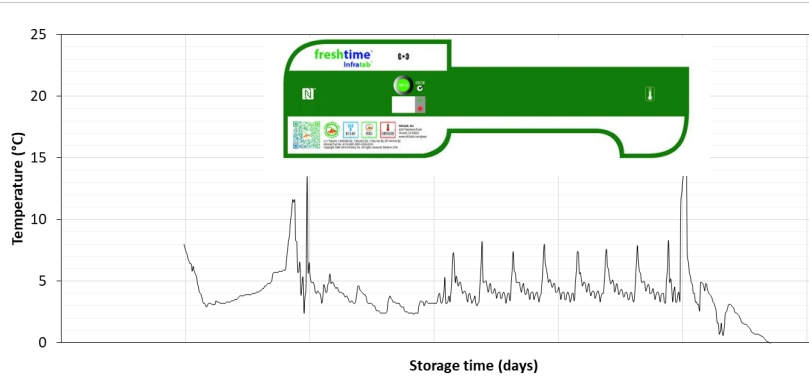
25.2°C

STOPPED

59 points

NTUA-FoodLab

7th June, 2019



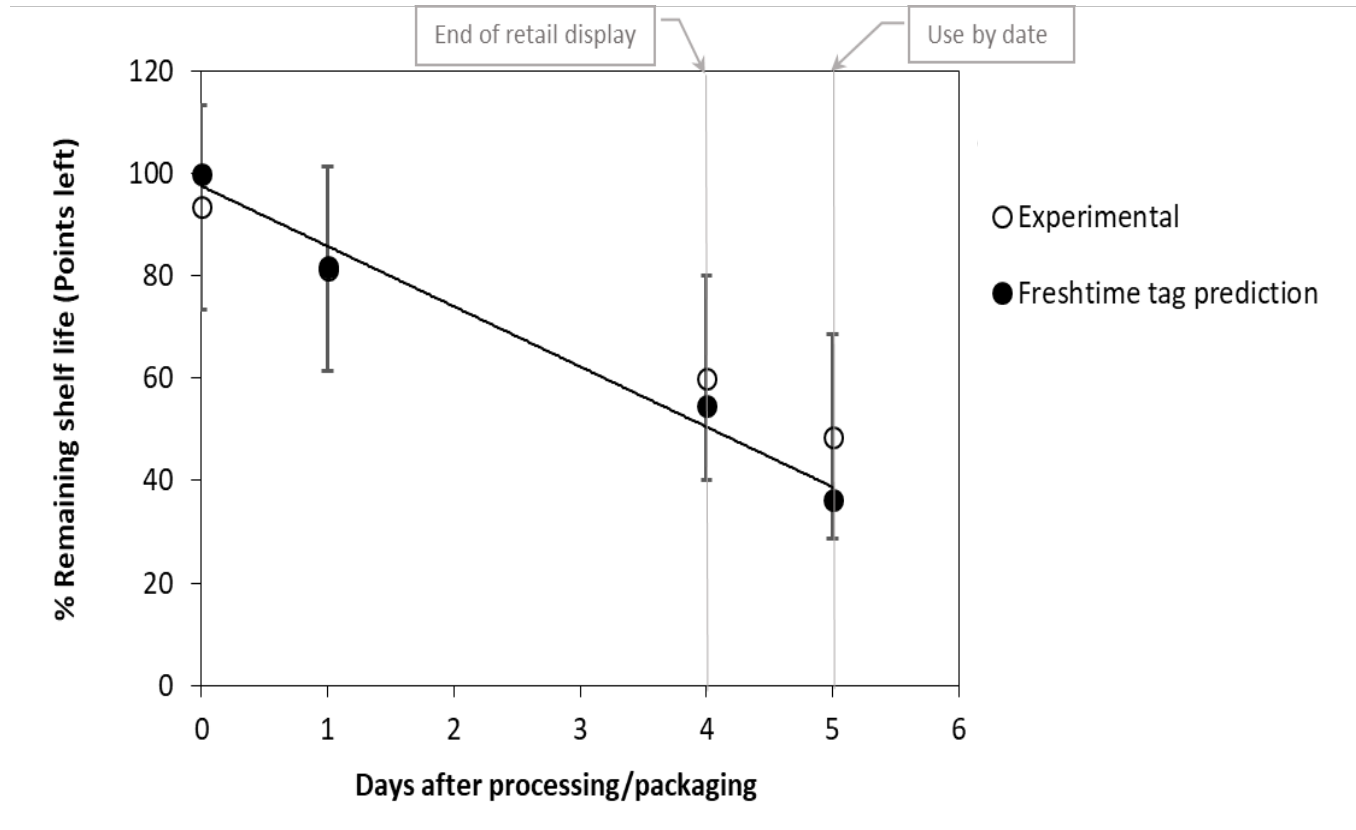
$$\log N_t = \log N_o + \int_0^t \mu(T) \cdot dt$$

Προβλεπόμενη-Predicted
% Εναπομένουσα διάρκεια ζωής
Tags: Points Left (out of 100)

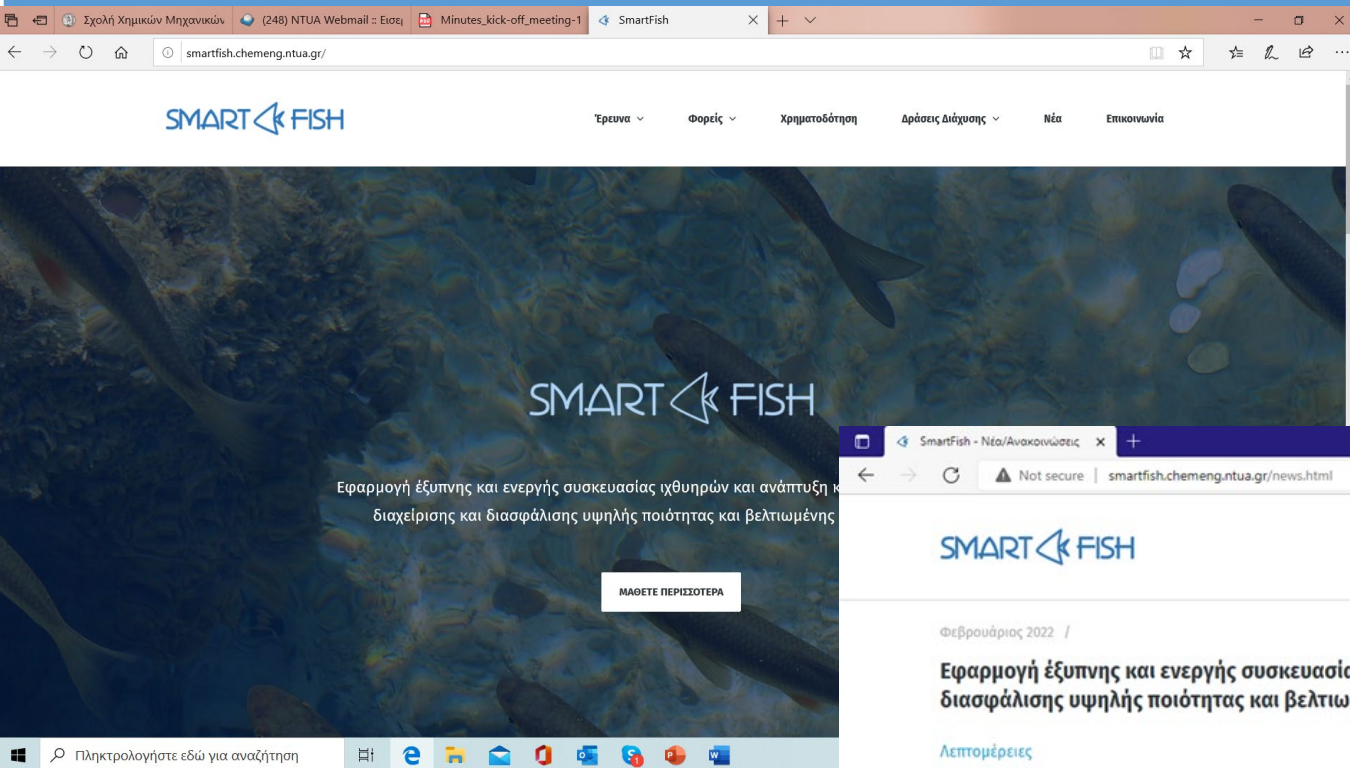


$$RSL_{exp} = \frac{\log N_{Final} - \log N_{exp}}{\mu T_{ref}}$$

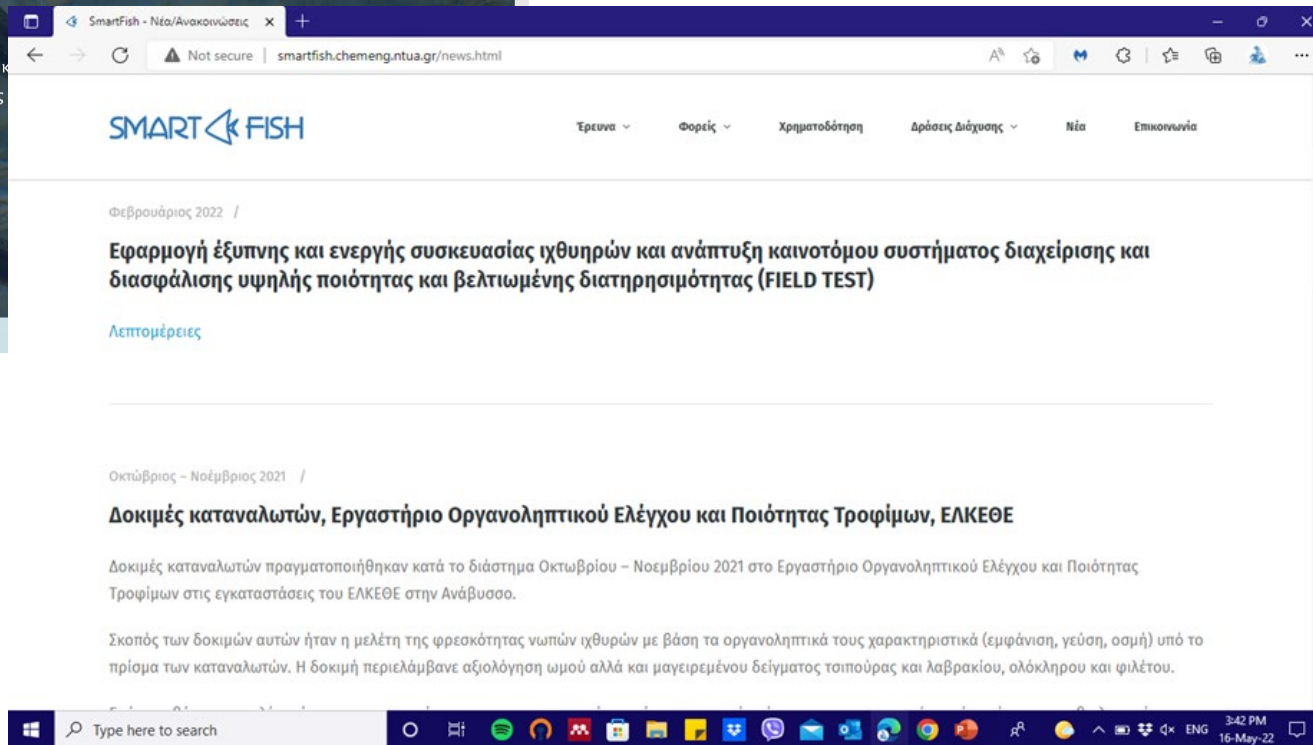
Πραγματική-Observed
% Εναπομένουσα διάρκεια ζωής



PROJECT WEBSITE



<http://smartfish.chemeng.ntua.gr/>



ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΕΥΣΗΣ, ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΠΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΦΡΕΣΚΩΝ ΓΡΩΪΟΝΤΩΝ ΙΧΘΥΟΚΑΛΙΕΡΤΕΙΑΣ

ΕΠΑΛ ΟΠΣ
5033036





34th EFFoST International 'Bridging high-tech, food-tech and health: Consumer-oriented innovations'






The use of shelf life predictive modelling in applying blockchain technology in the fish supply chain management system

Eleni Gogou, I. Semenovliou, T. Tsironi, P. Taoukis
 Laboratory of Food Chemistry and Technology, National Technical University of Athens, Greece (taoukis@chemeng.ntua.gr)

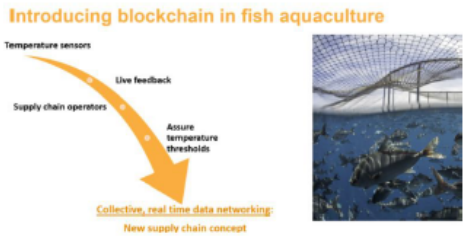
INTRODUCTION

Management and optimization of the food supply chain could play an important role to assure food product safety and quality, especially in the case of perishable food products such as fresh fish. Temperature monitoring coupled with validated shelf life predictive models can be used to evaluate food products cold chain and estimate quality and remaining shelf-life at different stages up to consumers' end. On the other hand predictive modelling embedded in a blockchain system could be used to establish a modern quality assurance system.

The objective of the current work is to field test the possibility of coupling predictive shelf life models with temperature data in order to estimate the remaining shelf life of fresh aquaculture at any stage of the cold chain and blockchain in real time the results and data with all involved stakeholders.


Introducing blockchain in fish aquaculture



MATERIALS & METHODS


Field test protocol

Aquaculture packaged gutted gilthead seabream



RFID temperature logging device

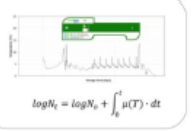
18 products of packaged gutted gilthead seabream distributed in six supermarket stores




Predictive microbial spoilage kinetic model

$$\log N_t = \log N_0 + \mu \cdot t$$

Remaining shelf life (RSL) calculation & estimation



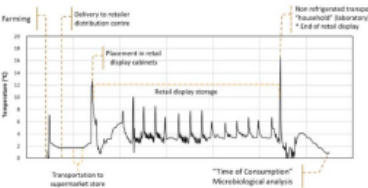
Shelf life values prediction
% RSL_{pred}



Shelf life values experimentally determined
% RSL_{exp}

RESULTS & DISCUSSION

Field test was completed five days after processing/packaging of products completing the microbiological analysis in all involved samples. RFID devices (FRESHTIME tags, INFRATAB, USA) were stopped and all data were retrieved through appropriate software (Representative graph depicted in Fig. 1.)



All generated data i.e. experimentally determined microbial counts and retrieved Freshtime tags estimations based on logged time temperature datasets and available shelf life model were used to evaluate the validity of the Freshtime tags use to predict the remaining shelf life at different dates of pick-up from the retail outlet.

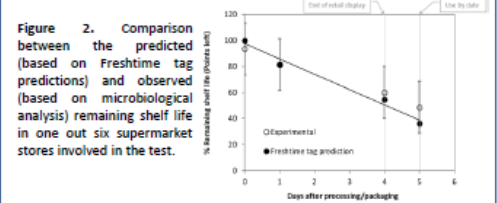


Figure 2. Comparison between the predicted (based on Freshtime tag predictions) and observed (based on microbiological analysis) remaining shelf life in one out six supermarket stores involved in the test.

All data was shared with stakeholders (producer, retailer) in the context of blockchain-based data sharing tools. Based on the overall results the use of blockchain in monitoring and communicating realtime data combined with predictive modelling allows an effective cold chain management.



GO



NO
GO



SMART FISH



Πέτρος Ταούκης, Καθηγητής ΕΜΠ

Θεοφάνια Τσιρώνη, Επίκουρη Καθηγήτρια, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ελένη Γώγου, Επίκουρη Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μαρία Κατσούλη, Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια ΕΜΠ

Ιωάννα Σεμένογλου, Υποψήφια διδάκτορας ΕΜΠ

less food waste | more added value

