



**Εγχειρίδιο παρακολούθησης και σχεδιασμού παρεμβάσεων
ιχνηλασιμότητας**



PREC FARM
laboratory of rural geography
& precision farming systems



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ**
UNIVERSITY OF THE
AEGEAN

Εργαστήριο Γεωγραφίας της Υπαίθρου και Συστημάτων Γεωργίας Ακριβείας,

Τμ. Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου



Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	3
2. Βασικές Αρχές και Απαιτήσεις Ιχνηλασιμότητας	3
2.1. Νομοθετικό πλαίσιο ιχνηλασιμότητας.....	3
2.2. Σημασία της ιχνηλασιμότητας στον τομέα των αγροτικών προϊόντων	5
2.3. Ιχνηλασιμότητα βιολογικών προϊόντων.....	6
2.4 Η περίπτωση της αμπελουργίας.....	8
3. Συστήματα ιχνηλασιμότητας	10
4. Ανάλυση και Χρήση Δεδομένων Ιχνηλασιμότητας	13
5. Βιβλιογραφία.....	15

Ομάδα εργασίας:

Γ. Σταυριανάκης (Πανεπιστήμιο Αιγαίου)

Ε. Σέντας (Πανεπιστήμιο Αιγαίου)

Ε. Κοκκώνης (ΕΟΣΣ)

Θ. Χαρμπής (ΕΟΣΣ)

*Η φωτογραφία εξωφύλλου δημιουργήθηκε από το “Canva AI image generator”.

Το έργο PrecWineFarm είναι χρηματοδοτούμενο από το Υπομέτρο 16.1-16.5 «Συνεργασία για περιβαλλοντικά έργα, περιβαλλοντικές πρακτικές και δράσεις για κλιματική αλλαγή και τις τρέχουσες περιβαλλοντικές πρακτικές», στο πλαίσιο της Δράσης 2 «Υλοποίηση του επιχειρησιακού σχεδίου των επιχειρησιακών ομάδων για την παραγωγικότητα και βιωσιμότητα της γεωργίας» (Κωδικός Έργου: M16SYN2-00220). Η συγκεκριμένη ενέργεια υλοποιείται στο πλαίσιο του Προγράμματος Αγροτικής Ανάπτυξης (ΠΑΑ) της Ελλάδας 2014-2020 που συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση – Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Αγροτικής Ανάπτυξης (ΕΓΤΑΑ).



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



1. Εισαγωγή

Η ιχνηλασιμότητα στην αμπελοκαλλιέργεια αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη διασφάλιση της ποιότητας, της ασφάλειας και της αυθεντικότητας των προϊόντων, καθώς και για τη συμμόρφωση με τις κανονιστικές απαιτήσεις και τα πρότυπα πιστοποίησης. Το παρόν εγχειρίδιο έχει ως στόχο να καθοδηγήσει τους αμπελουργούς και τους φορείς της εφοδιαστικής αλυσίδας στη σωστή παρακολούθηση και τεκμηρίωση της παραγωγής, από την καλλιέργεια έως τη διάθεση του τελικού προϊόντος, χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνολογικές λύσεις γεωργίας ακριβείας.

Η υιοθέτηση εφαρμογών που θα επιτρέπουν την καταγραφή και διαχείριση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας τη δυνατότητα παρακολούθησης όλων των σταδίων παραγωγής, συλλογής και μετασυλλεκτικής διαχείρισης θα συμβάλει στη βελτίωση της διαφάνειας, στη μείωση των λειτουργικών εξόδων και στην προστασία του περιβάλλοντος, ενώ παράλληλα ενισχύει την εμπορική αξία των οίνων, διασφαλίζοντας τη μοναδικότητα και την πιστοποίησή τους.

2. Βασικές Αρχές και Απαιτήσεις Ιχνηλασιμότητας

2.1. Νομοθετικό πλαίσιο ιχνηλασιμότητας

Το νομικό πλαίσιο για τα συστήματα ιχνηλασιμότητας στον τομέα της γεωργικής διατροφής είναι απαραίτητο για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της ποιότητας των τροφίμων και της εμπιστοσύνης των καταναλωτών.

Ένα από τα θεμελιώδη νομικά πλαίσια για την ιχνηλασιμότητα στον αγροδιατροφικό τομέα είναι ο κανονισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη γενική νομοθεσία περί τροφίμων (178/2002), ο οποίος επιβάλλει ότι όλα τα τρόφιμα πρέπει να είναι ιχνηλάσιμα σε όλα τα στάδια παραγωγής, μεταποίησης και διανομής. Ο κανονισμός αυτός αποσκοπεί στην ενίσχυση της ασφάλειας των τροφίμων, διασφαλίζοντας ότι όλα τα τρόφιμα μπορούν να εντοπιστούν μέχρι την προέλευσή τους, καθιστώντας έτσι τους παραγωγούς υπόλογους για τα προϊόντα τους (Sanfiel-Fumero et al., 2012). Ο κανονισμός όχι μόνο καθιερώνει την ιχνηλασιμότητα ως νομική απαίτηση, αλλά αναθέτει επίσης συγκεκριμένες ευθύνες σε διάφορους φορείς της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων, ενισχύοντας έτσι τη λογοδοσία και τη διαφάνεια (Sanfiel-Fumero et al., 2012).

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, ο νόμος για τον εκσυγχρονισμό της ασφάλειας των τροφίμων (FSMA) εισήγαγε παρόμοιες απαιτήσεις για την ιχνηλασιμότητα, τονίζοντας την ανάγκη για ολοκληρωμένα συστήματα παρακολούθησης για την πρόληψη τροφιμογενών ασθενειών (Hu et al., 2018). Ο FSMA επιβάλλει στους παραγωγούς τροφίμων να



εφαρμόζουν προληπτικούς ελέγχους βάσει κινδύνου και να τηρούν αρχεία που επιτρέπουν την ιχνηλάτηση των τροφίμων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτή η κανονιστική προσέγγιση ευθυγραμμίζεται με την παγκόσμια τάση για αυστηρότερα πρότυπα ασφάλειας τροφίμων και υπογραμμίζει τη σημασία της ιχνηλασιμότητας στη διαχείριση των κινδύνων για την ασφάλεια των τροφίμων (Hu et al., 2018).

Οι τεχνολογικές εξελίξεις, ιδίως στην τεχνολογία blockchain, ενσωματώνονται ολοένα και περισσότερο στα συστήματα ιχνηλασιμότητας για την ενίσχυση της συμμόρφωσης με τις νομικές απαιτήσεις. Η αλυσίδα μπλοκ παρέχει ένα αποκεντρωμένο και αμετάβλητο βιβλίο που μπορεί να καταγράφει με ασφάλεια τις συναλλαγές και να παρακολουθεί τα προϊόντα σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού (Bosona & Gebresenbet, 2023- Kamilaris et al., 2019). Patelli και Mandrioli Οι Patelli & Mandrioli (2020) υποστηρίζουν ότι για να υιοθετηθεί αποτελεσματικά το blockchain στις αλυσίδες εφοδιασμού αγροδιατροφικών προϊόντων, είναι απαραίτητο ένα σαφές ρυθμιστικό πλαίσιο για την υποστήριξη της εφαρμογής του. Το πλαίσιο αυτό δεν πρέπει να αφορά μόνο τις τεχνικές πτυχές της αλυσίδας μπλοκ, αλλά να εξετάζει και την οικονομική βιωσιμότητα των πρωτοβουλιών ιχνηλασιμότητας (Patelli & Mandrioli, 2020).

Παρά την πρόοδο της τεχνολογίας και τη θέσπιση νομικών πλαισίων, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις στην αποτελεσματική εφαρμογή των συστημάτων ιχνηλασιμότητας. Για παράδειγμα, οι Maldonado-Simán et al. Maldonado-Simán et al. (2012) υπογραμμίζουν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι παραγωγοί στις αναπτυσσόμενες χώρες όσον αφορά την τήρηση των προτύπων ιχνηλασιμότητας που επιβάλλουν οι ανεπτυγμένες χώρες. Οι προκλήσεις αυτές οφείλονται συχνά στην έλλειψη πόρων, τεχνικής εμπειρογνομosύνης και υποδομών, γεγονός που μπορεί να εμποδίσει τη συμμόρφωση με τις διεθνείς απαιτήσεις ιχνηλασιμότητας (Maldonado-Simán et al., 2012). Επιπλέον, το ψηφιακό χάσμα και τα διαφορετικά επίπεδα ψηφιακού αλφαριθμητισμού μεταξύ των ενδιαφερομένων μπορεί να περιπλέξουν την υιοθέτηση προηγμένων τεχνολογιών ιχνηλασιμότητας (Locatelli et al., 2019).

Επιπλέον, το νομικό τοπίο που περιβάλλει την ιχνηλασιμότητα εξελίσσεται συνεχώς, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη συνεχή έρευνα και προσαρμογή. Για παράδειγμα, ο Patel Patel (2024) εξετάζει τις νομικές και τεχνικές προκλήσεις που σχετίζονται με την ανάπτυξη ισχυρών συστημάτων ιχνηλασιμότητας για γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς (ΓΤΟ) στο πλαίσιο της οδηγίας 2001/18/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτό αναδεικνύει την ανάγκη για ένα ευέλικτο νομικό πλαίσιο που θα μπορεί να προσαρμόζεται στις αναδυόμενες τεχνολογίες και στις μεταβαλλόμενες προτιμήσεις των καταναλωτών, διασφαλίζοντας παράλληλα την ασφάλεια των τροφίμων και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα (Patel, 2024).



Το νομικό πλαίσιο για τα συστήματα ιχνηλασιμότητας στον τομέα της γεωργικής διατροφής είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της ποιότητας των τροφίμων και της εμπιστοσύνης των καταναλωτών. Η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών, όπως το blockchain, στα συστήματα αυτά παρουσιάζει ευκαιρίες για την ενίσχυση της συμμόρφωσης με τις νομικές απαιτήσεις. Ωστόσο, πρέπει να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που σχετίζονται με τους πόρους, τις υποδομές και την ψηφιακή παιδεία, προκειμένου να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες των συστημάτων ιχνηλασιμότητας. Η συνεχής έρευνα και η προσαρμογή των νομικών πλαισίων θα είναι απαραίτητες για να συμβαδίζουν με τις τεχνολογικές εξελίξεις και τις εξελισσόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών.

2.2. Σημασία της ιχνηλασιμότητας στον τομέα των αγροτικών προϊόντων

Ο αγροδιατροφικός τομέας αναγνωρίζει ολοένα και περισσότερο τη σημασία των συστημάτων ιχνηλασιμότητας για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων, την ενίσχυση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού. Η ιχνηλασιμότητα αναφέρεται στην ικανότητα παρακολούθησης του ιστορικού, της εφαρμογής ή της θέσης ενός προϊόντος μέσω τεκμηριωμένης ταυτοποίησης. Στο πλαίσιο των γεωργικών προϊόντων, αυτό περιλαμβάνει ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού από το αγρόκτημα έως το τραπέζι, διασφαλίζοντας ότι όλοι οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να προσδιορίσουν την πηγή των πρώτων υλών και να παρακολουθήσουν τη διαδρομή τους μέσω της επεξεργασίας και της διανομής (Liu, 2018- Liu & Gao, 2017).

Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία, ιδίως η ενσωμάτωση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και της αλυσίδας μπλοκ (blockchain), έχουν μεταμορφώσει σημαντικά τα συστήματα ιχνηλασιμότητας στη γεωργία. Οι συσκευές IoT διευκολύνουν τη συλλογή και παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους φορείς να έχουν πρόσβαση σε κρίσιμες πληροφορίες σχετικά με την προέλευση των προϊόντων και τις συνθήκες χειρισμού («Research on product traceability and anti-counterfeiting application based on IoT technology», 2023- Guo et al., 2021). Η τεχνολογία blockchain, από την άλλη πλευρά, παρέχει ένα αποκεντρωμένο και αμετάβλητο βιβλίο που ενισχύει τη διαφάνεια και μειώνει τον κίνδυνο αλλοίωσης των δεδομένων (Bosona & Gebresenbet, 2023- Demestichas et al., 2020). Ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών όχι μόνο βελτιώνει την ιχνηλασιμότητα, αλλά βοηθά επίσης στη διαχείριση κρίσεων ασφάλειας τροφίμων, επιτρέποντας την αποτελεσματική ανάκληση προϊόντων όταν είναι απαραίτητο (Chen et al., 2021).



Το ρυθμιστικό τοπίο γύρω από τη γεωργική ιχνηλασιμότητα έχει επίσης εξελιχθεί, με διάφορες χώρες να εφαρμόζουν αυστηρούς νόμους για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων. Για παράδειγμα, η Ευρωπαϊκή Ένωση και οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν θεσπίσει ολοκληρωμένα πλαίσια που επιβάλλουν συστήματα ιχνηλασιμότητας για τα γεωργικά προϊόντα (Hu et al., 2018; Hu et al., 2018). Οι κανονισμοί αυτοί αποσκοπούν στην ενίσχυση της προστασίας των καταναλωτών και στην προώθηση της λογοδοσίας μεταξύ των παραγωγών και των διανομέων. Επιπλέον, η αυξανόμενη ζήτηση των καταναλωτών για διαφάνεια στην προμήθεια τροφίμων έχει οδηγήσει σε αυξημένες επενδύσεις σε τεχνολογίες ιχνηλασιμότητας, καθώς οι καταναλωτές είναι πρόθυμοι να πληρώσουν ένα premium για προϊόντα που μπορούν να επαληθευτούν ως ασφαλή και βιώσιμης προέλευσης (Chen et al., 2021; Yu et al., 2021).

Επιπλέον, ο ρόλος της ιχνηλασιμότητας στην προώθηση βιώσιμων γεωργικών πρακτικών δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί. Τα ψηφιακά συστήματα ιχνηλασιμότητας αξιοποιούνται για την ενίσχυση των κυκλικών συστημάτων τροφίμων, τα οποία αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων (Freeman et al., 2022). Χώρες όπως η Ουρουγουάη έχουν δώσει παραδείγματα εφαρμόζοντας ψηφιακά συστήματα ιχνηλασιμότητας που όχι μόνο παρακολουθούν την ασφάλεια των τροφίμων, αλλά συμβάλλουν επίσης στις βιώσιμες γεωργικές πρακτικές και στον επαναπροσδιορισμό της αγοράς (Freeman et al., 2022).

Συμπερασματικά, η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών στα συστήματα ιχνηλασιμότητας στον τομέα της γεωργικής διατροφής είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων, την ενίσχυση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών και την προώθηση βιώσιμων πρακτικών. Καθώς ο τομέας συνεχίζει να εξελίσσεται, η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη θα είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση των προκλήσεων και των ευκαιριών που παρουσιάζουν οι τεχνολογίες αυτές.

2.3. Ιχνηλασιμότητα βιολογικών προϊόντων

Ένα από τα κύρια κίνητρα για την εφαρμογή συστημάτων ιχνηλασιμότητας στον τομέα της βιολογικής γεωργίας είναι η διασφάλιση των καταναλωτών για τη γνησιότητα και την ασφάλεια των βιολογικών προϊόντων. Οι έρευνες δείχνουν ότι οι καταναλωτές είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν μια πριμοδότηση για τα τρόφιμα που θεωρούν αυθεντικά και ασφαλή, με την ιχνηλασιμότητα να χρησιμεύει ως ζωτικό εργαλείο από αυτή την άποψη (Marozzo et al., 2022- Chen et al., 2021). Για παράδειγμα, μελέτες έχουν δείξει ότι οι καταναλωτές βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στις πληροφορίες σχετικά με την ιχνηλασιμότητα για να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις αγοράς, ιδίως όταν πρόκειται για βιολογικά προϊόντα (Cavite et al., 2021). Αυτή η εξάρτηση υπογραμμίζει τη σημασία της καθιέρωσης αποτελεσματικών συστημάτων ιχνηλασιμότητας που μπορούν να



τεκμηριώνουν με ακρίβεια τη διαδρομή των βιολογικών προϊόντων από το αγρόκτημα στο τραπέζι (Lindh & Olsson, 2010).

Οι τεχνολογικές εξελίξεις, ιδίως στην αλυσίδα μπλοκ και το IoT, έχουν βελτιώσει σημαντικά τις δυνατότητες των συστημάτων ιχνηλασιμότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού βιολογικών τροφίμων. Η τεχνολογία blockchain, με τα εγγενή χαρακτηριστικά της αμεταβλητότητας και της διαφάνειας, επιτρέπει την ασφαλή καταγραφή των συναλλαγών και την παρακολούθηση των βιολογικών προϊόντων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού (Lin et al., 2021). Η τεχνολογία αυτή όχι μόνο βοηθά στην επαλήθευση της αυθεντικότητας των βιολογικών προϊόντων, αλλά επίσης ενισχύει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών παρέχοντας προσβάσιμες πληροφορίες σχετικά με τις πρακτικές παραγωγής και την προέλευση των προϊόντων («A Review on Blockchain Based Traceability in Organic Food Supply Chain», 2024). Επιπλέον, οι συσκευές IoT μπορούν να διευκολύνουν την παρακολούθηση των βιολογικών προϊόντων σε πραγματικό χρόνο, διασφαλίζοντας ότι ο χειρισμός τους γίνεται σύμφωνα με τα βιολογικά πρότυπα σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού (Fabroni et al., 2023).

Επιπλέον, το ρυθμιστικό τοπίο που περιβάλλει την ιχνηλασιμότητα των βιολογικών προϊόντων εξελίσσεται, με διάφορες χώρες να εφαρμόζουν αυστηρούς κανονισμούς για τη διασφάλιση της ακεραιότητας των βιολογικών προϊόντων. Για παράδειγμα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ολοκληρωμένες κατευθυντήριες γραμμές που επιβάλλουν την ιχνηλασιμότητα των βιολογικών προϊόντων, ενισχύοντας έτσι την εμπιστοσύνη των καταναλωτών και διασφαλίζοντας τη συμμόρφωση με τα βιολογικά πρότυπα (Zülch, 2024). Αυτό το ρυθμιστικό πλαίσιο είναι ζωτικής σημασίας για τον μετριασμό των κινδύνων που συνδέονται με την ασφάλεια των τροφίμων και την απάτη, ιδίως στον τομέα των βιολογικών προϊόντων, όπου οι καταναλωτές είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι σε θέματα αυθεντικότητας και ποιότητας (Lindh & Olsson, 2010- Zülch, 2024).

Οι οικονομικές επιπτώσεις της ιχνηλασιμότητας στον τομέα των βιολογικών προϊόντων είναι επίσης αξιοσημείωτες. Η έρευνα δείχνει ότι τα αποτελεσματικά συστήματα ιχνηλασιμότητας μπορούν να ενισχύσουν την πρόσβαση των βιολογικών προϊόντων στην αγορά, καθώς οι καταναλωτές αναζητούν όλο και περισσότερο επαληθευμένες βιολογικές επιλογές (Abbas et al., 2022). Επιπλέον, η ιχνηλασιμότητα μπορεί να διευκολύνει την καλύτερη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού, μειώνοντας την αναποτελεσματικότητα και βελτιώνοντας τη συνολική ποιότητα των προϊόντων (Spence et al., 2018). Ως εκ τούτου, οι επενδύσεις σε τεχνολογίες ιχνηλασιμότητας δεν είναι επωφελείς μόνο για την ασφάλεια των καταναλωτών, αλλά και για την οικονομική βιωσιμότητα των βιολογικών παραγωγών (Li, 2023).



Συμπερασματικά, η ιχνηλασιμότητα στον τομέα της γεωργικής διατροφής για τα βιολογικά προϊόντα είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων, την ενίσχυση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών και την προώθηση βιώσιμων γεωργικών πρακτικών. Η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών, σε συνδυασμό με υποστηρικτικά κανονιστικά πλαίσια, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα των συστημάτων ιχνηλασιμότητας, ωφελώντας τελικά τόσο τους καταναλωτές όσο και τους παραγωγούς.

2.4 Η περίπτωση της αμπελουργίας

Η ιχνηλασιμότητα στην παραγωγή οίνου αποτελεί βασικό στοιχείο για τη διασφάλιση της ποιότητας του προϊόντος, της αυθεντικότητας και της εμπιστοσύνης των καταναλωτών. Καθώς η οινοβιομηχανία αντιμετωπίζει προκλήσεις όπως η απάτη, η εσφαλμένη επισήμανση και η ανάγκη για βιώσιμες πρακτικές, η εφαρμογή αποτελεσματικών συστημάτων ιχνηλασιμότητας αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία.

Ένα από τα κύρια κίνητρα για την ενίσχυση της ιχνηλασιμότητας στην παραγωγή οίνου είναι η καταπολέμηση της απάτης και η διασφάλιση της αυθεντικότητας. Η απάτη στον οίνο, η οποία περιλαμβάνει πρακτικές όπως η λανθασμένη επισήμανση και η ανάμειξη με κατώτερους οίνους, ενέχει σημαντικούς κινδύνους τόσο για τους καταναλωτές όσο και για τους παραγωγούς Basalekou et al. (2020) Mayr et al., 2018). Αναλυτικές μέθοδοι, όπως η φασματοσκοπία υπέρυθρου μετασχηματισμού Fourier (FTIR) και η φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (NMR), έχουν χρησιμοποιηθεί για την αυθεντικοποίηση των οίνων και την επαλήθευση της προέλευσής τους (Ranaweera et al., 2022- Soloviyev et al., 2021). Οι τεχνικές αυτές επιτρέπουν την ταυτοποίηση μοναδικών χημικών υπογραφών που σχετίζονται με συγκεκριμένες ποικιλίες σταφυλιών και μεθόδους παραγωγής, διευκολύνοντας έτσι την ιχνηλασιμότητα των οίνων από τον αμπελώνα έως τον καταναλωτή (Aceto et al., 2018).

Οι τεχνολογικές εξελίξεις, ιδίως η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain, έχουν φέρει επανάσταση στην ιχνηλασιμότητα στον κλάδο του κρασιού. Η αλυσίδα μπλοκ παρέχει ένα αποκεντρωμένο και αμετάβλητο βιβλίο που ενισχύει τη διαφάνεια και την εμπιστοσύνη μεταξύ των ενδιαφερομένων (Luzzani et al., 2021- Kang, 2023). Επιτρέποντας την παρακολούθηση των φιαλών κρασιού σε πραγματικό χρόνο, η τεχνολογία blockchain επιτρέπει στους καταναλωτές να επαληθεύουν τη γνησιότητα και την προέλευση του κρασιού τους, αυξάνοντας έτσι την εμπιστοσύνη στο προϊόν (Silvestri et al., 2023). Μελέτες έχουν δείξει ότι η υιοθέτηση της αλυσίδας μπλοκ μπορεί να οδηγήσει σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για τα οινοποιεία βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού και μειώνοντας τον κίνδυνο απάτης (Silvestri et al., 2023- Bastard, 2023). Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις στην ευρεία εφαρμογή της



αλυσίδας μπλοκ, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης για πρότυπα σε επίπεδο κλάδου και την ενσωμάτωση των υφιστάμενων συστημάτων (Bastard, 2023).

Εκτός από τις τεχνολογικές λύσεις, τα κανονιστικά πλαίσια διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της ιχνηλασιμότητας στην παραγωγή οίνου. Διάφοροι οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένου του Διεθνούς Οργανισμού Αμπέλου και Οίνου (OIV) και των εθνικών κυβερνήσεων, έχουν θεσπίσει κατευθυντήριες γραμμές που απαιτούν από τους παραγωγούς να τηρούν λεπτομερή αρχεία των διαδικασιών παραγωγής τους (Pesme, 2023- Verzeletti, 2023). Αυτοί οι κανονισμοί όχι μόνο ενισχύουν την προστασία των καταναλωτών, αλλά και προωθούν βιώσιμες πρακτικές στον κλάδο, ενθαρρύνοντας τη διαφάνεια και τη λογοδοσία (Pesme, 2023). Η ενσωμάτωση της ισοτοπικής ανάλυσης, όπως οι ισοτοπικές αναλογίες στροντίου, έχει επίσης προταθεί ως μέθοδος για τη γεωγραφική ιχνηλασιμότητα, συνδέοντας τους οίνους με συγκεκριμένα terroirs και περιοχές παραγωγής (Geană et al., 2016- Catarino et al., 2019).

Οι αντιλήψεις των καταναλωτών σχετικά με την ιχνηλασιμότητα είναι επίσης σημαντικές στην αγορά οίνου. Οι έρευνες δείχνουν ότι οι καταναλωτές αναζητούν όλο και περισσότερο προϊόντα που παρέχουν σαφείς πληροφορίες σχετικά με την προέλευση και τις μεθόδους παραγωγής τους (Carrara, 2023). Αυτή η απαίτηση για διαφάνεια έχει οδηγήσει σε αυξανόμενο ενδιαφέρον για συστήματα ιχνηλασιμότητας που μπορούν να επικοινωνούν αποτελεσματικά τις βιώσιμες πρακτικές που εφαρμόζουν τα οινοποιεία (Luzzani et al., 2021- Carrara, 2023). Καθώς οι καταναλωτές εκπαιδεύονται περισσότερο σχετικά με την παραγωγή κρασιού, η προθυμία τους να πληρώσουν πριμοδότηση για ιχνηλάσιμους και αυθεντικούς οίνους αυξάνεται, δίνοντας περαιτέρω κίνητρα στους παραγωγούς να υιοθετήσουν ισχυρά μέτρα ιχνηλασιμότητας (Marozzo et al., 2022).

Συμπερασματικά, η ιχνηλασιμότητα στην παραγωγή οίνου είναι ένα πολύπλευρο ζήτημα που περιλαμβάνει τεχνολογικές, κανονιστικές και καταναλωτικές διαστάσεις. Η ενσωμάτωση προηγμένων αναλυτικών μεθόδων και της τεχνολογίας blockchain προσφέρει πολλά υποσχόμενες λύσεις για την ενίσχυση της ιχνηλασιμότητας και την καταπολέμηση της απάτης στην οινοβιομηχανία. Καθώς τα ρυθμιστικά πλαίσια συνεχίζουν να εξελίσσονται και η ζήτηση των καταναλωτών για διαφάνεια αυξάνεται, η ανάπτυξη αποτελεσματικών συστημάτων ιχνηλασιμότητας θα είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ποιότητας και της αυθεντικότητας των αμπελοοινικών προϊόντων.



3. Συστήματα ιχνηλασιμότητας

Η ιχνηλασιμότητα, δηλαδή η δυνατότητα παρακολούθησης της διακίνησης ενός προϊόντος μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού, έχει καταστεί ζωτικής σημασίας στον τομέα της αγροδιατροφής. Αντιμετωπίζει τις ανησυχίες που σχετίζονται με την ασφάλεια των τροφίμων, την ποιότητα, την αυθεντικότητα και τη βιωσιμότητα. Σε αυτό το κεφάλαιο εξετάζονται διάφοροι τύποι συστημάτων ιχνηλασιμότητας που χρησιμοποιούνται στον εν λόγω τομέα, επισημαίνοντας τα χαρακτηριστικά, τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς τους.

Τα συστήματα ιχνηλασιμότητας μπορούν να ταξινομηθούν σε γενικές γραμμές με βάση το πεδίο εφαρμογής και την τεχνολογία τους:

A. Ταξινόμηση με βάση το πεδίο εφαρμογής:

Εσωτερική ιχνηλασιμότητα: Επικεντρώνεται στην παρακολούθηση υλικών και προϊόντων εντός ενός οργανισμού ή μιας εγκατάστασης παραγωγής. Περιλαμβάνει την καταγραφή δεδομένων που σχετίζονται με τις πρώτες ύλες, τις παραμέτρους επεξεργασίας και τα τελικά προϊόντα.

Ιχνηλασιμότητα αλυσίδας: Επεκτείνεται σε πολλαπλά στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού, εμπλέκοντας διαφορετικούς φορείς, όπως αγρότες, μεταποιητές, διανομείς και λιανοπωλητές. Απαιτεί ανταλλαγή πληροφοριών και συντονισμό μεταξύ αυτών των οντοτήτων.

B. Ταξινόμηση με βάση την τεχνολογία:

Χειρόγραφα συστήματα: Βασίζονται στη χειροκίνητη τήρηση αρχείων χρησιμοποιώντας έγγραφα όπως τιμολόγια, δελτία αποστολής και ημερολόγια. Τα συστήματα αυτά είναι απλά και φθηνά στην εφαρμογή τους, αλλά είναι επιρρεπή σε λάθη, απώλεια δεδομένων και αναποτελεσματικότητα σε μεγάλης κλίμακας επιχειρήσεις.

Ηλεκτρονικά συστήματα: Χρησιμοποιούν ψηφιακές τεχνολογίες για τη σύλληψη, αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων. Τα συστήματα αυτά προσφέρουν βελτιωμένη ακρίβεια, ταχύτητα και δυνατότητες διαχείρισης δεδομένων. Οι συνήθεις τεχνολογίες περιλαμβάνουν:

- **Barcodes:** Οι κώδικες αποθηκεύουν περιορισμένες πληροφορίες και χρησιμοποιούνται ευρέως για την ταυτοποίηση και τον εντοπισμό προϊόντων σε επίπεδο λιανικής πώλησης.
- **Αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (RFID):** Χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για την αυτόματη αναγνώριση και παρακολούθηση αντικειμένων. Οι ετικέτες RFID μπορούν να αποθηκεύσουν περισσότερα δεδομένα από τους γραμμωτούς κώδικες και μπορούν να διαβαστούν χωρίς άμεση οπτική επαφή, καθιστώντας τες



κατάλληλες για την παρακολούθηση αντικειμένων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού.

- **Παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS):** Επιτρέπει την παρακολούθηση οχημάτων και αποστολών σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με τη θέση, τον χρόνο και τη διαδρομή.
- **Blockchain:** Ένα αποκεντρωμένο ψηφιακό βιβλίο που καταγράφει τις συναλλαγές σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Προσφέρει αυξημένη διαφάνεια, ασφάλεια και αμετάβλητο των δεδομένων, καθιστώντας το πολλά υποσχόμενο για πολύπλοκες αλυσίδες εφοδιασμού.

Ειδικές εφαρμογές στον τομέα της γεωργικής διατροφής

- **Παραγωγή σπόρων και καλλιεργειών:** Τα συστήματα ιχνηλασιμότητας μπορούν να παρακολουθούν την προέλευση των σπόρων, τη θέση φύτευσης, τις πρακτικές καλλιέργειας και τα δεδομένα συγκομιδής. Οι πληροφορίες αυτές είναι πολύτιμες για τον έλεγχο ποιότητας, την πιστοποίηση και την ταυτοποίηση ποικιλιών.
- **Κτηνοτροφία και υδατοκαλλιέργεια:** Τα συστήματα ιχνηλασιμότητας μπορούν να παρακολουθούν την ταυτοποίηση των ζώων, τη μετακίνηση, τα καθεστώτα σίτισης και τα αρχεία υγείας. Αυτό είναι απαραίτητο για τον έλεγχο των ασθενειών, την ασφάλεια των τροφίμων και την καλή διαβίωση των ζώων.
- **Επεξεργασία και μεταποίηση τροφίμων:** Τα συστήματα ιχνηλασιμότητας μπορούν να παρακολουθούν τα συστατικά, τις παραμέτρους επεξεργασίας, τη συσκευασία και τη διανομή. Αυτό επιτρέπει την ταχεία ανάκληση μολυσμένων προϊόντων και διασφαλίζει τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς για την ασφάλεια των τροφίμων.

Πλεονεκτήματα των συστημάτων ιχνηλασιμότητας

- **Ενισχυμένη ασφάλεια τροφίμων:** Επιτρέπει τον γρήγορο εντοπισμό και την απομάκρυνση των μολυσμένων προϊόντων από την αγορά, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους για τη δημόσια υγεία.
- **Βελτιωμένος έλεγχος ποιότητας:** Διευκολύνει την παρακολούθηση των διαδικασιών παραγωγής και τον εντοπισμό αποκλίσεων ποιότητας.
- **Αυξημένη αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού:** Εξορθολογίζει την εφοδιαστική, μειώνει τα απόβλητα και βελτιώνει τη διαχείριση των αποθεμάτων.
- **Ενισχυμένη εμπιστοσύνη των καταναλωτών:** Παρέχει διαφάνεια και πληροφορίες σχετικά με την προέλευση του προϊόντος, τις μεθόδους παραγωγής και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά.
- **Υποστήριξη της βιωσιμότητας:** Επιτρέπει την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και προωθεί βιώσιμες πρακτικές.



Περιορισμοί των συστημάτων ιχνηλασιμότητας:

- **Κόστος εφαρμογής:** Η εφαρμογή προηγμένων συστημάτων ιχνηλασιμότητας μπορεί να είναι δαπανηρή, ιδίως για τις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις.
- **Προκλήσεις διαχείρισης δεδομένων:** Η αποτελεσματική ιχνηλασιμότητα απαιτεί ισχυρά συστήματα διαχείρισης δεδομένων και διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφόρων ενδιαφερομένων.
- **Πολυπλοκότητα των αλυσίδων εφοδιασμού:** Οι πολύπλοκες και κατακερματισμένες αλυσίδες εφοδιασμού μπορεί να δυσχεράνουν την καθιέρωση ιχνηλασιμότητας από άκρο σε άκρο.
- **Έλλειψη τυποποίησης:** Η έλλειψη τυποποίησης και πρωτοκόλλων δεδομένων μπορεί να εμποδίσει την ανταλλαγή πληροφοριών και τη διαλειτουργικότητα.

Τα συστήματα ιχνηλασιμότητας διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στη διασφάλιση της ασφάλειας, της ποιότητας και της βιωσιμότητας των τροφίμων στον τομέα της αγροδιατροφής. Η επιλογή ενός συγκεκριμένου συστήματος εξαρτάται από τις ειδικές ανάγκες και τα χαρακτηριστικά της αλυσίδας εφοδιασμού. Ενώ εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται συστήματα σε χαρτί, τα ηλεκτρονικά συστήματα προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά την ακρίβεια, την αποτελεσματικότητα και τη διαχείριση των δεδομένων. Οι συνεχείς εξελίξεις σε τεχνολογίες όπως η RFID, το GPS και η αλυσίδα μπλοκ ενισχύουν περαιτέρω τις δυνατότητες των συστημάτων ιχνηλασιμότητας. Η αντιμετώπιση των περιορισμών που σχετίζονται με το κόστος, τη διαχείριση δεδομένων και την τυποποίηση είναι ζωτικής σημασίας για την ευρύτερη υιοθέτηση και την αποτελεσματική εφαρμογή της ιχνηλασιμότητας στον τομέα της γεωργικής διατροφής.



4. Ανάλυση και Χρήση Δεδομένων Ιχνηλασιμότητας

Η ανάλυση και η χρήση των δεδομένων στα συστήματα ιχνηλασιμότητας περιλαμβάνει διάφορες μεθοδολογίες και τεχνολογίες που διευκολύνουν την παρακολούθηση των γεωργικών προϊόντων από το αγρόκτημα στο τραπέζι. Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση συνθέτει την πρόσφατη έρευνα σχετικά με τους τύπους ανάλυσης και χρήσης δεδομένων στα συστήματα ιχνηλασιμότητας, εστιάζοντας στις τεχνολογικές εξελίξεις, στις πρακτικές διαχείρισης δεδομένων και στις επιπτώσεις για τους ενδιαφερόμενους.

Μία από τις κύριες μεθόδους ανάλυσης στα συστήματα ιχνηλασιμότητας είναι η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών, όπως η αλυσίδα μπλοκ, το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και η υπολογιστική νέφος. Οι Zhang κ.ά. Zhang κ.ά. (2022) προτείνουν ένα μοντέλο ιχνηλασιμότητας που χρησιμοποιεί την τεχνολογία blockchain για την ενίσχυση της διαφάνειας και της ασφάλειας στην αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων σιτηρών και λαδιού. Η ανάλυσή τους καταδεικνύει ότι η αλυσίδα μπλοκ μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά ζητήματα αδιαφάνειας και χαμηλών ποσοστών συναλλαγών, βελτιώνοντας έτσι τη συνολική αποτελεσματικότητα των συστημάτων ιχνηλασιμότητας. Παρομοίως, οι Jose και Venkatesan JOSE & Venkatesan (2019) υπογραμμίζουν τις δυνατότητες του IoT και της υπολογιστικής νέφος για τη δημιουργία έξυπνων συστημάτων ιχνηλασιμότητας που διευκολύνουν τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στους ενδιαφερόμενους να παρακολουθούν αποτελεσματικά την αλυσίδα εφοδιασμού.

Οι πρακτικές διαχείρισης δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή εφαρμογή των συστημάτων ιχνηλασιμότητας. Ο Liu Liu (2018) τονίζει τη σημασία των συστημάτων πληροφοριών για τη συλλογή, ανάλυση, αποθήκευση και επικοινωνία δεδομένων στις αλυσίδες εφοδιασμού γεωργικών προϊόντων. Η μελέτη υπογραμμίζει την ανάγκη για ισχυρά πλαίσια διαχείρισης δεδομένων που μπορούν να ενσωματώσουν διάφορες πηγές δεδομένων και να διασφαλίσουν την ακρίβεια και την αξιοπιστία των δεδομένων. Επιπλέον, οι Sharma et al. Sharma et al. (2022) συζητούν τους στόχους της ιχνηλασιμότητας, οι οποίοι περιλαμβάνουν την τεκμηρίωση της αλυσίδας φύλαξης και τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους κανονισμούς για την ασφάλεια των τροφίμων. Η έρευνά τους δείχνει ότι η αποτελεσματική διαχείριση δεδομένων είναι απαραίτητη για την επίτευξη αυτών των στόχων και την ενίσχυση της συνολικής απόδοσης των συστημάτων ιχνηλασιμότητας.

Ο ρόλος της ανάλυσης δεδομένων στα συστήματα ιχνηλασιμότητας εκτείνεται πέρα από την απλή παρακολούθηση- περιλαμβάνει επίσης την ανάλυση τρωτότητας και τη διαχείριση κινδύνων. Για παράδειγμα, οι Sharma et al. Sharma et al. (2022) διεξάγουν μια ανάλυση τρωτότητας χρησιμοποιώντας την ιχνηλασιμότητα βάσει στοιχείων στην



αλυσίδα εφοδιασμού σιτηρών, εντοπίζοντας πιθανούς κινδύνους και αδυναμίες του συστήματος. Η προσέγγιση αυτή αναδεικνύει τη σημασία της ανάλυσης δεδομένων για την προληπτική αντιμετώπιση των ανησυχιών για την ασφάλεια των τροφίμων και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού. Επιπλέον, οι Tayal et al. Tayal et al. (2020) προτείνουν μια νέα μεθοδολογία που συνδυάζει την ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) και την ολική επαναληπτική δομική μοντελοποίηση (TISM) για την αξιολόγηση των κρίσιμων παραγόντων επιτυχίας για την ενσωμάτωση της αλυσίδας μπλοκ με τις αλυσίδες εφοδιασμού τροφίμων. Η ανάλυσή τους παρέχει πληροφορίες σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων ιχνηλασιμότητας και βοηθά τα ενδιαφερόμενα μέρη να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις.

Επιπλέον, η αυξανόμενη ζήτηση για διαφάνεια και λογοδοσία στον αγροδιατροφικό τομέα έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη διαφόρων πλαισίων ιχνηλασιμότητας με βάση τα δεδομένα. Ο Elias Elias (2024) σημειώνει ότι παράγοντες όπως οι τεχνολογικές εξελίξεις, η βιωσιμότητα και οι κανονιστικές απαιτήσεις οδηγούν τη ζήτηση για αποτελεσματικά συστήματα ιχνηλασιμότητας. Η ενσωμάτωση της ανάλυσης δεδομένων σε αυτά τα πλαίσια επιτρέπει στους ενδιαφερόμενους φορείς να αποκτήσουν πληροφορίες σχετικά με την προέλευση των προϊόντων, την ποιότητα και τις πρακτικές βιωσιμότητας, ενισχύοντας έτσι την εμπιστοσύνη και την αφοσίωση των καταναλωτών.

Η ανάλυση και η χρήση των δεδομένων στα συστήματα ιχνηλασιμότητας στον τομέα της γεωργικής διατροφής είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ασφάλειας, της ποιότητας και της διαφάνειας των τροφίμων. Η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών, ισχυρών πρακτικών διαχείρισης δεδομένων και ολοκληρωμένων μεθοδολογιών ανάλυσης δεδομένων ενισχύει την αποτελεσματικότητα των συστημάτων ιχνηλασιμότητας. Καθώς ο αγροδιατροφικός τομέας συνεχίζει να εξελίσσεται, η συνεχής έρευνα και η καινοτομία στη χρήση των δεδομένων θα είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση των αναδυόμενων προκλήσεων και την ικανοποίηση των απαιτήσεων των καταναλωτών για διαφάνεια και λογοδοσία.



5. Βιβλιογραφία

1. A Review on Blockchain Based Traceability in Organic Food Supply Chain. (2024). *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. <https://doi.org/10.56726/IRJMETs49315>
2. Abbas, H., Ullah, H., Gong, X., Jiang, M., Faiz, N., & Zhao, L. (2022). Sustainable Market Environment and Consumer Confidence in Food Safety in China After COVID-19: Urban Consumer Perspectives. *The Economics and Finance Letters*, 9(2), 139–156. <https://doi.org/10.18488/29.v9i2.3064>
3. Aceto, M., Bonello, F., Musso, D., Tsolakis, C., Cassino, C., & Osella, D. (2018). Wine Traceability with Rare Earth Elements. *Beverages*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.3390/beverages4010023>
4. Angeles Sanfiel-Fumero, M., Martín Ramos-Dominguez, Á., & Ramón Oreja-Rodríguez, J. (2012). The configuration of power in vertical relationships in the food supply chain in the Canary Islands: An approach to the implementation of food traceability. *British Food Journal*, 114(8), 1128–1156. <https://doi.org/10.1108/00070701211252093>
5. Basalekou, M., Pappas, C., Tarantilis, P. A., & Kallithraka, S. (2020). Wine Authenticity and Traceability with the Use of FT-IR. *Beverages*, 6(2), 30. <https://doi.org/10.3390/beverages6020030>
6. Bastard, A., & Chaillet, A. (2023). Blockchain: No pain, no gain? An examination of blockchain technology in the vitivinicultural sector. *BIO Web of Conferences*, 68, 03009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236803009>
7. Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2023). The Role of Blockchain Technology in Promoting Traceability Systems in Agri-Food Production and Supply Chains. *Sensors*, 23(11), 5342. <https://doi.org/10.3390/s23115342>
8. Carrara, I., Terzi, V., Ghizzoni, R., Delbono, S., Tumino, G., Crespan, M., Gardiman, M., Francia, E., & Morcia, C. (2023). A Molecular Toolbox to Identify and Quantify Grape Varieties: On the Trace of “Glera”. *Foods*, 12(16), 3091. <https://doi.org/10.3390/foods12163091>
9. Catarino, S., Castro, F. P., Brazão, J., Moreira, L., Pereira, L., Fernandes, J. R., Eiras-Dias, J. E., Graça, A., & Martins-Lopes, P. (2019). ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr isotopic ratios in vineyard soils and varietal wines from Douro Valley. *BIO Web of Conferences*, 12, 02031. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191202031>
10. Cavite, H. J., Mankeb, P., & Suwanmaneepong, S. (2022). Community enterprise consumers’ intention to purchase organic rice in Thailand: The moderating role of product traceability knowledge. *British Food Journal*, 124(4), 1124–1148. <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2021-0148>
11. Chen, X., Shang, J., Zada, M., Zada, S., Ji, X., Han, H., Ariza-Montes, A., & Ramírez-Sobrinó, J. (2021). Health Is Wealth: Study on Consumer Preferences and the Willingness to Pay for Ecological Agricultural Product Traceability Technology: Evidence from Jiangxi Province China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 11761. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211761>



12. Demestichas, K., Peppes, N., Alexakis, T., & Adamopoulou, E. (2020). Blockchain in Agriculture Traceability Systems: A Review. *Applied Sciences*, 10(12), 4113. <https://doi.org/10.3390/app10124113>
13. Elias, S. K. N. H., Usman, S., & Chuprat, S. (2024). Discovering the Global Landscape of Agri-Food and Blockchain: A Bibliometric Review. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 15(4). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0150458>
14. Fabroni, S., Bontempo, L., Campanelli, G., Canali, S., & Montemurro, F. (2023). Innovative Tools for the Nitrogen Fertilization Traceability of Organic Farming Products. *Horticulturae*, 9(6), 723. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060723>
15. Freeman, K. K., Valencia, V., Marzaroli, J., & Van Zanten, H. H. (2022). Digital traceability to enhance circular food systems and reach agriculture emissions targets. *Outlook on Agriculture*, 51(4), 414–422. <https://doi.org/10.1177/00307270221133854>
16. Geană, E.-I., Sandru, C., Stanciu, V., & Ionete, R. E. (2017). Elemental Profile and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Isotope Ratio as Fingerprints for Geographical Traceability of Wines: An Approach on Romanian Wines. *Food Analytical Methods*, 10(1), 63–73. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0550-2>
17. Hu, Y., Dong, Y., & Sun, J. (2018). Design and Implementation of Traceability System of Agricultural Product Quality and Safety Based on Grid Management. *Chinese Journal of Engineering Science*, 20(2), 63. <https://doi.org/10.15302/J-SSCAE-2018.02.010>
18. Hu, Y., Sun, J., Zhang, Q., & Han, Y. (2018). Current Status and Future Development Proposal for Chinese Agricultural Product Quality and Safety Traceability. *Chinese Journal of Engineering Science*, 20(2), 57. <https://doi.org/10.15302/J-SSCAE-2018.02.009>
19. Jose, A., & Shanmugam, P. (2019). Supply chain issues in SME food sector: A systematic review. *Journal of Advances in Management Research*, 17(1), 19–65. <https://doi.org/10.1108/JAMR-02-2019-0010>
20. Kamilaris, A., Fonts, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2019). The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 640–652. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.034>
21. Kang, Y., Shi, X., Yue, X., Zhang, W., & Liu, S. S. (2023). Enhancing Traceability in Wine Supply Chains through Blockchain: A Stackelberg Game-Theoretical Analysis. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 18(4), 2142–2162. <https://doi.org/10.3390/jtaer18040108>
22. Li, C., Yang, T., & Shi, Y. (2023). Blockchain Adoption and Organic Subsidy in an Agricultural Supply Chain Considering Market Segmentation. *Mathematics*, 12(1), 106. <https://doi.org/10.3390/math12010106>
23. Lin, X., Chang, S.-C., Chou, T.-H., Chen, S.-C., & Ruangkanjanases, A. (2021). Consumers' Intention to Adopt Blockchain Food Traceability Technology towards Organic Food Products. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 912. <https://doi.org/10.3390/ijerph18030912>
24. Lindh, H., & Olsson, A. (2010). Communicating imperceptible product attributes through traceability: A case study in an organic food supply chain. *Renewable*



- Agriculture and Food Systems*, 25(4), 263–271.
<https://doi.org/10.1017/S1742170510000281>
25. Liu, Y. (2018). Traceability Management for the Food Safety along the Supply Chain Collaboration of Agricultural Products. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 7(2), 58. <https://doi.org/10.11648/j.aff.20180702.13>
26. Liu, Y.-C., & Gao, H.-M. (2017). System Analysis for the Traceability and Logistics Management of Fresh Agricultural Products Supply Chain. *Proceedings of the 3rd Annual 2017 International Conference on Management Science and Engineering (MSE 2017)*. 3rd Annual 2017 International Conference on Management Science and Engineering (MSE 2017), Guilin, China. <https://doi.org/10.2991/mse-17.2017.26>
27. Locatelli, P., Cirilli, F., Panno, E., & Scardigno, A. J. (2019). TRACEABILITY AND MANAGEMENT OF MEDICINES AND MEDICAL DEVICES AT HOME: THE CRUCIAL ROLE OF THE DIGITAL SUPPORT. *Proceedings of the 11th International Conference on E-Health 2019*, 268–270. https://doi.org/10.33965/eh2019_201910P039
28. Luzzani, G., Grandis, E., Frey, M., & Capri, E. (2021). Blockchain Technology in Wine Chain for Collecting and Addressing Sustainable Performance: An Exploratory Study. *Sustainability*, 13(22), 12898. <https://doi.org/10.3390/su132212898>
29. Maldonado-Siman, E., Godinez-Gonzalez, C. S., Cadena-Meneses, J. A., Ruíz-Flores, A., & Aranda-Osorio, G. (2013). TRACEABILITY IN THE MEXICAN DAIRY PROCESSING INDUSTRY: TRACEABILITY IN FOOD INDUSTRY. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(5), 399–404. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00663.x>
30. Marozzo, V., Vargas-Sanchez, A., Abbate, T., & D'Amico, A. (2022). Investigating the importance of product traceability in the relationship between product authenticity and consumer willingness to pay. *Sinergie Italian Journal of Management*, 40(2), 21–39. <https://doi.org/10.7433/s118.2022.02>
31. Mayr, C. M., De Rosso, M., Dalla Vedova, A., & Flamini, R. (2018). High-Resolution Mass Spectrometry Identification of Secondary Metabolites in Four Red Grape Varieties Potentially Useful as Traceability Markers of Wines. *Beverages*, 4(4), 74. <https://doi.org/10.3390/beverages4040074>
32. Patel, M. (2024). Legal and Technical Challenges of Developing Robust Traceability Systems for Genetically Modified Organisms. *International Journal of Law and Policy*, 2(6), 23–33. <https://doi.org/10.59022/ijlp.195>
33. Patelli, N., & Mandrioli, M. (2020). Blockchain technology and traceability in the agrifood industry. *Journal of Food Science*, 85(11), 3670–3678. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15477>
34. Pesme, J.-O. (2023). Tracing and tracking wine bottles: Protecting consumers and producers. *BIO Web of Conferences*, 68, 03028. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236803028>
35. Ranaweera, R. K. R., Gilmore, A. M., Bastian, S. E. P., Capone, D. L., & Jeffery, D. W. (2022). Spectrofluorometric analysis to trace the molecular fingerprint of wine during the winemaking process and recognise the blending percentage of different varietal wines. *OENO One*, 56(1), 189–196. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.1.4904>



36. Research on product traceability and anti-counterfeiting application based on IoT technology. (2023). *Information Systems and Economics*, 4(9). <https://doi.org/10.23977/infse.2023.040913>
37. Sharma, R., Hurburgh, C., & Mosher, G. A. (2022). Vulnerability analysis using evidence-based traceability in the grain supply chain. *Cereal Chemistry*, 99(4), 860–872. <https://doi.org/10.1002/cche.10545>
38. Silvestri, R., Adamashvili, N., Fiore, M., & Galati, A. (2023). How blockchain technology generates a trust-based competitive advantage in the wine industry: A resource based view perspective. *European Business Review*, 35(5), 713–736. <https://doi.org/10.1108/EBR-10-2022-0217>
39. Solovyev, P. A., Fauhl-Hassek, C., Riedl, J., Esslinger, S., Bontempo, L., & Camin, F. (2021). NMR spectroscopy in wine authentication: An official control perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 2040–2062. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12700>
40. Spence, M., Stancu, V., Elliott, C. T., & Dean, M. (2018). Exploring consumer purchase intentions towards traceable minced beef and beef steak using the theory of planned behavior. *Food Control*, 91, 138–147. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.03.035>
41. Tayal, A., Solanki, A., Kondal, R., Nayyar, A., Tanwar, S., & Kumar, N. (2021). Blockchain-based efficient communication for food supply chain industry: Transparency and traceability analysis for sustainable business. *International Journal of Communication Systems*, 34(4), e4696. <https://doi.org/10.1002/dac.4696>
42. Verzeletti, T. N., Priamo, W. L., & Flores, S. S. (2023). Use of information technology for traceability and quality control: Case study in a Brazilian winery. *BIO Web of Conferences*, 68, 04018. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236804018>
43. Yu, M., Yan, X., & Wang, J. (2021). Research on the Influence of Traceability Information of Fresh Agricultural Products on Consumers' Purchasing Behavior. *Open Journal of Business and Management*, 09(05), 2370–2388. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2021.95128>
44. Zhang, X., Li, Y., Peng, X., Zhao, Z., Han, J., & Xu, J. (2022). Information Traceability Model for the Grain and Oil Food Supply Chain Based on Trusted Identification and Trusted Blockchain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6594. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116594>
45. Zülch, F., Holle, M., & Hofmann, A. (2024). Theoretical design of blockchain-based traceability for organic egg supply chains according to regulation (EU) 2018/848. *PLOS ONE*, 19(6), e0304791. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304791>