ESSICA

RISULTATI DELLE SPERIMENTAZIONI DEL PROGETTO

PROGETTO DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA

ESSICA Lab
presso Palazzo Taffini d'Acceglio
Ingresso da Via Antica Contrada delle Beccherie
Savigliano 12038 (CN)
Tel. 0172/86472 | essicalab@leterredeisavoia.it
www.leterredeisavoia.it/essica-laboratorio

Il presente progetto è finanziato con il sostegno della Commissione europea. L'autore è il solo responsabile di questa pubblicazione e la Commissione declina ogni responsabilità sull'uso che potrà essere fatto delle informazioni in essa contenute.

PROGETTO DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA

ESSICA

RISULTATI DELLE SPERIMENTAZIONI DEL PROGETTO

APPLICAZIONE DI TECNICHE INNOVATIVE PER LO SVILUPPO DELLA FILIERA TRANSFRONTALIERA DELLE PIANTE AROMATICHE

Edizione 2020

SOMMARIO

INTRODUZIONE **5**

PARTE 1: PRESENTAZIONE DEL PROGETTO **9**
1.1 UN PROGETTO DI RICERCA AL SERVIZIO DI UNA FILIERA 10
1.1.1 IL PROGETTO DI RICERCA ESSICA 10
1.1.2 IL PROGRAMMA EUROPEO Interreg Alcotra 14
1.2 IL PROCESSO DI STUDIO 16
1.2.1 TEMI DI RICERCA 16
1.2.2 MATERIALE VEGETALE OGGETTO DELLO STUDIO 16
1.2.3 PARAMETRI DI VALUTAZIONE E PROTOCOLLI 17

PARTE 2: L'ESSICCAZIONE DELLE PIANTE AROMATICHE E MEDICINALI **25**
2.1 PROMEMORIA DEI PRINCIPI DI ESSICCAZIONE 26
2.2 PROVE DI ESSICCAZIONE 28
2.2.1 PRESENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE DI ESSICCAZIONE UTILIZZATE 28
2.2.2 BATTITURA DELLE PIANTE DOPO ESSICCAZIONE 30
2.2.3 DISEGNO SPERIMENTALE DELLE PROVE DI ESSICCAZIONE 31

SOMMARIO

2.3 RISULTATI DELLE PROVE DI ESSICCAZIONE 32
2.3.1 IMPATTO DEI METODI DI ESSICCAZIONE SULLA STRUTTURA INTERNA DELLE PIANTE 32
2.3.2 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI ESSICCAZIONE SULLA CARICA ENTOMOLOGICA 42
2.3.3 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI ESSICCAZIONE SUL CARICO MICROBIOLOGICO 43
2.3.4 IMPATTO DEI METODI DI ESSICCAZIONE SULLA QUANTITÀ E SULLA COMPOSIZIONE DEGLI OLI ESSENZIALI 47
2.3.5 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI ESSICCAZIONE SULLE ACQUE DI CONDENSA 55
2.3.6 IMPATTO DEI METODI DI ESSICCAZIONE SULLA COMPOSIZIONE FISICO-CHIMICA E SULL'ATTIVITÀ ANTIOSSIDANTE 56
2.3.7 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI ESSICCAZIONE SUL PROFILO SENSORIALE 59
2.3.8 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI ESSICCAZIONE SUL BILANCIO ENERGETICO 62

PARTE 3: LA DEBATTERIZZAZIONE DELLE PIANTE AROMATICHE E MEDICINALI 63
3.1 PROVE DI DEBATTERIALIZZAZIONE 64
3.1.1 PRESENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE DI DEBATTERIZZAZIONE UTILIZZATE 64
3.1.2 DISEGNO SPERIMENTALE DELLE PROVE DI DEBATTERIZZAZIONE 67
3.2 RISULTATI DELLE PROVE DI DEBATTERIZZAZIONE 69
3.2.1 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI DEBATTERIZZAZIONE SULLA CARICA ENTOMOLOGICA 69
3.2.2 IMPATTO DEI METODI DI DEBATTERIZZAZIONE SULLA CARICA MICROBIOLOGICA 71
3.2.3 IMPATTO DEI METODI DI DEBATTERIZZAZIONE SULLA QUANTITÀ E SULLA COMPOSIZIONE DEGLI OLI ESSENZIALI 75
3.2.4 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI DEBATTERIZZAZIONE SUL PROFILO SENSORIALE 79
3.2.5 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI DEBATTERIZZAZIONE SULLA COMPOSIZIONE FISICO-CHIMICA E SULL'ATTIVITÀ ANTIOSSIDANTE 81

PARTE 4: CONFEZIONAMENTO DELLE PIANTE AROMATICHE E MEDICINALI 83
4.1. DESCRIZIONE DELLE PROVE DI CONFEZIONAMENTO 84
4.1.1 PRESENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE UTILIZZATE 84
4.1.2 DISEGNO SPERIMENTALE DELLE PROVE DI CONFEZIONAMENTO 86
4.2 RISULTATI DELLE PROVE DI CONFEZIONAMENTO 88
4.2.1 IMPATTO DEI METODI DI CONFEZIONAMENTO SULLA CARICA MICROBIOLOGICA 88
4.2.2 IMPATTO DEI METODI DI CONFEZIONAMENTO SUL PROFILO SENSORIALE 88

PARTE 5: IL LABORATORIO Essica 91

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE 94

FIGURE 99

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 102

APPENDICE 107

INTRODUZIONE

INTRODUZIONE

Negli ultimi 10 anni, la crescente domanda di piante aromatiche e medicinali (PAM) in Europa ha indotto molti agricoltori ad interessarsi a questo tipo di produzione agricola, sia nell'ambito della creazione di nuove aziende agricole, che della diversificazione delle attività o dell'aumento della produzione esistente.

Nella zona Alcotra, la superficie coltivata a piante aromatiche e medicinali supera quindi i 4.500 ettari (tabelle 1 e 2).

SUPERFICI DI PIANTE AROMATICHE E MEDICINALI COLTIVATE IN FRANCIA	SUPERFICIE (ha)
Territori transfrontalieri di livello NUTS III: Dipartimenti di Alta Savoia e Savoia (Regione Rodano-Alpi), Alte Alpi, Alpi dell'Alta Provenza e Alpi Marittime (Regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra).	825
Territori limitrofi: Dipartimenti dell'Ain, dell'Isère, della Drôme, del Vaucluse e del Var	2.624
Territori eleggibili: Dipartimenti del Rodano e delle Bocche del Rodano	260
TOTALE	**3.709**

Tabella 1: Superfici di piante aromatiche e medicinali coltivate in Francia (dati CAP 2016).

NB: Queste aree non comprendono le piante aromatiche francesi quali la lavanda, che sono prodotte su di una superficie di oltre 25.000 ettari nell'area in esame.

SUPERFICI DI PIANTE AROMATICHE E MEDICINALI COLTIVATE IN ITALIA	SUPERFICIE (ha)
Piemonte	869,18
Liguria	> 50
Valle d'Aosta	10,73
TOTALE	**930**

Tabella 2: Superfici di piante aromatiche e medicinali coltivate in Italia (stima FIPPO 2017).

Grazie alle favorevoli condizioni climatiche, che vanno dal clima mediterraneo a quello alpino, molte specie di piante aromatiche e medicinali sono coltivate nella zona Alcotra (Tabella 3).

IN FRANCIA	IN ITALIA
Timo	Basilico fresco
Psillio e psillio nero	Rosmarino
Finocchio	Lavanda
Rosmarino	Menta piperita
Santoreggia	Passiflora
Origano	Dragoncello
Melissa	Coriandolo
Cardo mariano	Salvia officinalis
Menta	Timo
Camomilla	Papavero della California
Fiordaliso	Diverse piante da liquore (assenzio, ecc.)
Angelica	

Tabella 3: Principali specie di PAM coltivate nella zona Alcotra (FranceAgrimer, Studio di mercato sulle PAM, Essica 2017).

Tale diversità di produzione genera una moltitudine di prodotti, i cui sbocchi sono principalmente industriali; le piante sono utilizzate sia dall'industria agroalimentare che da quella farmaceutica, cosmetica e profumiera. A seconda del settore a cui sono destinate, le piante sono immesse sul mercato dopo una o più trasformazioni.

INTRODUZIONE

In ragione dei diversi mercati di riferimento, la produzione di piante aromatiche e medicinali si confronta con forti aspettative esterne. Da un lato, sussistono esplicite aspettative sociali da parte dei consumatori, sempre più consapevoli della propria alimentazione e alla ricerca di prodotti di alta qualità organolettica, con garanzia di sicurezza sanitaria. Dall'altro lato, vige un ambiente normativo rigoroso, la cui segmentazione risulta ostacolata a vari livelli, ma il cui obiettivo è incentrato sulla sicurezza sanitaria a tutela dei consumatori.

Gli operatori economici si trovano così a dover affrontare questioni tecniche che segnano il processo di trasformazione delle piante:

- questioni relative al controllo delle condizioni di essiccazione per evitare l'alterazione delle proprietà e la perdita di qualità delle piante;
- questioni relative alla debatterizzazione al fine di garantire la sicurezza sanitaria preservando le qualità del prodotto;
- questioni inerenti alla conservazione in modo da garantire le proprietà del prodotto per tutta la sua durata di conservazione, o anche per estenderne la durata.

A queste sfide si aggiunge la volontà collettiva di ridurre i costi associati alla trasformazione delle PAM (per la quale, in media, si stanzia il 50% dei costi energetici), al fine di aumentare le prestazioni economiche e ridurre l'impatto ambientale.

È in questo particolare contesto che si svolge il progetto di ricerca di Essica. Cofinanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma di cooperazione Interreg Alcotra, questo progetto si concentra espressamente sul settore delle piante aromatiche e medicinali tra Francia e Italia.

La presente pubblicazione presenta i risultati ottenuti nei tre anni di sperimentazione del progetto (2017-2020).

Intende essere uno strumento prezioso al servizio dei produttori e dei trasformatori di piante aromatiche e medicinali, delle scuole e dei centri di formazione agricola e agroalimentare, e infine degli utenti finali.

In tal senso, rappresenta un vero e proprio strumento di diffusione dei principali insegnamenti del progetto nell'ambito del territorio transfrontaliero e, dunque, dell'Unione Europea.

PARTE 1:
PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

1.1 UN PROGETTO DI RICERCA AL SERVIZIO DI UNA FILIERA

1.1.1 IL PROGETTO DI RICERCA ESSICA

1.1.1.1 PRESENTAZIONE E OBIETTIVI

Commercializzate principalmente in forma essiccata, le piante aromatiche e medicinali sono esposte a vari processi termici per garantirne la qualità, la sicurezza e la durata di conservazione. Tuttavia, detti processi possono anche alterarne le proprietà organolettiche, fisiche e chimiche, o non garantire una sufficiente qualità batteriologica.

Pertanto, se le condizioni di essiccazione non sono adeguatamente controllate, le caratteristiche delle piante possono essere compromesse, con conseguenti alterazioni biochimiche, aromatiche e visive. Lo stesso vale per i processi di debatterizzazione che potrebbero non ridurre sufficientemente la carica microbica nelle piante o alterarne la qualità organolettica.

Il progetto Essica intende rispondere a queste sfide in modo da aumentare la competitività del settore (produttori e trasformatori) e ottenere prodotti di qualità conformi ai requisiti di sicurezza alimentare.

Il progetto, della durata di 36 mesi, si è posto i seguenti obiettivi:

- valutare l'impatto di due tecnologie di essiccazione,
- valutare l'impatto di due trattamenti di debatterizzazione,
- valutare l'impatto dei nuovi tipi di imballaggi biodegradabili,
- diffondere i risultati degli esperimenti presso i produttori e le aziende del settore delle piante aromatiche e medicinali,
- organizzare corsi di formazione sulle tecniche di essiccazione, debatterizzazione e confezionamento,
- allestire un laboratorio all'avanguardia presso MÙSES, Accademia Europea delle Essenze, a Savigliano, a disposizione delle aziende di tutto il territorio.

Il progetto si è articolato in 3 fasi di studio:

- **Fase 1** (2017): realizzazione di diverse indagini preliminari per definire gli orientamenti della fase 2 (scelta delle piante e delle tecnologie);
- **Fase 2** (2018 - 2019): realizzazione di esperimenti di essiccazione, debatterizzazione e confezionamento nelle 2 zone (Francia e Italia), analisi e confronto dei risultati ottenuti durante i 2 anni di test;
- **Fase 3** (2020): Divulgazione dei risultati ottenuti presso gli operatori transfrontalieri interessati e organizzazione di diverse giornate di formazione sulle tecniche oggetto della sperimentazione. Si noti

che il calendario provvisorio di attuazione di quest'ultima fase è stato stravolto dalla crisi dovuta alla pandemia di Covid-19.

Il progetto ha visto la partecipazione di produttori francesi e italiani con particolare attenzione alle zone svantaggiate e montane (Valle Varaita, Alta Valle Grana, Valle Maira, Valle Stura, Parco Alpi Marittime, Alta Langa, Alpi dell'Alta Provenza, Alte Apli, Alpi Marittime) e di cooperative di trasformazione delle piante aromatiche e medicinali.

In tale ottica, il progetto ha inoltre puntato a creare una rete di produttori e a incoraggiarli a confrontarsi per affrontare insieme le sfide future, sulla base di un'economia sempre più circolare ed efficiente.

Cofinanziato nell'ambito dell'Asse 1 "Innovazione applicata" del programma Alcotra, il progetto Essica ha ricevuto un sostegno finanziario dell'UE di 798.279 euro, pari all'85% del costo totale del progetto (Tabella 4).

Cifre chiave in €:

	TOTALE BUDGET	FESR	SUPERFICI DI PIANTE
ITALIA	626 805,00	532 784,24	94 020,76
FRANCIA	312 346,80	265 494,78	46 852,02
TOTALE	939 151,80	798 279,02	140 872,78

Tabella 4: Piano di finanziamento del progetto Essica.

1.1.1.2 PARTENARIATO

Il progetto Essica è guidato da un consorzio di ricerca composto da partner francesi e italiani, ciascuno dei quali contribuisce con le proprie competenze scientifiche, tecniche e organizzative al settore delle piante aromatiche e medicinali (Tabella 5).

RUOLO	NOME	PAESE	REGIONE
Capofila	Associazione Le Terre dei Savoia (TdS)	Italia	Racconigi, Provincia di Cuneo
Partner	Università degli Studi di Torino Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA)	Italia	Grugliasco, Provincia di Torino
Partner	Centro regionale interprofessionale di sperimentazione per le piante da profumo, aromatiche e medicinali (CRIEPPAM)	Francia	Manosque, Alpi dell'Alta Provenza
Partner	FranceAgriMer (FAM)	Francia	Volx, Alpi dell'Alta Provenza

Tabella 5: Membri partner del progetto Essica.

L'associazione Le Terre dei Savoia

Capofila del progetto Essica, l'associazione italiana Le Terre dei Savoia (TdS) riunisce 53 comuni delle province di Torino, Cuneo e Asti. L'associazione TdS si occupa della promozione del territorio e della valorizzazione delle sue risorse storiche, culturali, alimentari e naturali. Il territorio d'azione comprende quattro residenze sabaude dichiarate patrimonio dell'umanità dall'UNESCO: Pollenzo, Govone, Valcasotto e Racconigi, sede dell'associazione.

Grazie a una rete territoriale di alta qualità, l'associazione Le Terre dei Savoia è un polo di sviluppo ove convergono le idee, una piattaforma di scambio e di dibattito concentrata su un orizzonte comune di trasformazione delle idee in azioni concrete e sostenibili.

Avvalendosi di partenariati solidi, la maggior parte dei quali conclusi con paesi europei, l'associazione TdS realizza numerosi progetti di cooperazione nei settori della cultura, del turismo, della scienza, dell'arte e dell'agroalimentare.

Nell'ambito del progetto Essica, Le Terre dei Savoia si è occupata del coordinamento del partenariato, della comunicazione interna ed esterna del progetto, della diffusione e promozione delle attività presso il pubblico, della gestione degli eventi di formazione e divulgazione, del supporto ai partner scientifici durante le fasi operative del progetto e della creazione del Laboratorio Essica.

DISAFA

DISAFA è il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università di Torino, una delle più antiche e prestigiose università italiane. DISAFA conduce progetti di ricerca fondamentale e applicata e offre corsi di formazione di livello universitario e post-universitario nel settore dei processi di produzione e trasformazione primari e sulle interazioni tra tali attività, il territorio e l'ambiente.

Il gruppo di ricerca del DISAFA è composto da ricercatori, esperti in tecnologie alimentari, microbiologia, entomologia e chimica. Nel corso degli anni ha maturato una grande competenza nello studio dei processi di produzione degli alimenti, in particolare nelle tecniche di produzione e conservazione, nei problemi fisico-chimici, microbiologici ed entomologici legati alla conservazione, nonché nella caratterizzazione fisico-chimica e microbiologica degli alimenti.

Nell'ambito del progetto Essica, il gruppo di lavoro DISAFA ha coordinato le attività di sperimentazione e sviluppo di tecniche innovative in materia di essiccazione, debatterizzazione e conservazione delle piante aromatiche e medicinali, in particolare l'ottimizzazione dei processi di essiccazione e debatterizzazione.

CRIEPPAM

Il Centro regionale interprofessionale di sperimentazione per le piante da profumo, aromatiche e medicinali (CRIEPPAM) è un organismo tecnico francese appartenente al settore delle piante da profumo, aromatiche e medicinali (PPAM). Creato nel 1993, ha sede nel dipartimento delle Alpi dell'Alta Provenza (04) a Manosque.

Il CRIEPPAM dispone di una postazione di sperimentazione, di un laboratorio e di serre. In quanto centro di ricerca e sperimentazione specializzato nelle PPAM, la sperimentazione agronomica è la sua attività principale. Tale attività si articola in diverse aree:

- produzione (selezione varietale, test di prodotti fitosanitari e meccanizzazione),
- trasformazione (essiccazione e distillazione),
- messa in sicurezza della produzione e della lavorazione (conservazione genetica, ecc.).

Parallelamente, l'istituto realizza un'attività di produzione di piante sane e certificate. Si tratta di piante madri di lavanda e lavandina destinate ai vivai.

Il Centro svolge inoltre un ruolo di divulgazione delle informazioni attraverso varie pubblicazioni (bollettini tecnico-economici e relazioni annuali sulle sperimentazioni) e corsi di formazione, in particolare sulle tecniche di trasformazione.

Infine, il CRIEPPAM fornisce servizi su richiesta dei produttori o delle aziende (distillazione, progettazione di impianti di essiccazione, supporto tecnico, ecc.)

Il CRIEPPAM collabora con numerosi partner tecnici del settore: l'Istituto tecnico nazionale delle piante da profumo, aromatiche e medicinali (ITEIPMAI), il Centro nazionale delle piante da profumo, aromatiche e medicinali (CNPMAI), l'INRA (Istituto nazionale di ricerca agronomica), le Università, il Centro per gli studi e lo sviluppo sostenibile euromediterraneo (CEDDEM) e FranceAgrimer.

Nell'ambito del progetto Essica, il CRIEPPAM ha effettuato le prove tecniche di essiccazione e debatterizzazione dei diversi impianti studiati nonché l'analisi dei campioni.

FranceAgriMer

FranceAgriMer è l'ente nazionale per i prodotti agricoli e ittici. Istituzione pubblica sotto la supervisione del Ministero dell'Agricoltura francese, presenta un ufficio nazionale situato a Volx (Alpi dell'Alta Provenza) specializzato nel settore delle piante da profumo, aromatiche e medicinali francesi (PPAM).

Tale ufficio è il punto di contatto per tutti i professionisti della filiera delle PPAM. La sua missione consiste nel diffondere informazioni sui mercati, sulle normative, sulle tecniche e sui progressi scientifici del settore. Svolge inoltre il ruolo di partner finanziario, seguendo le domande di aiuto finanziario. Infine, può fornire supporto tecnico ai professionisti del settore.

Nell'ambito del progetto Essica, FranceAgrimer ha coordinato gli studi bibliografici e tecnici, oltre a svolgere e monitorare alcune analisi, in particolare quelle sensoriali. Infine, FranceAgriMer ha supervisionato il gruppo di attività del progetto incaricato della diffusione dei risultati e della formazione degli operatori.

1.1.2. IL PROGRAMMA EUROPEO INTERREG ALCOTRA

ALCOTRA, Alpi Latine COoperazione TRAnsfrontaliera, è un programma europeo di cooperazione transfrontaliera tra Francia e Italia. Fa parte del programma di cooperazione territoriale europea (CTE) denominato INTERREG, e più precisamente della sua sezione A: "cooperazione transfrontaliera", (Interreg - Alcotra, 2019).

L'obiettivo principale di Alcotra è quello di "migliorare la qualità della vita delle popolazioni e lo sviluppo sostenibile dei territori e dei sistemi economici e sociali transfrontalieri, grazie ad una cooperazione che coinvolge i settori dell'economia, dell'ambiente e dei servizi ai cittadini".

Questo obiettivo si traduce in azioni concrete, le cui finalità si articolano in quattro assi strategici: innovazione applicata, ambiente sicuro, attrattività del territorio e inclusione sociale.

Le azioni di cooperazione franco-italiane sostenute da Alcotra sono finanziate dal Fondo europeo di sviluppo regionale (FESR). La dotazione finanziaria per il periodo 2014-2020, suddivisa tra i quattro assi strategici, ammonta a 198,8 milioni di euro.

I beneficiari di questo programma europeo sono numerosi: possono essere PMI, amministrazioni pubbliche, enti di formazione, università e centri di ricerca, associazioni, parchi naturali, camere consolari, poli di innovazione e settori di attività.

Il territorio ammissibile al programma Alcotra (Figura 1) comprende:

- una parte francese: dipartimenti della Savoia e dell'Alta Savoia (regione Alvernia-Rodano-Alpi), Alte Alpi, Alpi dell'Alta a Provenza e Alpi Marittime (regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra),
- una parte italiana: le province di Torino e Cuneo (regione Piemonte), la provincia di Imperia (regione Liguria) e la regione autonoma Valle d'Aosta.

Figura 1: Area ALCOTRA - territori transfrontalieri ammissibili, INTERREG-ALCOTRA, 2019.

Il programma Alcotra è attuato dalla Regione Alvernia-Rodano-Alpi in qualità di autorità di gestione del programma. Un Segretariato congiunto, con sede in Italia (Torino), è responsabile dell'istruzione dei fascicoli e del relativo monitoraggio.

Ulteriori informazioni su: **www.interreg-alcotra.eu/it**

1.2 IL PROCESSO DI STUDIO

1.2.1 TEMI DI RICERCA

Il progetto di ricerca di Essica si è concentrato su tre temi di ricerca:

- **l'essiccazione:** l'obiettivo consisteva nel confrontare un sistema di essiccazione con ventilazione ad aria calda, detto "tradizionale", con un sistema di essiccazione ad "aria fredda", vale a dire senza riscaldamento dell'aria di essiccazione; si trattava poi di ottimizzare questo processo di essiccazione mediante deumidificazione e confrontarne le prestazioni con quello del sistema "tradizionale";
- **la debatterizzazione:** si trattava di applicare tecniche innovative di debatterizzazione utilizzando l'ozono, l'acqua ozonizzata e l'acqua elettrolizzata.
- **il confezionamento:** la finalità consisteva nello studiare l'efficacia di nuovi tipi di imballaggio a basso impatto ambientale e in atmosfera modificata.

1.2.2 MATERIALE VEGETALE OGGETTO DELLO STUDIO

Il materiale vegetale prescelto per il progetto è stato selezionato sulla base di una valutazione composta da due criteri:

- la rilevanza per il territorio, intesa come l'importanza della pianta per l'area considerata, ovvero la regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra o la regione Piemonte. La selezione delle specie vegetali più significative per ogni regione è stata effettuata dopo uno studio di mercato delle piante aromatiche e medicinali e un'indagine svolta presso i produttori e i trasformatori nei due territori frontalieri;
- la rilevanza per il progetto di studio, ovvero l'interesse delle caratteristiche interne della pianta per il progetto di ricerca stesso.

Sulla base della valutazione di questi criteri e delle conclusioni dei rapporti di studio, sono state selezionate le seguenti piante (Tabella 6) per l'esecuzione delle prove tecniche:

FRANCIA	ITALIA
Timo (Thymus vulgaris L.)	Menta (Menta piperita L./ Mentha spicata L.)
Origano (Origanum vulgare L.)	Malva (Malva silvestris L.)
Melissa (Melissa officinalis L.)	Melissa (Melissa officinalis L.)
Santoreggia (Satureja montana L.)	Santoreggia (Satureja hortensis L.)

Tabella 6: Materiale vegetale studiato da ogni partner tecnico del progetto.

Per poter confrontare alcuni risultati ottenuti dai partner francesi e italiani, sono state studiate contemporaneamente 2 piante comuni nelle 2 zone: la santoreggia e la melissa. Per quanto riguarda la santoreggia, va notato che si trattava di due specie diverse: Satureja montana L. per la Francia e Satureja hortensis L. per l'Italia.

1.2.3 PARAMETRI DI VALUTAZIONE E PROTOCOLLI

I vari processi di essiccazione, debatterizzazione e confezionamento testati nell'ambito del progetto sono stati valutati in relazione ai seguenti parametri:

- l'impatto sulle popolazioni entomologiche,
- l'impatto sulla carica microbiologica,
- impatto sulla composizione fisico-chimica e sull'attività antiossidante,
- l'impatto sulla quantità e sulla composizione degli oli essenziali,
- l'impatto sul profilo sensoriale delle piante.

Sono state quindi effettuate numerose analisi secondo i seguenti protocolli.

NB: Va notato che non tutte le analisi sono state necessariamente effettuate su tutte le matrici o per tutte le modalità.

1.2.3.1 ANALISI ENTOMOLOGICA

Ogni campione di pianta aromatica e medicinale è stato osservato al microscopio stereoscopico per valutare il suo livello di contaminazione, come segue:

- 100 g di materiale fresco,
- 50 g di materiale essiccato ad aria calda,
- 50 g di materiale essiccato ad aria fredda

Per ogni insetto riscontrato, sono stati registrati l'ordine tassonomico, la famiglia e la specie degli esemplari, nonché il loro stato di conservazione, utilizzando appositi manuali e chiavi di determinazione.

Per quanto riguarda i test di debatterizzazione, che hanno anche effetti di disinsettizzazione, l'analisi entomologica si è concentrata su 3 specie di insetti nocivi: Lasioderma serricorne (coleottero della famiglia Ptinidae), Tribolium castaneum (coleottero della famiglia Tenebrionidae) e Plodia interpunctella (lepidotteri della famiglia Pyralidae).

Tali insetti sono descritti nella letteratura scientifica come i principali infestanti nei magazzini.

Per valutare gli effetti delle diverse tecniche di debatterizzazione, è stato misurato il tasso di sopravvivenza degli insetti prima e dopo il trattamento nei 4 macro esperimenti descritti di seguito:

- **Esperimento n. 1.** Degli esemplari adulti di *T. castaneum* sono stati esposti per 30 minuti a diverse concentrazioni di ozono per valutare l'effetto del trattamento sulla loro vitalità e sopravvivenza in base alla matrice (malva, melissa, menta, origano, santoreggia o timo), al metodo di essiccazione (a freddo o a caldo) e alla concentrazione di ozono (0, 5, 10 o 100 ppm),
- **Esperimento n. 2.** Per questo esperimento, il generatore di ozono è stato collegato ad un essiccatore a freddo. Questo test sul *T. castaneum* è stato effettuato per una sola matrice, la malva. Gli insetti sono stati esposti a concentrazioni di ozono di 0 e 100 ppm per 4, 24 e 48 ore.
- **Esperimento n. 3.** Diverse concentrazioni e durate di esposizione sono state testate su esemplari adulti di *L. serricorne* e *T. castaneum* così come su larve di P. interpunctella. La miscela testata consisteva in 1 g di substrato misto di piante essiccate e 1 g di farina. 6 valori di CT (Concentrazione x Tempo) sono stati testati e confrontati con il campione non trattato (14.400, 28.800, 72.000, 144.000, 288.000, 288.000, 432.000 ppm x min).
- **Esperimento n. 4.** Degli esemplari adulti di *L. serricorne* e *T. castaneum* su una matrice di melissa fresca sono stati immersi per 1 minuto in acqua elettrolizzata agitata a diverse concentrazioni (0, 100, 200, 200, 400, 2.000 ppm).

1.2.3.2 ANALISI MICROBIOLOGICA

L'analisi microbiologica ha preso in esame i seguenti parametri analitici (Tabella 7):

CAMPIONI FRESCHI	CAMPIONI ESSICCATI
Microrganismi a 30°C	**Microrganismi a 30°C**
Lieviti e muffe	Lieviti e muffe
Enterobatteriacee presunte	Enterobatteriacee presunte
Bacillus cereus presunto	Bacillus cereus presunto
	Escherichia coli
	Clostridium perfringens
	Salmonella spp.
	Listeria monocytogenes

Tabella 7: Criteri microbiologici studiati su campioni freschi e secchi.

Per ciascuna pianta e per ciascuna modalità, sono stati analizzati un campione fresco e uno secco. I risultati della carica microbica sono stati espressi in unità formanti colonie per grammo di pianta (UFC/g) rispetto al peso secco.

In Francia, le analisi microbiologiche sono state effettuate dal laboratorio veterinario del dipartimento delle Alpi dell' Alta Provenza (04).

In Italia, le analisi microbiologiche per i campioni italiani sono state effettuate dal laboratorio DISAFA.

1.2.3.3 ANALISI DELLA COMPOSIZIONE FISICO-CHIMICA E DELL'ATTIVITÀ ANTIOSSIDANTE

Un dosaggio dei polifenoli presenti nelle piante è stato effettuato utilizzando il metodo Folin-Ciocalteu con lettura a 700 nm ed espresso in mg di acido gallico / g di campione secco.

L'attività antiossidante è stata misurata utilizzando il test DPPH ed espressa in µmol di Trolox/g di campione secco. Questi test sono stati eseguiti internamente dal laboratorio DISAFA.

Un'analisi dei macrocomponenti e del contenuto di ocratossine, metalli pesanti e prodotti fitosanitari è stata effettuata anche sulle piante italiane essiccate a freddo.

Le suddette analisi sono state effettuate dal laboratorio Bioleader srl.

1.2.3.4 ANALISI DELLA QUANTITÀ E DELLA COMPOSIZIONE DEGLI OLI ESSENZIALI

Al fine di valutare un possibile impatto del tipo di essiccazione sulla quantità e sulla composizione degli oli essenziali, è stata effettuata un'idrodistillazione della durata di 2 ore:

- per ciascuna pianta fresca testata,
- per ciascuna modalità di essiccazione (a caldo e a freddo),
- per ciascuna modalità di debatterizzazione.

Figura 2: Impianto di idrodistillazione di tipo Clevenger, CRIEPPAM.

Allo stato fresco, l'intera pianta è stata distillata (steli e foglie), mentre allo stato secco solo le foglie sono state distillate (dopo la battitura).

Le piante e l'acqua sono state mescolate nel pallone. La quantità di acqua variava a seconda della quantità di piante da distillare (800 ml o 1 litro).

La quantità di olio essenziale estratto è stata determinata leggendo la buretta graduata dell'impianto di idrodistillazione. Il contenuto è stato poi espresso in ml di olio essenziale per 100 g di sostanza secca:

T = (V/Ms) x 100.

V : Volume di olio essenziale raccolto (ml)

Ms : Massa vegetale secca (g)

L'olio essenziale è stato raccolto in flaconi da 2,5 ml e conservato al buio in frigorifero (+4°C) prima di essere inviato al laboratorio di analisi.

Le analisi sono state effettuate dal laboratorio Pyrénessences Analyses (11) in gascromatografia in conformità alla norma NF ISO 11024.

1.2.3.5 ANALISI SENSORIALI

Analisi delle differenze e delle preferenze

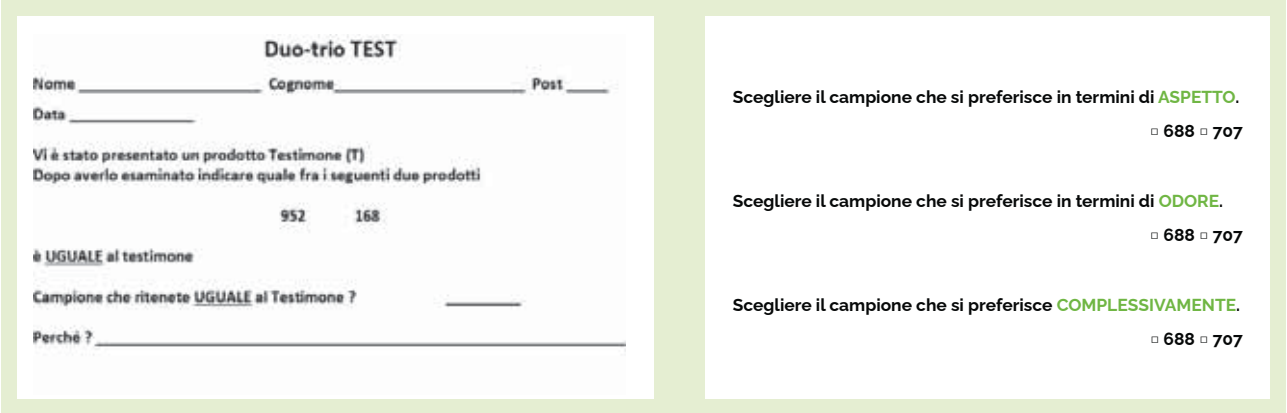
Gli obiettivi di questa analisi sono stati:

- determinare le eventuali differenze visive e olfattive tra le varie modalità di essiccazione e debatterizzazione testate,
- classificare i campioni in ordine di preferenza (nel caso in cui le differenze fossero effettivamente evidenti).

Per raggiungere questi obiettivi, sono stati effettuati due test:

- una prova di differenza, il test duo-trio;
- un test di preferenza: test edonico di classificazione (per colore, odore e preferenza generale)

La Figura 3 riporta un esempio di scheda del test duo-trio



Duo-trio TEST

Nome _____ Cognome_____ Post ____

Data _____

Vi è stato presentato un prodotto Testimone (T)
Dopo averlo esaminato indicare quale fra i seguenti due prodotti

952 168

è UGUALE al testimone

Campione che ritenete UGUALE al Testimone ? _____

Perché ? _____

Scegliere il campione che si preferisce in termini di ASPETTO.

▫ 688 ▫ 707

Scegliere il campione che si preferisce in termini di ODORE.

▫ 688 ▫ 707

Scegliere il campione che si preferisce COMPLESSIVAMENTE.

▫ 688 ▫ 707

Figura 3: Esempi di schede utilizzate per il test duo-trio.

Il test duo-trio è stato effettuato in conformità alla norma UNI 10399/2010 con α = 0,2 per l'Italia e 0,05 per la Francia; β = 0,05; pd = 50%.

Il rischio α riguarda la probabilità di concludere che sussista una differenza percettibile quando in realtà tale differenza non esiste (il cosiddetto "errore statistico di tipo I"); il rischio β riguarda la probabilità di concludere che non sussista una differenza percettibile quando in realtà tale differenza esiste (il cosiddetto "errore statistico di tipo II"). Il coefficiente pd rappresenta la percentuale di assaggiatori che hanno rilevato una differenza tra i due prodotti testati. È stato assegnato un valore basso a β per evitare l'errore di tipo II, che è più grave dell'errore di tipo I.

In Italia, la commissione era composta da assaggiatori esperti di età compresa tra i 22 e i 60 anni. Inoltre, agli assaggiatori è stato chiesto di indicare su quale parametro si basava la loro risposta o quale caratteristica dei prodotti assaggiati aveva suscitato la loro attenzione, con particolare attenzione ai possibili difetti del prodotto.

In Francia, l'analisi sensoriale è stata affidata da FranceAgrimer alla divisione agroalimentare dell'ISA di Lille. La commissione era composta da assaggiatori dai 18 ai 60 anni e oltre.

Le commissioni reclutate per l'analisi erano diverse nei due test effettuati:

- per il test del duo-trio, si trattava di una commissione di 33 assaggiatori esperti,
- per il test delle preferenze, i 20 esaminatori erano consumatori non esperti.

Analisi del colore

La valutazione colorimetrica è stata effettuata utilizzando uno spettrocolorimetro Minolta utilizzato fuori dalla modalità di riflessione con coordinate CIELab.

La coordinata L è bianca per i valori positivi o nera per i valori negativi, la coordinata a* corrisponde al rosso per i valori positivi o al verde per i valori negativi, mentre la coordinata b* risulta gialla per i valori positivi o blu per i valori negativi.

La differenza di colore tra i prodotti è espressa dall'indice Delta E, con un valore limite massimo di 2,5.

Analisi dei composti volatili

La componente gassosa è stata valutata utilizzando un naso elettronico. Il naso elettronico è uno strumento costituito da una serie di sensori elettrochimici parzialmente specifici e da un adeguato sistema di lettura che permette l'isolamento e l'identificazione di odori complessi (Gardner e Barlett, 1994).

Il test è stato effettuato utilizzando un naso elettronico PEN3 (Airsense Analytics, Milano, Italia), dotato di 10 sensori termostatici la cui risposta è espressa in conduttanza relativa (G/G0) in un determinato momento della misurazione (con G0 come valore di riferimento, cioè la conduttanza iniziale) (Figura 4).

Figura 4: Naso elettronico PEN 3.

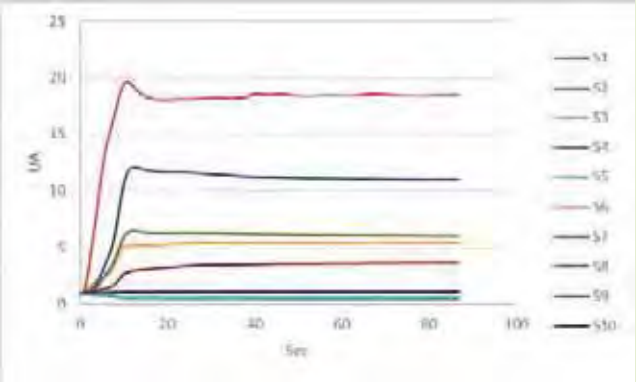
I 10 sensori sono più o meno sensibili a determinati gruppi di molecole, in particolare:

S1 Idrocarburi aromatici	**S6 Sensore ad ampio spettro + metano**
S2 Sensore ad ampio spettro	**S7 Composti organosolforici**
S3 Idrocarburi aromatici	**S8 Sensore ad ampio spettro + alcool**
S4 Composti idrogenati	**S9 Analiti contenenti zolfo e cloro**
S5 Idrocarburi aromatici e alifatici	**S10 Idrocarburi alifatici + metano**

Nel dettaglio, 2 g di prodotto sono stati posti in fiale richiudibili da 50 ml dotate di un setto perforabile in silicone e trattati termicamente a temperatura ambiente per 60 minuti fino alla saturazione dello spazio di testa con analiti gassosi.

Il segnale dei sensori è stato misurato per 90 secondi ad una velocità di aspirazione di 400 ml/minuto.

La Figura 5 mostra un esempio delle tracce registrate dai 10 sensori del naso elettronico per un dato campione.



UA: Unità arbitraria di segnale elettrico.

Figura 5: Esempio di profilo rilevato mediante il naso elettronico.

Per la fase statistica successiva, sono state prese in considerazione le aree sotto ciascuna delle curve e calcolate utilizzando la regola di Stevino o del trapezio.

Poiché l'utilizzo del naso elettronico PEN3 per le piante aromatiche non è mai stato citato nelle banche dati scientifiche consultate, il metodo di analisi è stato sviluppato e migliorato internamente.

PARTE 2:
L'ESSICCAZIONE DELLE PIANTE AROMATICHE E MEDICINALI

2.1 PROMEMORIA DEI PRINCIPI DI ESSICCAZIONE

Per "essiccazione" si intende l'estrazione di liquido da un solido mediante evaporazione. Lo scopo dell'essiccazione consiste nel ridurre la quantità di acqua contenuta nel solido in modo da inibire la crescita dei microrganismi e prevenire o ridurre al minimo l'attività enzimatica e la degradazione chimica, il che consente la conservazione del prodotto essiccato.

Infatti, quando il tenore di umidità è molto basso, i microrganismi non sono in grado di moltiplicarsi. Tuttavia, va notato che lo sviluppo dei microrganismi dipende più dalla disponibilità di acqua, cioè dal suo coefficiente di attività (Aw), che dalla quantità assoluta di acqua. Quando il valore del coefficiente Aw è inferiore a 0,75, la maggior parte dei microrganismi risulta inibita nello sviluppo. A 0,61, solo pochi lieviti osmofili sono in grado di sopravvivere.

Questa rimozione si effettua generalmente a temperature al di sotto del punto di ebollizione, sebbene siano disponibili tecniche per temperature superiori a questo punto.

Dal punto di vista fisico, l'essiccazione è un trasferimento convettivo, simultaneo e interdipendente di materiale e calore tra aria e prodotto, che è condizionato dai coefficienti di trasferimento termico a livello dell'interfaccia prodotto/aria. "Tale trasferimento convettivo provoca, e risulta a sua volta da, un trasferimento molecolare di calore (conduzione) e di materia (diffusione) all'interno del prodotto.

Durante l'essiccazione di un solido, si svolgono due processi:

- un trasferimento di calore al liquido destinato a evaporare,
- un trasferimento di massa sotto forma di liquido o di vapore all'interno del solido e sotto forma di vapore sulla superficie.

I fattori che determinano la velocità di questi due processi definiscono la velocità di essiccazione.

Nei sistemi di essiccazione tradizionali, il trasferimento di calore si ottiene per convezione, conduzione, irraggiamento o una combinazione dei tre. In ogni caso, il calore deve raggiungere la superficie del solido e poi essere trasferito al suo interno.

Il trasferimento di massa avviene sotto forma di liquido o di vapore all'interno del solido e sotto forma di vapore sulle superfici esposte. In linea di principio, lo spostamento di materia e all'interno della matrice solida è causato da un gradiente di concentrazione.

La velocità di essiccazione dipende quindi:

- dai coefficienti di trasferimento di calore e di massa,
- dalla superficie esposta all'essiccazione,
- dalla differenza di temperatura o di umidità tra il flusso d'aria e la superficie del prodotto da essiccare.

Peraltro, la velocità di essiccazione è direttamente proporzionale alla diffusività del materiale e al volume d'acqua rilasciato e inversamente proporzionale al quadrato dello spessore del prodotto.

La durata del processo è quindi proporzionale al quadrato dello spessore, da cui la necessità di limitare lo spessore del prodotto da essiccare.

Negli ultimi anni, i consumatori hanno espresso una forte richiesta di prodotti essiccati di alta qualità con caratteristiche nutrizionali, strutturali e sensoriali equivalenti a quelle dei prodotti freschi. Purtroppo, l'essiccazione ad alta temperatura modifica il prodotto in diversi modi: ossidazione, cambiamento di colore, indurimento o perdita di valore nutrizionale. Questi cambiamenti sono direttamente correlati alle condizioni di essiccazione e sono tanto più marcati quanto più alta è la temperatura di essiccazione.

L'essiccazione a bassa temperatura è stata recentemente introdotta per limitare tali cambiamenti; questa tecnica permette di rimuovere l'acqua a temperatura ambiente o inferiore. Il principio dell'essiccatore a freddo consiste nel disidratare l'aria mediante un impianto di refrigerazione, sfruttando così la differenza di temperatura tra la temperatura ambiente e quella del gas refrigerante.

Il sistema permette di spingere l'aria disidratata sotto la griglia di fondo o sotto il contenitore (tipo cassone). La disidratazione viene poi effettuata partendo dal basso con l'essiccazione dello strato inferiore del prodotto. L'acqua contenuta nella pianta evapora e inumidisce e rinfresca lo strato superiore del prodotto. La reazione a catena prodotta da questo fenomeno permette di abbassare la temperatura degli strati superiori fino a 15-18°C. Questo processo, che non viene utilizzato nell'essiccazione a caldo, permette di inumidire gli strati superiori del prodotto durante la fase di essiccazione, favorendo così l'apertura dei pori o degli stomi e, quindi, l'evacuazione dell'umidità.

Questo sistema di disidratazione presenta diversi vantaggi:

- possibilità di filtrare l'aria in circolazione,
- temperatura di essiccazione non eccessiva,
- aria disidratante con tasso di umidità molto ridotto,
- dispositivo molto compatto,
- nessun rilascio di aria umida, quindi una migliore conservazione degli aromi e dei profumi del prodotto,
- possibilità di utilizzare l'acqua di estrazione per scopi alimentari, cosmetici o di profumeria.

2.2 PROVE DI ESSICCAZIONE

2.2.1 PRESENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE DI ESSICCAZIONE UTILIZZATE

2.2.1.1 ESSICCAZIONE MEDIANTE VENTILAZIONE DI ARIA CALDA NOTA COME "ESSICCAZIONE TRADIZIONALE".

L'essiccatore utilizzato in Francia per le prove è un dispositivo sperimentale autoprodotto da Crieppam, con una capacità di 10 kg di piante fresche.

Il dispositivo è costituito da un cilindro metallico, la cui estremità inferiore comprende una griglia, sulla quale viene posto lo strato di piante da essiccare. Il dispositivo comprende 2 essiccatori indipendenti (Figura 6), che consentono di effettuare confronti di modalità.

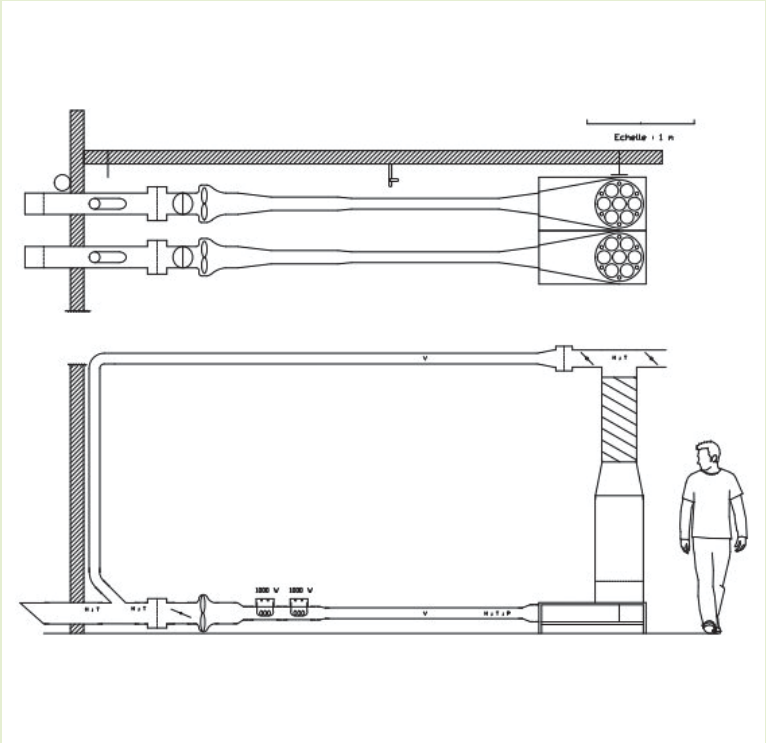


Figura 6: Apparecchio di essiccazione sperimentale per la modalità di essiccazione "tradizionale", CRIEPPAM.

In Italia, per le prove è stato utilizzato un essiccatore a ventilazione forzata (Figura 7).

Figura 7: Essiccatore a ventilazione forzata utilizzato in Italia, DISAFA.

2.2.1.2 ESSICCAZIONE MEDIANTE DEUMIDIFICAZIONE: "ESSICCAZIONE A FREDDO"

Il sistema di essiccazione utilizzato per la modalità di essiccazione "a freddo" consiste in un deumidificatore a condensazione.

Questa tecnologia è stata selezionata dal Comitato direttivo del progetto Essica a seguito di uno studio bibliografico effettuato dal CTCPA.

Si tratta a priori del dispositivo più idoneo per affrontare le principali sfide dello studio: la conservazione delle qualità organolettiche del prodotto e la riduzione del consumo energetico.

L'essiccatore utilizzato è un deumidificatore con tecnologia Cold Drying di Northwest Technologies:

- modello NWT 35 per le prove effettuate in Francia (Figura 8);
- modello NWT-100 per le prove effettuate in Italia (Figura 9).

Figura 8: Deumidificatore a marchio Northwest Technologies NWT 35, CRIEPPAM.

Figura 9: Deumidificatore a marchio Northwest Technologies NWT100, Le Terre dei Savoia.

2.2.2 BATTITURA DELLE PIANTE DOPO ESSICCAZIONE

Al termine del processo di essiccazione, le piante testate in Francia sono state sottoposte a battitura per separare gli steli dalle foglie. La macchina utilizzata era una trebbiatrice a postazione fissa del marchio italiano CICORIA (Figura 10). Da parte italiana, le piante sono state frantumate direttamente intere, senza trebbiatura.

Figura 10: La trebbiatrice a postazione fissa utilizzata (PLOT 2375), CRIEPPAM.

2.2.3 DISEGNO SPERIMENTALE DELLE PROVE DI ESSICCAZIONE

Sono stati testati due metodi di essiccazione: "essiccazione tradizionale" e "essiccazione a freddo".

Il parametro principale che distingue queste due modalità è la temperatura. Di conseguenza, il tempo di essiccazione è stato variabile.

In Francia, nel 2018 sono state effettuate 3 prove preliminari per impostare i parametri sperimentali e una prova finale nel 2019 per ottenere i risultati conclusivi.

Le condizioni di temperatura selezionate sono state le seguenti:

- 40°C per l'essiccazione tradizionale,
- 20°C per l'essiccazione a freddo,
- sono state effettuate 2 ripetizioni per ciascuna pianta.

In Italia le prove di essiccazione sono state effettuate su due raccolti (2018 e 2019) seguendo lo stesso protocollo adottato in Francia.

In entrambe le regioni di produzione, le piante sono state essiccate immediatamente dopo il raccolto per eliminare gli effetti dello stoccaggio e sono state conservate sotto vuoto, al buio, a bassa temperatura (tranne che al momento delle prove).

Quando si è trattato di evidenziare gli effetti legati all'anno del raccolto o alla zona di coltivazione, entrambi i gruppi di lavoro hanno utilizzato gli stessi essiccatori a bassa temperatura.

Secondo l'AFNOR, che definisce gli standard per le piante destinate all'uso aromatico, l'umidità massima delle piante al termine dell'essiccazione deve essere del 12% (ITEIPMAI, 1995). Tale valore è stato quindi mantenuto come obiettivo di essiccazione.

Promemoria delle piante testate:

	FRANCIA	ITALIA
Malva		X
Menta		X
Melissa	X	X
Santoreggia	X	X
Origano	X	
Timo		

2.3 RISULTATI DELLE PROVE DI ESSICCAZIONE

2.3.1 IMPATTO DEI METODI DI ESSICCAZIONE SULLA STRUTTURA INTERNA DELLE PIANTE

Al fine di evidenziare l'impatto dei processi di essiccazione sulla struttura interna delle piante, l'associazione Le Terre dei Savoia ha affidato al Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) - Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante (IPSP) uno studio ad hoc, i cui risultati sono presentati di seguito.

2.3.1.1 PROTOCOLLO DI STUDIO

Dopo una fase di test preliminari, lo studio condotto da IPSP ha incluso i seguenti campioni:

N. CAMPIONE	DENOMINAZIONE DEL CAMPIONE
1	Malva fresca A
2	Malva essiccazione tradizionale B
3	Malva essiccazione a freddo C
4	Melissa fresca A
5	Melissa essiccazione tradizionale B
6	Melissa essiccazione a freddo C
7	Malva fresca A
8	Malva essiccazione tradizionale B
9	Malva essiccazione a freddo C
10	Santoreggia fresca A
11	Santoreggia essiccazione tradizionale B
12	Santoreggia essiccazione a freddo C

Tutti i campioni (1/2/3/4/5/5/6/7/8/9/10/11/12) sono stati rivestiti di resina secondo il seguente protocollo standard: fissazione con glutaraldeide 2,5% diluito in tampone fosfato 10 mM pH 7,2 - post-fissazione con tetraossido di osmio 1% diluito in tampone fosfato 10 mM pH 7,2 - disidratazione (bagni di etanolo a concentrazione crescente (30, 50, 70, 70, 90, 100%), acetone 100%) - infiltrazione progressiva di resina Epon/Araldite - polimerizzazione a caldo (forno a oltre 60°). Per ogni esemplare sono state effettuate 10 repliche (una replica corrisponde ad un frammento di foglia), per un totale di 120 pezzi.

I pezzi sono stati poi tagliati con l'ultramicrotomo e montati in sezioni semifini dello spessore di 1 µm e colorati con blu di toluidina per l'osservazione al microscopio ottico e la fotografia digitale (Figure 11, 12, 13, 14).

Dalle repliche di ogni pianta è stato selezionato almeno un campione destinato ad essere tagliato in sezioni ultrasottili da 0,05 µm e contrastato con l'acetato di uranile e il citrato di piombo (contrasto standard). In seguito i campioni sono stati osservati al microscopio elettronico Philips CM10 (Figure 15, 16, 17, 18, 19).

2.3.1.2 OSSERVAZIONI SULLA STRUTTURA INTERNA DELLE PIANTE

○ Osservazione delle sezioni semifini

L'osservazione delle sezioni semifini ha permesso di constatare che le tecniche di essiccazione hanno avuto un impatto sui campioni esaminati.

Mentre le foglie fresche (usate come riferimento) presentano tutte una caratteristica struttura a epidermide superiore/inferiore e mesofilla con, naturalmente, lievi variazioni tra le specie, le foglie essiccate mostrano cambiamenti nei contorni delle cellule e nella disposizione dei cloroplasti a livello periferico.

Per quanto riguarda la malva, le osservazioni mostrano che i due metodi di essiccazione hanno un impatto diverso. Infatti, parrebbe che il metodo di essiccazione tradizionale (B) abbia un impatto minore sulla struttura delle cellule della foglia rispetto all'essiccazione a freddo (C).

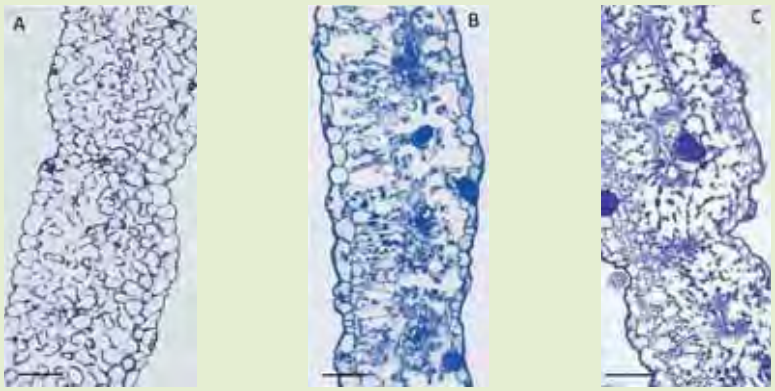


Figura 11: Sezioni semifini di malva osservate al microscopio ottico (A: pianta fresca, B: pianta essiccata mediante aria calda, C: pianta essiccata mediante aria fredda).

Nella melissa si osserva un effetto sulle cellule epidermiche, le cui pareti cellulari diventano ondulate, soprattutto nei campioni essiccati in modo tradizionale (B). Per contro, internamente, le cellule gravemente danneggiate dall'essiccazione non hanno rivelato alcuna differenza tra i due metodi.

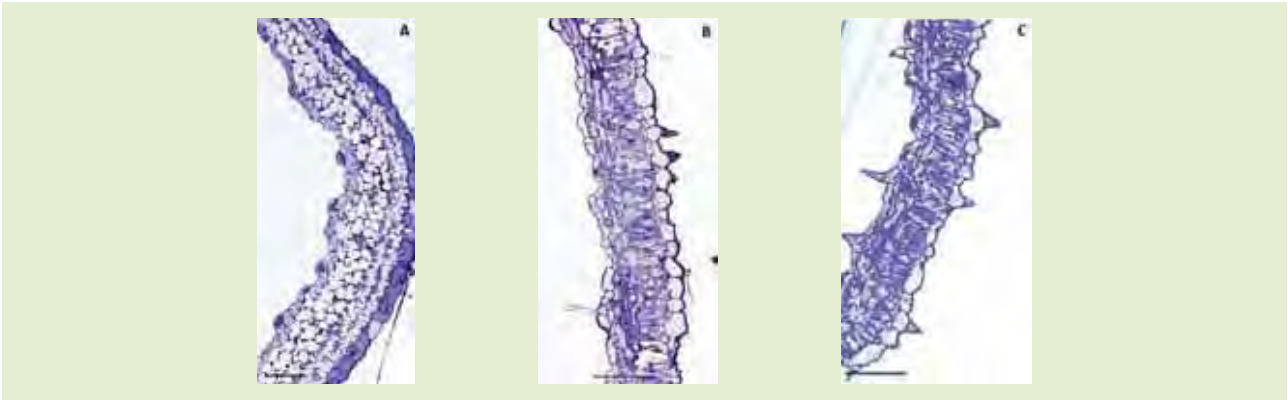


Figura 12: Sezioni semifini di melissa osservate al microscopio ottico (A: pianta fresca, B: pianta essiccata mediante aria calda, C: pianta essiccata mediante aria fredda).

Nel caso della menta, non è stata riscontrata alcuna differenza tra i due campioni di menta essiccata, almeno non derivante dall'osservazione delle sezioni semifini.

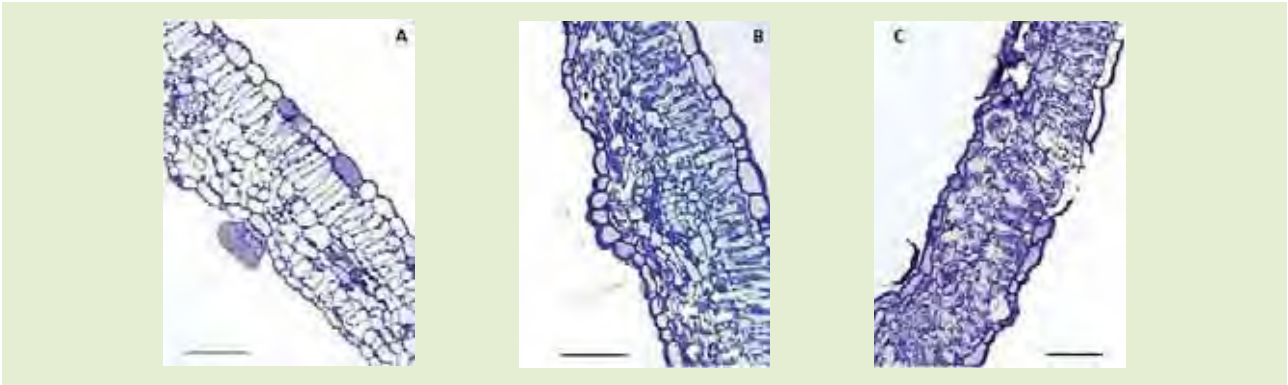


Figura 13: Sezioni semifini di menta osservate al microscopio ottico (A: pianta fresca, B: pianta essiccata mediante aria calda, C: pianta essiccata mediante aria fredda).

Per quanto concerne la santoreggia (Satureja hortensis L.), la sua foglia risulta essere quella maggiormente danneggiata dall'essiccazione, indipendentemente dal metodo utilizzato - probabilmente a causa delle ridotte dimensioni.

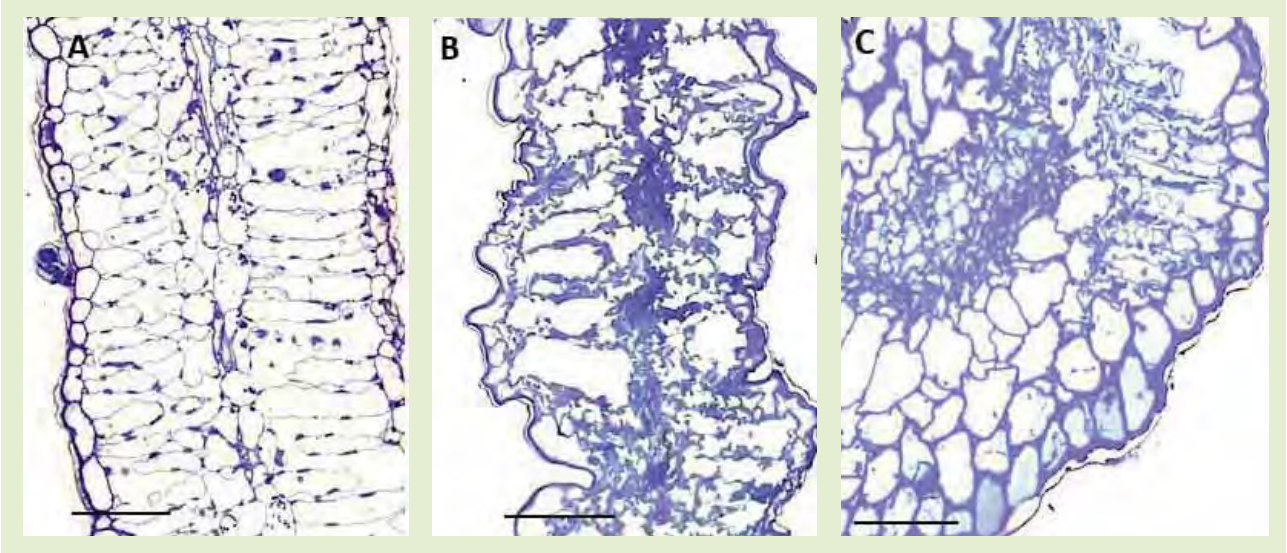


Figura 14: Sezioni semifini di santoreggia osservate al microscopio ottico (A: pianta fresca, B: pianta essiccata mediante aria calda, C: pianta essiccata mediante aria fredda).

Osservazione delle sezioni fini

Poiché in questa fase non sono state osservate differenze tra le sezioni semifini dei campioni di una stessa specie in relazione al trattamento, si è proceduto con il taglio e l'osservazione al microscopio elettronico.

Per la malva, i risultati hanno rilevato (Figura 15) che il processo di essiccazione, indipendentemente dal metodo utilizzato, modifica la posizione caratteristica dei cloroplasti (chl) attorno alla parete cellulare, contrariamente a quanto osservato in A, C.

In entrambi i gruppi di campioni essiccati (essiccati in modo tradizionale: D, E, F ed essiccati a freddo: G, H, I), si osserva distintamente una concentrazione di cloroplasti nella zona centrale della cellula e una dispersione dei plastoglobuli (p) dovuta alla disgregazione dei protoplasti; quest'ultima è particolarmente visibile nei campioni essiccati in modo tradizionale.

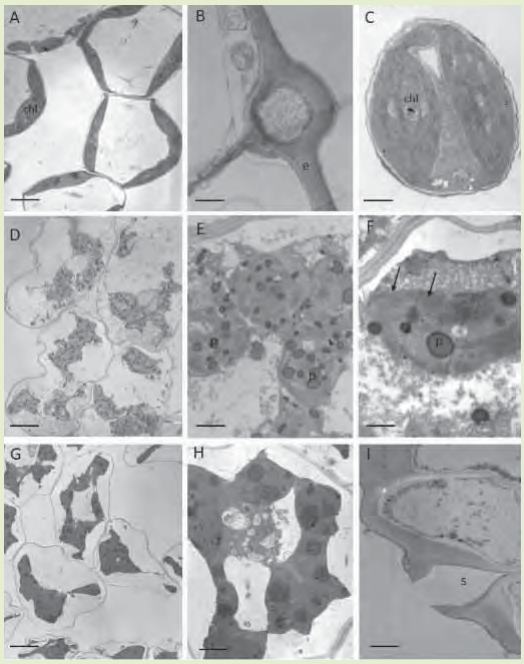


Figura 15: Sezioni fini di malva osservate al microscopio elettronico.

Si osserva così un'altra caratteristica dei cloroplasti, che sembrano fondersi a formare una massa all'interno della cellula, indipendentemente dal metodo di essiccazione utilizzato.

Nel campione essiccato in modo tradizionale, i cloroplasti presentano un elevato numero di plastoglobuli (p) e paiono gravemente danneggiati, ma le membrane tilacoidi sono chiaramente visibili (frecce). Nel campione essiccato a freddo, i cloroplasti e i plastoglobuli hanno un aspetto diverso, il che suggerisce che non si tratta di senescenza cellulare.

I campioni di malva essiccata in modo tradizionale e di malva essiccata a freddo rivelano la presenza di un fungo patogeno del genere Puccinia (Figura 16 A, B). Le teliospore di questo fungo (che sono visibili anche allo stereoscopio come pustole sulla superficie delle foglie secche) si trovano nelle sezioni semifini e fini (Figura 16 C, D, E). Le ife fungine (F) sono particolarmente visibili al microscopio elettronico tra le cellule della pianta. Poiché questo fungo è spesso associato alla malva, è probabile che la sua presenza preceda l'essiccazione.

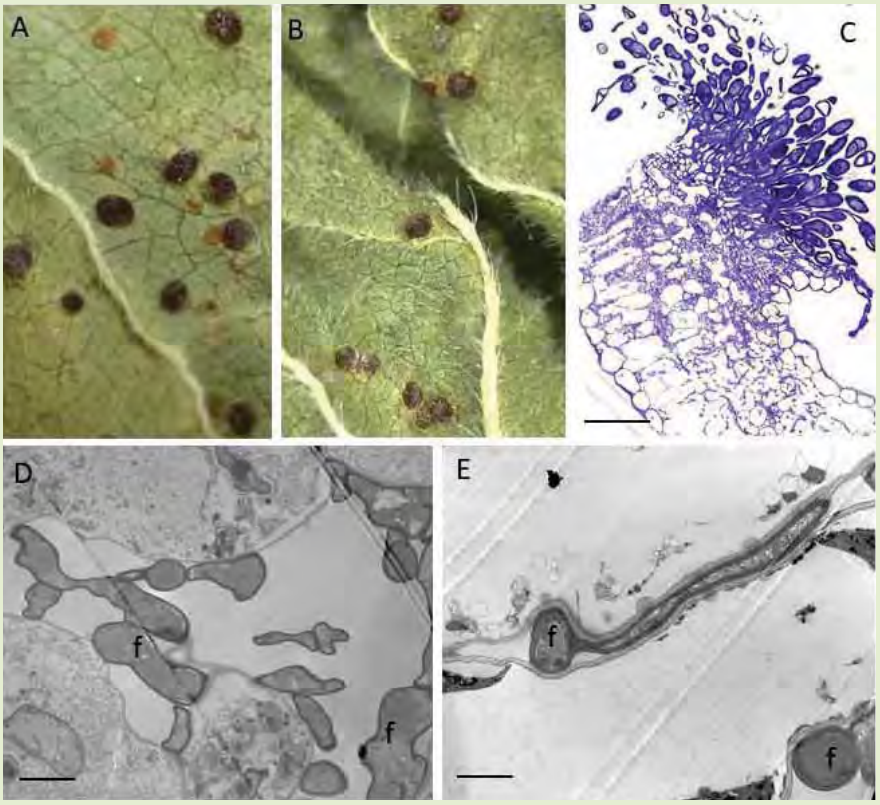


Figura 16: Sezioni fini di malva osservate al microscopio elettronico e contaminazione fungina.

Per quanto riguarda la melissa, le cellule delle foglie fresche sembrano essere ben conservate, con la presenza di numerosi cloroplasti (chl), nuclei (n) e vacuoli (v) (Figura 17 A, B). La fotografia C mostra uno stoma e due cellule di guardia in cui si osservano gli organuli in buone condizioni. Dopo l'essiccazione, i cloroplasti appaiono gravemente danneggiati e le cellule di guardia degli stomi (immagine E) non presentano tutti gli organuli visibili nelle foglie fresche (immagine C). Si osservano inoltre numerose piccole vescicole che probabilmente hanno origine dal plasmalemma o tonoplasto (membrana vacuolare) in seguito all'essiccazione (asterisco). Queste vescicole sono particolarmente numerose nei campioni essiccati a freddo (F), il che suggerisce che i due metodi di essiccazione hanno un impatto diverso.

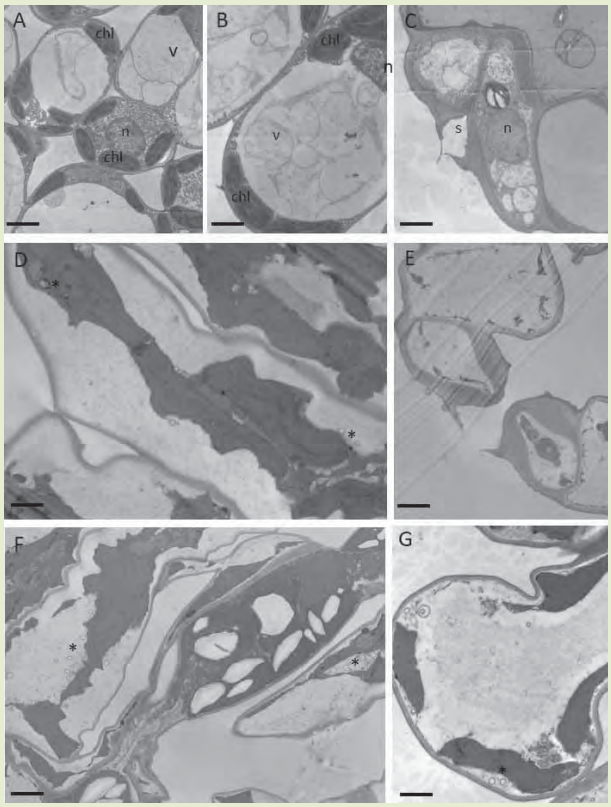


Figura 17: Sezioni fini di melissa osservate al microscopio elettronico.

Nella menta, le foglie prelevate direttamente dalla pianta (Figura 18 A, B) sembrano essere ben conservate, con la presenza di numerosi organuli (n, nucleo; chl, cloroplasti). Si osservano inoltre delle masse che sono diventate nere in seguito al trattamento con l'osmio e che probabilmente sono di natura oleosa (frecce). Dopo l'essiccazione, queste masse nere non sono più visibili, ma si osservano altre masse più voluminose e più chiare (doppio asterisco C, D, E, F) che potrebbero corrispondere ad un accumulo di oli essenziali. I cloroplasti (chl) cambiano forma e posizione delle cellule dopo l'essiccazione. In seguito ad essiccazione a freddo, il nucleo (n) mantiene la struttura con zone più o meno dense di cromatina e si distinguono i mitocondri (m) e i sistemi vescicolari all'interno di un tricoma (t) in sezione trasversale (foto G).

Le pareti diventano ondulate dopo l'essiccazione, come si può osservare nelle fotografie C, D, E e F della Figura 18.

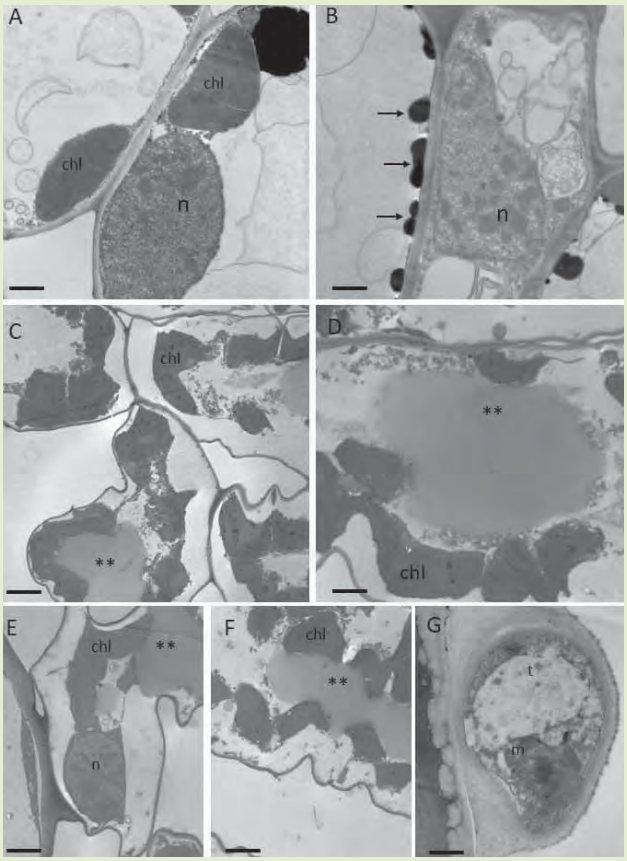


Figura 18: Sezioni fini di menta osservate al microscopio elettronico.

Nel caso della santoreggia (Figura 19), come osservato dalle sezioni semifini, sembrerebbe che le tecniche di essiccazione abbiano un forte impatto sulle foglie della pianta, probabilmente a causa delle piccole dimensioni. Al microscopio elettronico, le cellule della foglia fresca (A) mostrano cloroplasti in cui si possono distinguere i tilacoidi (t) e i grani. Dopo l'essiccazione, la matrice dei cloroplasti si ispessisce; i cloroplasti diventano più scuri e più omogenei al microscopio elettronico (C, D, E, F).

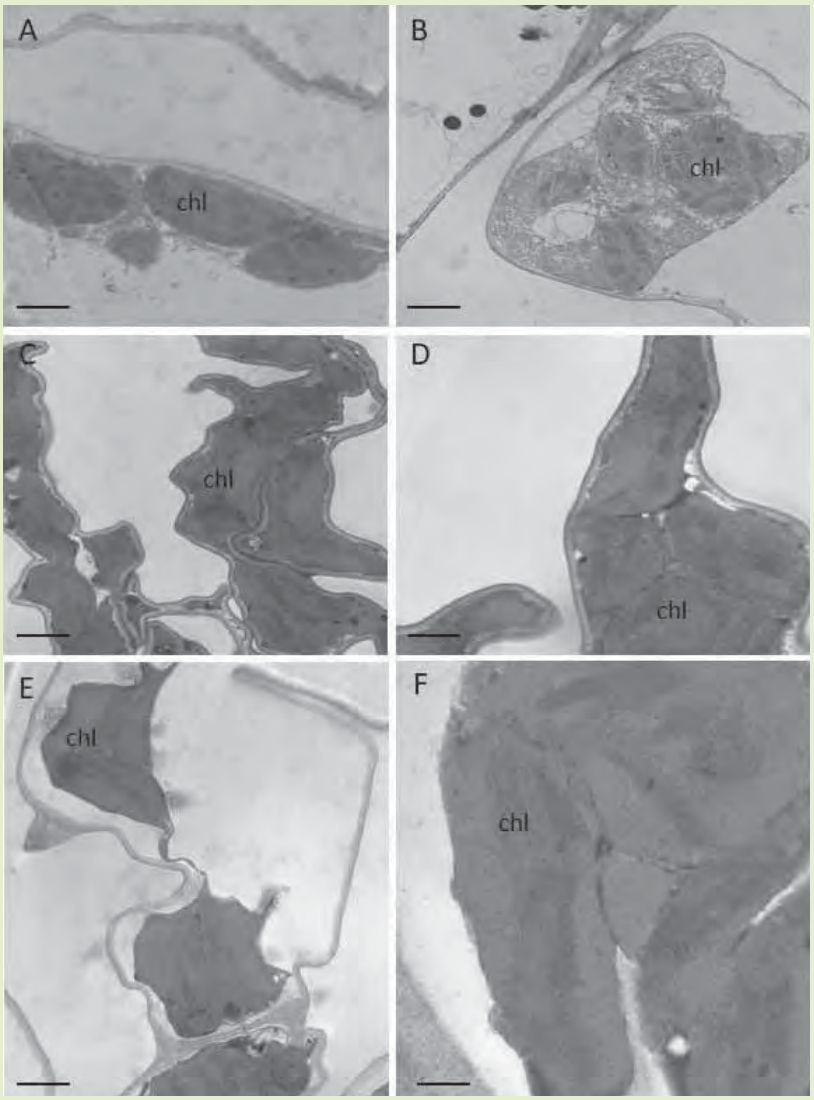
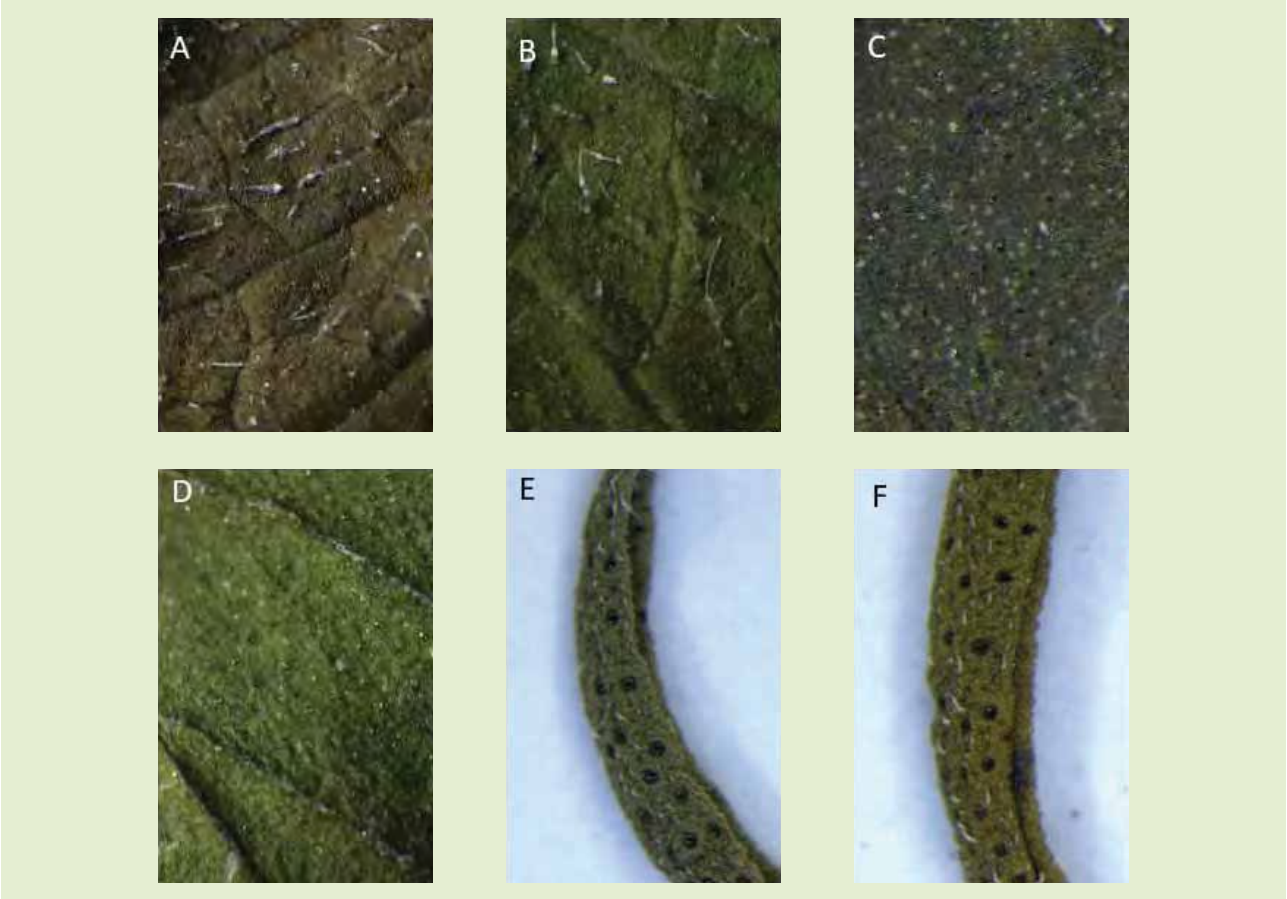


Figura 19: Sezioni fini di santoreggia osservate al microscopio elettronico.

Allo stereomicroscopio, le foglie non hanno lo stesso colore a seconda della tecnica di essiccazione utilizzata (Figura 20). Per esempio, le foglie essiccate a freddo sono più verdi delle foglie essiccate in modo convenzionale.



(A: campione di melissa da essiccazione tradizionale, B: campione di melissa da essiccazione a freddo, C: campione di menta da essiccazione tradizionale, D: campione di menta da essiccazione a freddo, E: campione di santoreggia da essiccazione tradizionale, F: campione di santoreggia ds essiccazione a freddo).

Figura 20: Osservazioni al microscopio stereoscopico di singoli campioni secondo il metodo di essiccazione.

2.3.1.3 CONCLUSIONE

In conclusione, le osservazioni effettuate mediante il microscopio ottico e il microscopio elettronico mostrano che entrambi i metodi di essiccazione hanno un impatto sulle foglie. L'impatto è particolarmente evidente sui cloroplasti, indipendentemente dalla pianta.

Sebbene siano state riscontrate alcune differenze a seconda delle tecniche di essiccazione, è possibile che queste siano legate alle piante. È quindi difficile, sulla base di queste osservazioni, determinare quale sia il processo di essiccazione da prediligere.

Le osservazioni fanno supporre una migliore conservazione dopo l'essiccazione a freddo, in quanto alcune delle piante studiate non hanno presentato segni di senescenza cellulare (disgregazione di cloroplasti, dispersione di plastoglobuli).

Tuttavia, al fine di poter concludere che si verifica una migliore conservazione dei principi attivi (tra le altre cose), questi risultati dovrebbero essere confrontati con altre analisi (ad esempio biochimiche).

2.3.2 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI ESSICCAZIONE SULLA CARICA ENTOMOLOGICA

Le piante essiccate a freddo hanno mostrato un grado di infestazione più elevato rispetto alle piante essiccate a caldo, e spesso vicino al grado di infestazione delle piante fresche.

L'analisi entomologica ha permesso di identificare gli emitteri come l'ordine più rappresentato tra i campioni studiati.

La tabella 8 elenca gli insetti identificati attraverso l'analisi delle sei specie vegetali allo stato fresco, essiccato a caldo e essiccato a freddo.

	Campione fresco		Essiccazione a caldo		Essiccazione a freddo	
Malva sylvestris	A	*Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae)	A	*Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)	A	Tortricidae (Lepidoptera)
Melissa officinalis francese			P	Hymenoptera	A	*Empoasca* spp. (Hemiptera: Cicadellidae)
			A	Gastropoda	A	Coccoidea (Hemiptera)
					A	Braconidae (Hymenoptera)
Melissa officinalis	A	Lygaeidae (Hemiptera)	E	Lygaeidae (Hemiptera)	A	Lygaeidae (Hemiptera)
	E	Hemiptera	A	Coleoptera	E	Hemiptera
					O	Lepidoptera

	Campione fresco		Essiccazione a caldo		Essiccazione a freddo	
Menta spicata	A	Typhlocybinae (Hemiptera)	N-E	Psocoptera	P	Syrphidae (Diptera)
	A	Coccoidea (Hemiptera)			A	Psocoptera
	A-L	Syrphidae (Diptera)				
	O	Lepidoptera				
Origanum vulgare	L	Lepidoptera	L	Braconidae (Hymenoptera)	O-E-N	Pentatomidae (Hemiptera)
Satureja hortensis	A	*Lygus* spp. (Hemiptera: Myridae)	O	Hemiptera	A	Pyrrhocoridae (Hemiptera)
	A	Lygaeidae (Hemiptera)	A	Lygaeidae (Hemiptera)	O	Hemiptera
	L	*Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Nottuidae)			O-E	Hemiptera
	A	*Polystes* spp. (Hymenoptera: Vespidae)			L	Lepidoptera
Thymus vulgaris	N	Reduvididae (Hemiptera)	O-N	Pyrrhocoridae (Hemiptera)	A	Hemiptera
			A	Curculionidae (Coleoptera)	A	Coleoptera
					A	Calcidoidea (Hymenoptera)

(A= adulto, E= esuvia, L= larva, N= neanide, O= ovatura; P= pupa).

Tabella 8: Insetti identificati attraverso l'analisi di campioni freschi, essiccati a caldo ed essiccati a freddo delle 6 specie di piante aromatiche.

2.3.3 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI ESSICCAZIONE SUL CARICO MICROBIOLOGICO

Sebbene l'essiccazione non sia un metodo di debatterizzazione, è stato effettuato un monitoraggio della carica microbiologica:

- in Italia su melissa, malva, santoreggia (Satureja hortensis L.) e menta,
- in Francia su timo, origano, santoreggia (Satureja montana L.) e melissa

I valori sono espressi in log CFU/grammo.

È stato analizzato un campione per ogni test, che corrisponde alle 2 colonne per modalità di essiccazione nelle tabelle seguenti.

Le caselle colorate in rosso corrispondono ai valori superiori al valore stabilito dalla normativa europea (colonna "riferimento").

Per tutti i campioni è stata effettuata anche una ricerca di Salmonella spp. e Listeria monocytogenes, ma questi due agenti patogeni sono risultati assenti in tutti i campioni analizzati.

Una prima osservazione, comune a tutte le piante, è che la carica microbica dei campioni freschi è inferiore a quella dei campioni secchi.

L'essiccazione ha pertanto un impatto negativo poiché favorisce l'attività microbica, indipendentemente dal metodo di essiccazione prescelto. Inoltre, tutti i campioni testati, ad eccezione di quelli di origano, sono considerati "non conformi": la carica microbica riscontrata è superiore ai criteri di riferimento stabiliti per ogni ceppo microbico dalle normative europee.

Le analisi effettuate in Italia presentano risultati talvolta divergenti. Ad esempio, nelle piante essiccate a freddo, si è registrata una riduzione puntuale della carica microbica dell'ordine di una o due unità logaritmiche rispetto al campione fresco.

2.3.3.1 TIMO

Per quanto riguarda il timo, i campioni freschi non sono stati analizzati. In questa pianta si è riscontrata una tendenza legata all'effetto del tipo di essiccazione. Pare che i valori siano più bassi per la modalità di essiccazione a freddo, ma è difficile avanzare tali ipotesi dato il numero ridotto di campioni testati (Tabella 9).

PARAMETRO ANALITICO (LOG UFC/G)	RIFERIMENTO	PIANTA FRESCA	ESSICCAZIONE TRADIZIONALE		ESSICCAZIONE A FREDDO	
TIMO						
Microrganismi 30°C	5,7	/	7,00	6,60	6,62	6,15
Enterobatteriacee	1	/	3,68	4,04	3,91	3,63
Bacillus cereus	3	/	3,00	2,70	2,78	2,78
Lieviti e muffe	3	/	4,58	4,93	4,82	4,99
Escherichia coli	1	/	<1	<1	<1	<1
Clostridium perfringens	2,2	/	<1	1,6	<1	1,6

Tabella 9: Risultati delle analisi microbiologiche sul timo (logCFU/g).

2.3.3.2 ORIGANO

Nel caso dell'origano, a differenza di altre piante, la carica microbica è inferiore perché ogni campione è risultato conforme a tutti i parametri analitici analizzati, ad eccezione di un campione, a causa di lieviti e muffe in eccesso (Tabella 10).

PARAMETRO ANALITICO (LOG UFC/G)	RIFERIMENTO	PIANTA FRESCA	ESSICCAZIONE TRADIZIONALE		ESSICCAZIONE A FREDDO	
ORIGANO						
Microrganismi 30°C	5,7	3,70	4,60	4,60	4,85	4,60
Enterobatteriacee	1	< 1	<1	<1	<1	<1
Bacillus cereus	3	2,60	2,70	2,60	2,60	2,60
Lieviti e muffe	3	2,60	2,60	2,60	3,59	2,70
Escherichia coli	1	/	<1	<1	<1	<1
Clostridium perfringens	2,2	/	1,6	<1	<1	<1

Tabella 10: Risultati delle analisi microbiologiche sull'origano (logUFC/g).

2.3.3.3 SANTOREGGIA

Nella santoreggia francese (Satureja montana L.), si riscontra un'elevata contaminazione di enterobatteriacee, lieviti e muffe in tutti i campioni. Non è possibile indicare alcun effetto dell'essiccazione o del tipo di essiccazione rispetto a questi risultati (Tabella 11).

PARAMETRO ANALITICO (LOG UFC/G)	RIFERIMENTO	PIANTA FRESCA	ESSICCAZIONE TRADIZIONALE		ESSICCAZIONE A FREDDO	
SANTOREGGIA						
Microrganismi 30°C	5,7	6,18	7,01	6,89	6,71	6,62
Enterobatteriacee	1	4,28	4,15	4,14	4,00	4,03
Bacillus cereus	3	1,60	< 2	2,60	< 2	< 2
Lieviti e muffe	3	4,73	5,15	5,04	5,15	5,06
Escherichia coli	1	/	<1	<1	<1	<1
Clostridium perfringens	2,2	/	<1	1,9	<1	1,7

Tabella 11: Risultati delle analisi microbiologiche sulla santoreggia (log UFC/g).

In Italia, anche i campioni di santoreggia essiccati a caldo hanno mostrato, per quanto concerne i lieviti xerofili, aumenti di un'unità logaritmica rispetto ai campioni freschi.

Il campione di santoreggia essiccato a freddo, invece, ha evidenziato una carica microbica inferiore di due unità logaritmiche rispetto al campione fresco e di un'unità logaritmica rispetto al metodo di essiccazione tradizionale.

2.3.3.4 MELISSA

Nel caso della Francia, è stata rilevata una contaminazione da Bacillus cereus dopo l'essiccazione, che non è stata osservata sulle altre piante studiate (Tabella 12).

PARAMETRO ANALITICO (LOG UFC/G)	RIFERIMENTO	PIANTA FRESCA	ESSICCAZIONE TRADIZIONALE	ESSICCAZIONE A FREDDO
MELISSA				
Microrganismi 30°C	5,7	6,54	6,86	6,70
Enterobatteriacee	1	3,48	4,11	4,15
Bacillus cereus	3	2,95	3,60	3,70
Lieviti e muffe	3	3,26	4,81	4,85
Escherichia coli	1	/	<1	<1
Clostridium perfringens	2,2	/	2,1	<1

Tabella 12: Risultati delle analisi microbiologiche sulla melissa (log UFC/g).

In Italia, i campioni di melissa essiccata a caldo hanno mostrato, per i lieviti xerofili, un aumento rispettivo di due unità logaritmiche rispetto ai campioni freschi.

Nella modalità di essiccazione a freddo, si è registrato un aumento delle enterobatteriacee pari a un'unità logaritmica rispetto al campione essiccato in modo tradizionale o rispetto al campione fresco, mentre i lieviti xerofili sono aumentati di due unità rispetto al campione fresco.

2.3.3.5 MENTA

I risultati osservati in Italia sono contraddittori.

Si è registrata una significativa diminuzione della carica microbica per tutti i gruppi analizzati su campioni di menta essiccata a 40°C rispetto ai campioni freschi.

Al contrario, nella modalità di essiccazione a freddo, è stato osservato un significativo aumento della carica microbica di B. cereus e una diminuzione delle enterobatteriacee e dei lieviti xerofili rispetto ai campioni freschi (Tabella 13).

PIANTA	PARAMETRO ANALITICO	PIANTA FRESCA	ESSICCAZIONE TRADIZIONALE	ESSICCAZIONE A FREDDO	SIGNIFICATIVITÀ
	Microrganismi mesofili aerobi	7,4 ^{b} ± 1,2	5,8 ^{a} ± 0,5	6,8 ^{b} ± 0,6	***
	Enterobatteriacee	6,3 ^{b} ± 1,3	4,8 ^{a} ± 0,7	4,9 ^{a} ± 0,7	***
	Muffe xerofile	5,9 ^{b} ± 0,4	5,1 ^{a} ± 0,5	5,8 ^{b} ± 0,1	***
	Lieviti xerofili	6,3 ^{b} ± 0,6	5,3 ^{a} ± 0,5	5,5 ^{a} ± 0,2	***
	B. cereus	1,8 ^{a} ± 0,9	1,7 ^{a} ± 0,6	2,4 ^{b} ± 0,2	*

Media ± deviazioni standard: dati ottenuti sulla base di 3 repliche e 2 tecniche.
$p < 0,001$ *; $p < 0,01$ **; $p < 0,05$ *; $p > 0,05$ ns**

Tabella 13: Risultati delle analisi microbiologiche sulla menta (logUFC/g).

2.3.4 IMPATTO DEI METODI DI ESSICCAZIONE SULLA QUANTITÀ E SULLA COMPOSIZIONE DEGLI OLI ESSENZIALI

Il test statistico di Kruskal Wallis è stato utilizzato per determinare se ci fossero differenze statistiche nel contenuto e nella composizione dell'olio essenziale (OE), in funzione del fattore "modalità di essiccazione". Le eventuali differenze sono state identificate da un test di confronto multiplo a coppie di Dunn (i gruppi statistici omogenei sono indicati con lettere sui grafici).

2.3.4.1 TIMO

La Figura 21 mostra il contenuto medio di olio essenziale di timo ottenuto nel 2018 (prova finale) e nel 2019 (media delle 2 prove effettuate). I valori sono espressi in ml di olio essenziale per 100 g di materia secca.

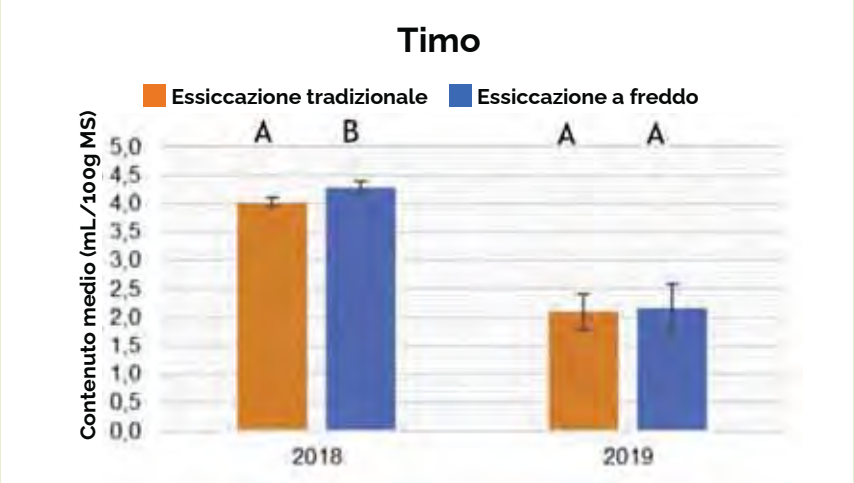


Figura 21: Contenuto medio (ml/100 g SS) di oli essenziali di timo nel 2018 e nel 2019.

I contenuti medi ottenuti nel 2018, superiori a quelli ottenuti nel 2019, sono significativamente diversi (α =5%) tra le 2 modalità di essiccazione, contrariamente a quelli del 2019. I seguenti istogrammi (Figura 22) rappresentano la proporzione dei 5 principali costituenti degli oli essenziali di timo analizzati, secondo l'ordine di comparsa nell'analisi cromatografica, a seconda della modalità di essiccazione della pianta.

Secondo i campioni analizzati, l'olio essenziale di timo è composto da un numero di costituenti chimici compreso tra 106 e 144. Le analisi cromatografiche hanno evidenziato la presenza di 5 costituenti maggioritari, che rappresentano, nella media delle 3 modalità, l'82,46 % della composizione dell'olio. Il test statistico si è concentrato su questi 5 costituenti: non si può concludere con un rischio α =5% che ci sia una differenza significativa nella proporzione tra i 5 principali composti di OE di timo in base al tipo di essiccazione.

Sarebbe quindi possibile ritenere che il tipo di essiccazione non influisca in modo significativo sulla composizione dell'OE di timo, ma è preferibile non trarre una conclusione così radicale in considerazione del numero ridotto di campioni testati.

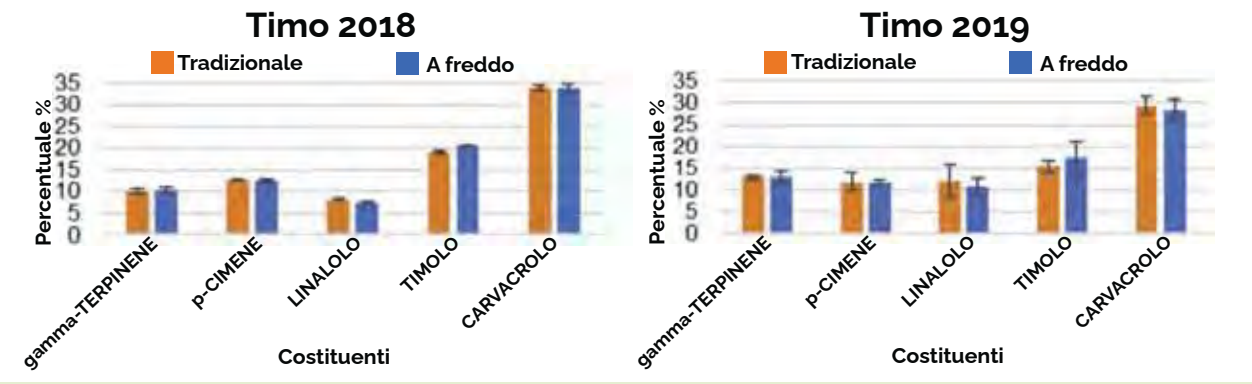


Figura 22: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti dell'olio essenziale di timo secondo la modalità del campione, nel 2018 (a sinistra) e nel 2019 (a destra).

2.3.4.2 ORIGANO

La figura 23 mostra il contenuto medio di olio essenziale di origano ottenuto nel 2018 (prova finale) e nel 2019 (media delle 2 prove eseguite). I valori sono espressi in ml di olio essenziale per 100 g di sostanza secca.

Il metodo di essiccazione non comporta un impatto significativo sul contenuto medio di olio essenziale di origano nel 2018 e nel 2019.

Figura 23: Contenuto medio (ml/100 g SS) di oli essenziali di origano nel 2018 e nel 2019.

Per quanto riguarda la composizione, gli oli essenziali di origano sono relativamente stabili: non é possibile constatare un effetto del tipo di essiccazione sulla proporzione dei 3 costituenti maggioritari degli OE di origano analizzati (Figura 24).

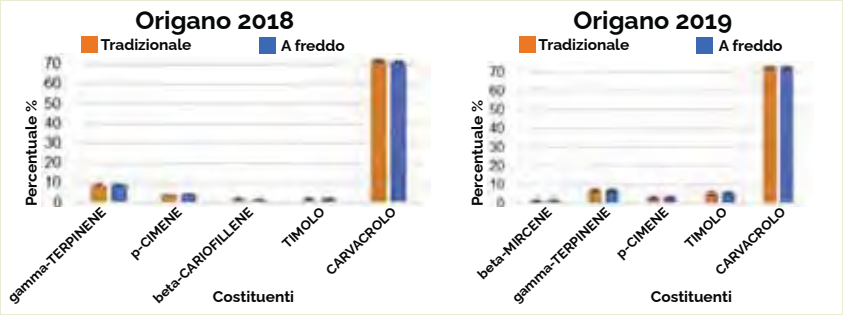


Figura 24: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti dell'olio essenziale di origano secondo la modalità del campione, nel 2018 (a sinistra) e nel 2019 (a destra).

2.3.4.3 SANTOREGGIA

La Figura 25 illustra i valori medi di olio essenziale di santoreggia ottenuti in Francia nel 2018 e nel 2019, e in Italia nel 2019.

A prima vista, si può notare che i valori medi degli OE francesi, compresi tra 1,70 e 2,05 ml/100 g di sostanza secca, sono significativamente inferiori ai valori medi dei campioni italiani. Questa variabilità deriva probabilmente dalle varietà di santoreggia utilizzate in entrambe le zone. Per quanto riguarda l'effetto del metodo di essiccazione, non è rilevante per nessuno dei campioni analizzati.

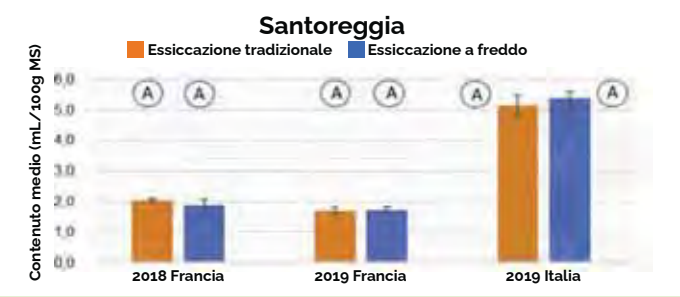


Figura 25: Contenuto medio (ml/100 g SS) di oli essenziali di santoreggia nel 2018 e nel 2019, in Francia e in Italia.

La Figura 26, composta da 4 istogrammi, mostra la proporzione dei 5 principali componenti degli oli essenziali di santoreggia analizzati in gascromatografia, provenienti dai campioni francesi e italiani delle prove del 2018 e del 2019. Indipendentemente dall'anno o dalla zona di provenienza dei campioni, la composizione degli oli essenziali di santoreggia rimane stabile: il metodo di essiccazione, "tradizionale" o "a freddo", non comporta un impatto significativo sulla proporzione dei 5 componenti principali degli oli essenziali.

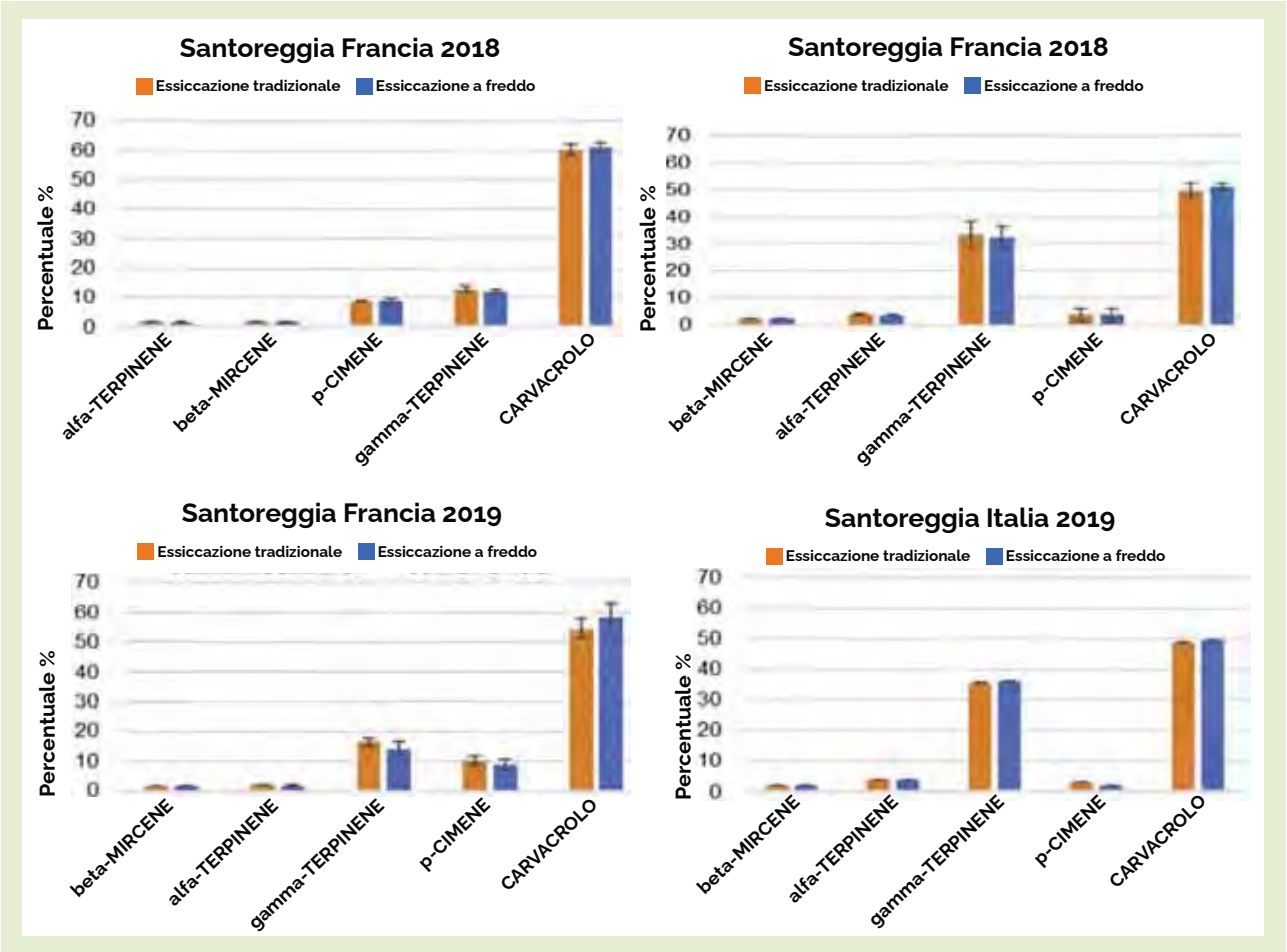


Figura 26: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti dell'olio essenziale di santoreggia, dai campioni francesi e italiani distillati nel 2018 e nel 2019.

2.3.4.4 MELISSA

La melissa, la seconda pianta comune in entrambe le zone, ha un contenuto di olio essenziale inferiore rispetto alle altre piante studiate: tra 0,14 e 0,81 ml/100 g di sostanza secca (Figura 27).

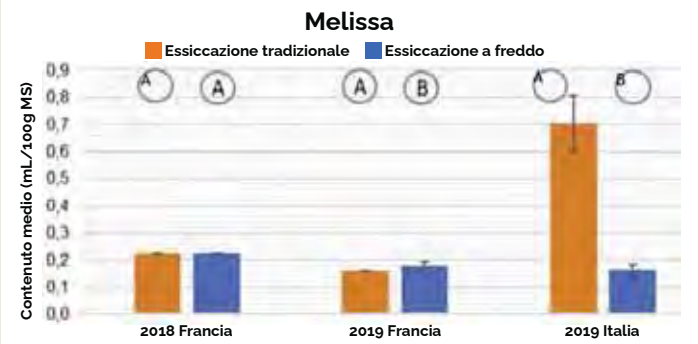


Figura 27: Contenuto medio (ml/100 g SS) di oli essenziali di melissa, nel 2018 e nel 2019, in Francia e in Italia.

Nel 2019, sono state riscontrate notevoli differenze di contenuto, legate al metodo di essiccazione.

Le osservazioni sono però opposte a seconda della zona considerata: in Francia le perdite risultano più elevate con il metodo di essiccazione "tradizionale", mentre in Italia sono molto più elevate con il metodo di essiccazione a freddo.

Per quanto riguarda la composizione degli oli essenziali, la seguente Figura 28 mostra le proporzioni dei 5 principali costituenti degli oli essenziali di melissa analizzati (assenza di risultati nel 2018). Nei campioni si osservano differenze significative relative alla modalità di essiccazione. I campioni essiccati con il metodo tradizionale contengono più costituenti nerale e geraniale rispetto al metodo di essiccazione a freddo; questo risultato costituisce una forte tendenza sia nei campioni trattati in Italia che in quelli trattati in Francia. Queste due molecole sono responsabili della caratteristica nota di limone e menta della melissa.

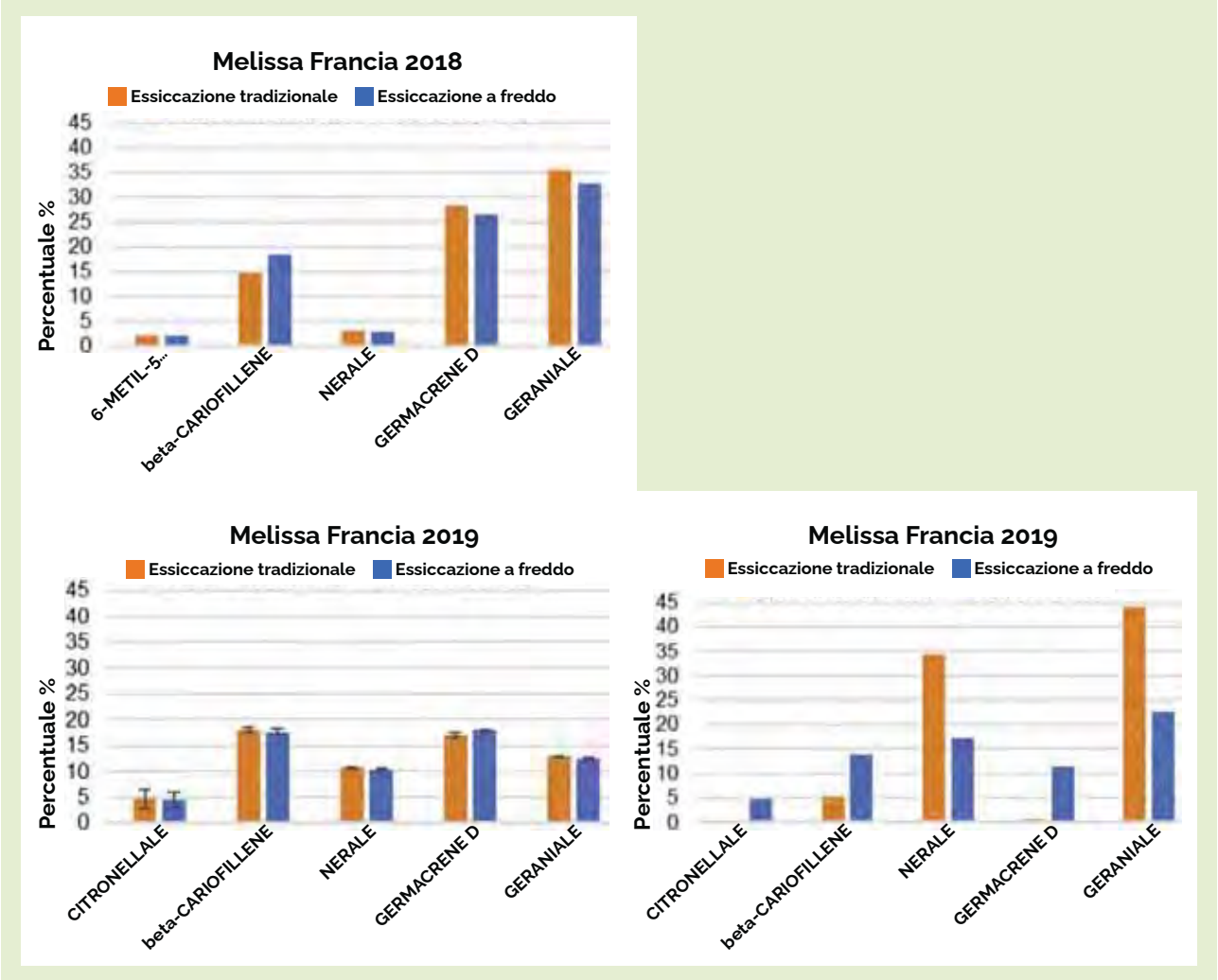


Figura 28: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti dell'olio essenziale di melissa, da campioni francesi e italiani distillati nel 2018 e nel 2019.

2.3.4.5. MENTA

La Figura 29 mostra i contenuti medi di olio essenziale di menta. Come indicato dalle lettere sul grafico, la modalità di essiccazione, tradizionale o a freddo, non ha esercitato un impatto significativo sul contenuto di olio essenziale della menta.

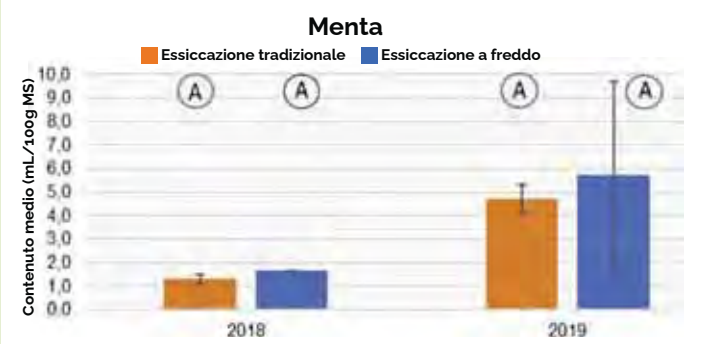


Figura 29: Contenuto medio (ml/100 g SS) di oli essenziali di menta, nel 2018 e nel 2019, in Francia e in Italia.

Per quanto riguarda la composizione degli oli essenziali di menta, si osservano lievi variazioni nelle proporzioni a seconda della modalità di essiccazione considerata, ma queste variazioni non sono statisticamente significative (Figura 30).

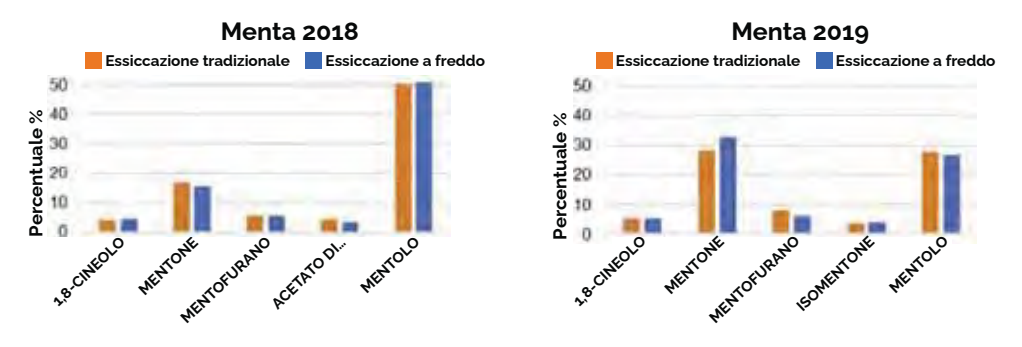


Figura 30: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti dell'olio essenziale di menta, da campioni francesi e italiani distillati nel 2018 (sinistra) e nel 2019 (destra).

2.3.5 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI ESSICCAZIONE SULLE ACQUE DI CONDENSA

Le acque di condensa derivanti dal processo di essiccazione "a freddo" sono state raccolte e analizzate mediante gascromatografia. La Tabella 14 qui di seguito riporta la concentrazione di olio essenziale in 1 litro di acqua di condensa per ogni pianta studiata (2018 e 2019), nonché la molecola dominante degli oli essenziali presenti nell'acqua di condensa.

	TIMO	ORIGANO	MENTA
Concentrazione di OE (mg/L)	12	75	2
Molecola dominante	Carvacrolo (49%)	Carvacrolo (76%)	Mentolo (77%)

	MALVA	SANTOREGGIA		MELISSA	
Concentrazione di OE (mg/L)	<1	Italia <2	Francia 8,5	Italia <1	Francia 1,25
Molecola dominante	Carvacrolo (53%)	Carvacrolo (77%)	Carvacrolo (85%)	-	-

Tabella 14: Risultati dell'analisi della composizione delle acque di condensa.

Per ciascuno dei processi di essiccazione "a freddo" utilizzati, l'olio essenziale si trova nell'acqua di condensazione in piccole proporzioni (<1 a 75 mg/L). Questi contenuti sono ben al di sotto dei limiti di solubilità di questi costituenti raggiunti negli idrolati derivanti dalla distillazione a vapore, ad esempio.

Le molecole dominanti sono, da parte loro, identiche a quelle presenti nei campioni di oli essenziali analizzati.

2.3.6 IMPATTO DEI METODI DI ESSICCAZIONE SULLA COMPOSIZIONE FISICO-CHIMICA E SULL'ATTIVITÀ ANTIOSSIDANTE

La Tabella 15 mostra il contenuto totale di polifenoli (TPC) e l'attività antiossidante (RSA) delle piante italiane e francesi essiccate con i due metodi.

PAESE	PIANTA	ESSICCAZIONE	TPC	SIGNIFICATIVITÀ	RSA	SIGNIFICATIVITÀ
Italia	Menta	tradizionale	10,57 ± 5,02	*	151,57 ± 43,18	*
		a freddo	15,75 ± 1,79		222,08 ± 12,96	
	Malva	tradizionale	8,13 ± 1,81	*	70,87 ± 22,11	ns
		a freddo	11,20 ± 3,56		97,30 ± 18,96	
	Santoreggia	tradizionale	21,36 ± 0,83	*	221,66 ± 11,97	**
		a freddo	24,75 ± 1,93		270,55 ± 13,13	
	Melissa	tradizionale	39,48 ± 3,76	***	549,63 ± 35,44	ns
		a freddo	25,55 ± 1,50		597,94 ± 24,95	
Francia	Origano	tradizionale	23,22 ± 2,54	ns	197,75 ± 26,61	ns
		a freddo	20,96 ± 2,66		158,02 ± 43,92	
	Timo	tradizionale	17,20 ± 0,27	ns	178,83 ± 9,29	ns
		a freddo	16,79 ± 0,40		167,98 ± 28,56	
	Santoreggia	tradizionale	27,96 ± 0,33	ns	276,84 ± 46,10	*
		a freddo	32,73 ± 3,75		179,36 ± 26,29	
	Melissa	tradizionale	19,64 ± 2,69	ns	248,62 ± 11,11	ns
		a freddo	18,69 ± 2,32		228,98 ± 20,92	

(* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$; ns: non significativo)

Tabella 15: Contenuto totale di polifenoli (TPC) e attività antiradicalica (RSA) delle otto piante utilizzate nell'esperimento. I risultati riportati per ciascuna pianta e per ciascun parametro corrispondono all'analisi delle differenze tra le due tecniche di essiccazione.

Il contenuto di TPC della santoreggia e della melissa italiane varia notevolmente a seconda che i campioni siano stati essiccati tradizionalmente o a freddo.

Si riscontrano inoltre differenze significative nella RSA per quanto riguarda la menta e i tipi di santoreggia italiana e francese.

Ogni volta che sono state riscontrate differenze statisticamente significative, i valori più alti sono stati individuati per i campioni essiccati a freddo.

Tali risultati indicano pertanto che l'essiccazione a freddo consente di conservare un tenore di polifenoli più elevato e quindi una migliore attività antiossidante.

La tabella 16 mostra il contenuto di ocratossina A e di metallo delle piante italiane essiccate a freddo. Per tutti i campioni, il contenuto di ocratossina è inferiore ai valori minimi di quantificazione del metodo. Il contenuto di metalli pesanti è costante da pianta a pianta e sembra dipendere dall'origine geografica.

	MENTA	MELISSA	SANTOREGGIA
Ocratossina A	<0.2	<0.2	<0.2
Cadmio	0.019	0.007	0.023
Cromo	0.64	0.483	0.847
Ferro	185.157	161.351	337.639
Mercurio	0.008	0.015	0.01
Nickel	1.274	3.523	1.618
Piombo	0.142	0.157	0.212
Rame	19.52	12.38	10.412
Zinco	30.372	34.066	33.702

Tabella 16: Tenore di ocratossina A (microgrammi/kg) e di metalli pesanti (mg/kg) delle piante italiane essiccate a freddo.

La Tabella 17 mostra i macrocomponenti presenti in alcune piante italiane e francesi. La composizione è simile da una pianta all'altra e sembra dipendere dall'origine geografica e dalla specie.

Il tenore di ceneri è di circa il 7 % con il 10 % di umidità, ad eccezione della santoreggia francese, il cui tasso di umidità è pari a circa il 7 %. Il contenuto di proteine è altamente variabile (tra il 9 % e il 19 %), così come il tenore di glucidi (tra il 15 % e il 40 %).

	MENTA I	MELISSA I	SANTOREGGIA I	ORIGANO F
Ceneri	9.44	8.94	7.17	8.65
Umidità	11.01	10.4	12.21	12.59
Fibre alimentari	37.1	34.45	35.18	39.8
Fibre non solubili	29.22	24.52	28.2	30.21
Fibre solubili	7.88	9.93	6.98	9.59
Proteine	9.69	16.06	12.25	12.31
Tenore totale di sostanze azotate	1.55	2.57	1.96	1.97
Glucidi	28.18	26.12	26.74	18.44
Lipidi	4.58	4.03	6.45	8.21
Residuo secco	88.99	89.6	87.79	87.41

	TIMO F	MELISSA F	SANTOREGGIA F	MALVA I
Ceneri	7.92	9.61	9.48	12.6
Umidità	11.22	11.24	7.77	15.48
Fibre alimentari	22.13	35.9	36.47	31.8
Fibre non solubili	18.1	25.6	29.21	24.44
Fibre solubili	4.03	10.3	7.26	7.36
Proteine	11.19	16.06	13.25	19.94
Tenore totale di sostanze azotate	1.79	2.57	2.12	3.19
Glucidi	40.27	22.8	26.7	15.1
Lipidi	7.27	4.39	6.33	5.08
Residuo secco	88.78	88.74	92.23	84.52

Tabella 17: Macrocomponenti presenti nelle piante italiane e francesi (g/100 g; I-Italia/F-Francia).

2.3.7 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI ESSICCAZIONE SUL PROFILO SENSORIALE

2.3.7.1. IMPATTO SULLE DIFFERENZE E SULLE PREFERENZE

La Tabella 18 che segue presenta, per ogni pianta, i risultati dei test duo-trio per il confronto tra i campioni relativi alle 2 modalità di essiccazione.

Il campione di riferimento (definito come il campione della modalità di "essiccazione tradizionale") è presentato per primo. Poi sono riportati altri 2 campioni: 1 campione identico al campione di riferimento e un campione diverso ("essiccazione a freddo"). La risposta dell'assaggiatore è esatta quando riconosce il campione identico al campione di riferimento.

	NESSUNA RISPOSTA	RISPOSTE SELEZIONATE	RISPOSTE ESATTE	SIGNIFICATIVITÀ (RISCHIO)
Timo	0	33	18	0,364
Origano	0	33	19	0,243
Santoreggia	0	33	21	0,081
Melissa	0	33	19	0,243

Tabella 18: Risultati dei test duo-trio sull'effetto del tipo di essiccazione.

Alla luce dei risultati del test duo-trio, il tipo di essiccazione utilizzato non altera le caratteristiche organolettiche del prodotto in misura tale da risultare significativamente percepibili agli assaggiatori ($p > 5$ %).

Tuttavia, per quanto riguarda la santoreggia si può osservare una tendenza alla significatività (probabilità inferiore al 10 %).

Nonostante la mancanza di significatività dei risultati del test del duo-trio, sono stati eseguiti dei test di preferenza. Secondo questi, nessuno dei 20 consumatori non esperti intervistati ha indicato una preferenza per uno dei metodi di essiccazione.

I risultati in Italia sono significativamente diversi.
I risultati del test duo-trio indicano che, ad eccezione della menta, le altre tre piante testate erano riconoscibili dal punto di vista sensoriale (Tabella 19).

PIANTE	DIFFERENZA	PREFERENZA
Melissa	sì	Essiccazione tradizionale
Menta	no	50%
Malva	sì	Essiccazione a freddo
Santoreggia	sì	Essiccazione a freddo

Tabella 19: Risultati del test duo-trio effettuato per confrontare le piante essiccate in modo tradizionale e quelle essiccate a freddo.

Secondo le annotazioni, gli assaggiatori hanno percepito soprattutto una differenza olfattiva: mentre le piante essiccate a freddo hanno mantenuto le stesse caratteristiche olfattive delle piante fresche, le piante essiccate in modo tradizionale a 40°C hanno perso parte della loro qualità organolettica.

Analogamente, in termini di colore, tutti i campioni delle piante essiccate a freddo avevano generalmente mantenuto la brillantezza e il colore originali. Queste differenze spiegano il motivo per cui la preferenza è stata generalmente assegnata al prodotto essiccato a freddo.

2.3.7.2 IMPATTO SUL COLORE

La Tabella 20 mostra i diversi valori di Delta E risultanti dal confronto, per ciascuna pianta, tra campioni essiccati in modo tradizionale e campioni essiccati a freddo.

ORIGINE	PIANTA	DELTA E
Italia	Melissa	4.18
	Menta	2.68
	Malva	2.83
	Santoreggia	3.98

ORIGINE	PIANTA	DELTA E
Francia	Timo	0.67
	Origano	0.95
	Melissa	1.74
	Santoreggia	1.87

Tabella 20: Valori di Delta E calcolati per ciascuna pianta tra il prodotto essiccato a caldo e quello essiccato a freddo.

Le analisi colorimetriche confermano i risultati dell'analisi sensoriale in quanto mostrano, per tutte le piante italiane, una significativa differenza di colore tra i campioni essiccati a freddo e quelli essiccati in modo tradizionale.

I campioni essiccati a freddo rivelano una tendenza a valori di luminosità più elevati, una maggiore tendenza al verde e una maggiore tendenza al giallo.

Questi risultati sono coerenti con altre prove effettuate nell'ambito di un partenariato tra i progetti Alcotra Essica e Antea, riguardanti l'analisi di 8 fiori commestibili (Bellis perennis L., Centaurea cyanus L., Dianthus carthusianorum L., Lavandula angustifolia Mill., Primula vulgaris Huds., Rosa canina L., Rosa pendulina L. e Viola odorata L.). Le analisi effettuate hanno infatti evidenziato che l'essiccazione a freddo consente una migliore conservazione delle qualità estetiche dei fiori con colori più brillanti (di veda Appendice 1: Fiori commestibili essiccati a bassa temperatura).

Nel caso delle piante francesi, i valori di Delta E sono sempre inferiori a 2,5, vale a dire che non si notano differenze cromatiche tra i prodotti ad occhio nudo.

2.3.7.3 IMPATTO SUI COMPOSTI VOLATILI

Per esigenze di spazio, si riportano qui solo i risultati ottenuti per la malva italiana.

Nella Figura 31, un biplot illustra la distribuzione dei campioni di malva e dei sensori del naso elettronico per ciascuno dei primi due componenti principali.

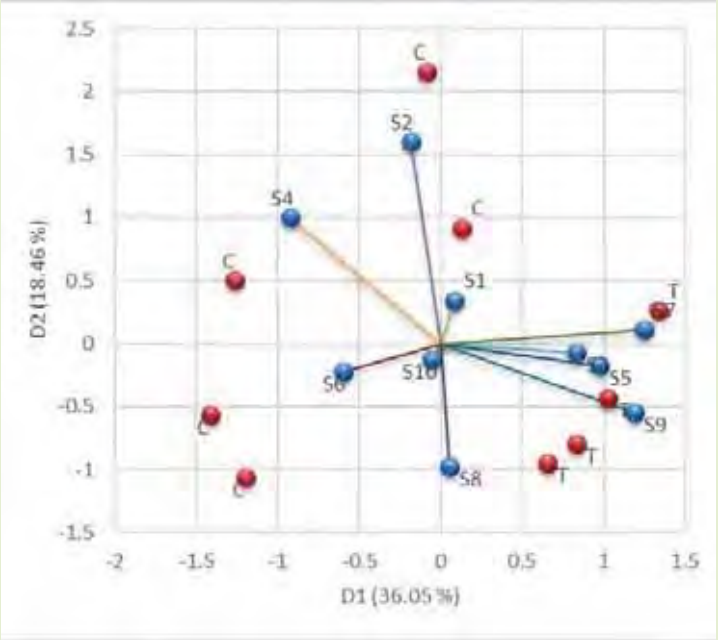


Figura 31: Biplot e distribuzione di campioni di malva essiccata con metodo tradizionale (T) e a freddo (C) e sensori del naso elettronico.

Si osserva una chiara distinzione tra i campioni in base al trattamento applicato (essiccazione tradizionale o a freddo).

I campioni essiccati in modo tradizionale determinano valori elevati per i sensori S3-S5-S7-S9, che sono particolarmente sensibili agli idrocarburi aromatici e ai composti solforati, mentre i campioni essiccati a freddo stimolano invece i sensori ad ampio spettro S2-S4-S6.

Questi risultati corrispondono alle differenze percepite dalla commissione di assaggiatori, a conferma della differenza tra l'essiccazione tradizionale e l'essiccazione a freddo in termini di intensità dei composti volatili nei campioni.

2.3.8 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI ESSICCAZIONE SUL BILANCIO ENERGETICO

La Tabella 21 che segue presenta il bilancio del consumo medio di energia elettrica delle prove di essiccazione (sulle 4 piante studiate dal CRIEPPAM), al termine dei 2 anni di sperimentazione. I valori per il 2018 corrispondono alla media delle 4 prove effettuate e per il 2019 alla media delle 2 prove effettuate.

	2018		2019	
	Essiccazione tradizionale	Essiccazione a freddo	Essiccazione tradizionale	Essiccazione a freddo
Timo	5,20	13,63	7,75	11,47
Origano	2,92	14,73	6,98	23,93
Santoreggia	1,74	11,11	4,58	10,46
Melissa	3,39	12,87	13,99	38,60

Tabella 21: Consumo medio di energia elettrica (Kwh/kg di pianta secca) relativo alle prove di essiccazione per ciascuna pianta secondo le 2 modalità di essiccazione testate.

La variabilità del consumo energetico del processo di essiccazione si osserva tra i 2 metodi di essiccazione. Per tutte le piante, l'essiccazione con la modalità "a freddo" è quella che consuma più energia.

Questi divari sono stati calcolati per ciascuna pianta e sono riportati, in percentuale, nella Tabella 22 qui di seguito.

DIVARIO MEDIO	TIMO	ORIGANO	SANTOREGGIA	MELISSA
2018	61,86%	80,16%	84,34%	73,65%
2019	32,45%	70,85%	56,21%	63,77%

Tabella 22: Divari medi (%) nel consumo di energia elettrica tra i 2 metodi di essiccazione.

Le differenze di consumo di energia elettrica osservate tra i due metodi di essiccazione sono maggiori nel 2018 rispetto al 2019.

Di contro, per entrambi gli anni e per ciascuna delle piante studiate, la modalità di essiccazione a freddo risulta ampiamente prevalente, con almeno il 32,45% in più di energia consumata.

L'ipotesi secondo cui l'essiccazione a freddo consuma meno energia rispetto al metodo di essiccazione tradizionale non è quindi confermata.

PARTE 3:
LA DEBATTERIZZAZIONE DELLE PIANTE AROMATICHE E MEDICINALI

3.1 PROVE DI DEBATTERIZZAZIONE

3.1.1 PRESENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE DI DEBATTERIZZAZIONE UTILIZZATE

Nell'ambito del progetto sono state testate due tecnologie di debatterizzazione:

- ozono (ozono gassoso e ozono disciolto in acqua),
- acqua elettrolizzata

3.1.1.1 TRATTAMENTO CON OZONO

Trattamento con ozono gassoso

L'impianto per i trattamenti di debatterizzazione con ozono comprende un "condensatore", che concentra l'ossigeno contenuto nell'aria ambiente. L'O2 condensato passa poi attraverso il generatore di ozono (generatore LM-5 di Biofresh **www.bio-fresh.com**), che produrrà ozono per mezzo di una scarica a corona. Successivamente l'O3 viene spinto da un ventilatore attraverso lo strato della pianta da trattare. La relativa concentrazione viene quindi misurata da un analizzatore (sonda Ozone Analyzer uv-100), che regola l'alimentazione dell'ozono (figure 32 e 33).

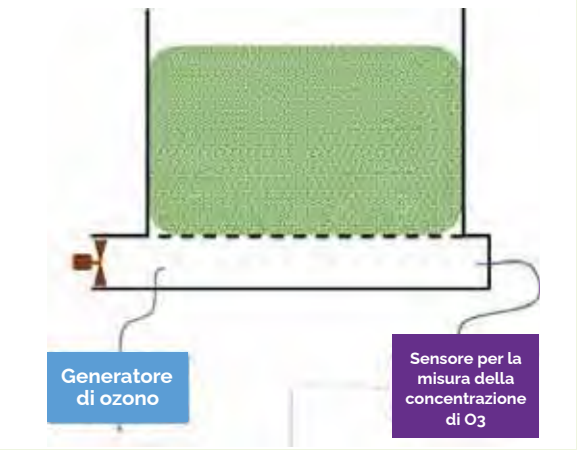


Figura 32: Schema di funzionamento del trattamento delle piante mediante ozono gassoso.

Figura 33: Generatore di ozono Biofresh LM-5 (sx) e sonda di misurazione dell'ozono Analyzer uv-100 (dx).

Trattamento con ozono disciolto in acqua

Per l'acqua ozonizzata, il tubo del generatore è immerso nell' acqua e produce ozono in modo continuo. Dopo un certo tempo, viene misurata la concentrazione di ozono nell'acqua (kit Hanna HI 38054) per poi immergere la pianta, contenuta in una rete a maglie fini, nell'acqua. La produzione di ozono continua durante tale immersione. Al termine del tempo stabilito per questo protocollo, la pianta viene scolata (Figura 34).

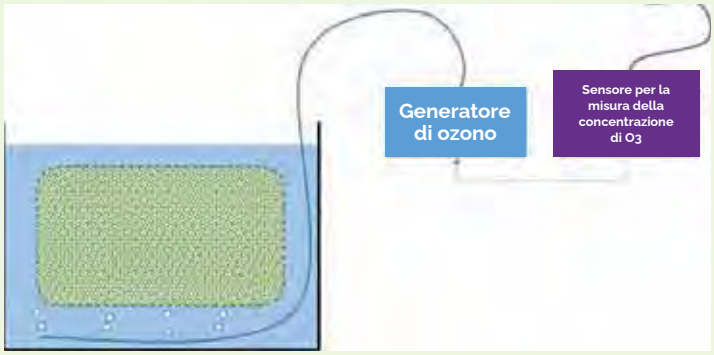


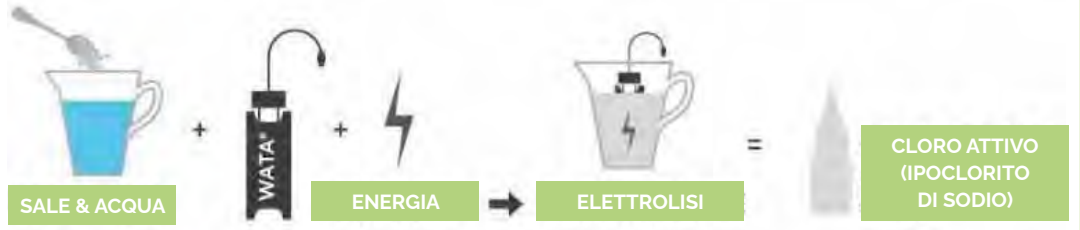
Figure 34: Schema schematico del trattamento delle piante con acqua ozonizzata.

3.1.1.2 TRATTAMENTO CON ACQUA ELETTROLIZZATA

In Italia, l'acqua elettrolizzata è stata prodotta nel laboratorio DISAFA utilizzando un apparecchio Eva System 100 (De Nora, Milano) (Figura 35).

Figura 35: Apparecchio Eva System 100 per la produzione di acqua elettrolizzata (www.poloagrifood.it/site/sanilab).

In Francia, l'acqua elettrolizzata è stata prodotta da CRIEPPAM, che ha avuto l'opportunità di testare la tecnologia WATATM della società svizzera Watalux. Questa tecnologia permette di produrre una soluzione di ipoclorito di sodio (6 g/litro di cloro attivo) partendo da una soluzione di cloruro di sodio (25 g/litro).



watatechnology.com/fr/

3.1.2 DISEGNO SPERIMENTALE DELLE PROVE DI DEBATTERIZZAZIONE

Nel 2018 sono state effettuate prove preliminari in Francia e in Italia su tutte le piante studiate al fine di stabilire i parametri finali per le prove del 2019.

Nel caso della Francia, le prove preliminari sono state effettuate dal CRIEPPAM secondo il seguente disegno sperimentale (Tabella 23):

OZONO GASSOSO (PRE E POST ESSICCAZIONE)		OZONO DISCIOLTO IN ACQUA (PRE-ESSICCAZIONE)
30 minuti	60 minuti	40 minuti
100 ppm	50 ppm	2,20 ppm in 100 litri

Tabella 23: Modalità dei trattamenti di debatterizzazione attuate nel 2018.

Per quanto riguarda l'Italia, le seguenti prove preliminari sono state effettuate da DISAFA secondo il seguente disegno sperimentale (Tabella 24):

OZONO GASSOSO (DURANTE L'ESSICCAZIONE E POST-ESSICCAZIONE)	ACQUA ELETTROLIZZATA (PRE-ESSICCAZIONE)
da 4 ore a 72 ore	1-3-5-15 minuti, poi sgocciolamento
20-50-100-200 ppm	10-50-100-200-400 ppm di cloro libero

Tabella 24: Modalità dei trattamenti di debatterizzazione attuati nel 2018 in Italia.

I parametri sperimentali che hanno prodotto i migliori risultati in termini di riduzione della carica microbica delle piante essiccate sono stati utilizzati per i test finali di debatterizzazione (Tabella 25), ovvero:

- per le prove con ozono gassoso: immersione diretta del prodotto in soluzioni da 50 e 100 ppm e per 48 e 72 ore, dopo l'essiccazione tradizionale e l'essiccazione a freddo,
- per prove con acqua elettrolizzata: immersione per 1 minuto in soluzioni da 100, 200 e 400 ppm ed essiccazione successiva. L'efficacia del trattamento è stata valutata in relazione all'immersione in acqua deionizzata per 1 minuto.

TRATTAMENTI CON OZONO (POST-ESSICCAZIONE)		TRATTAMENTI CON ACQUA ELETTROLIZZATA (PRE-ESSICCAZIONE)
48 ore	72 ore	1 minuto
50 ppm 100 ppm	50 ppm 100 ppm	100, 200 400 ppm

Tabella 25: Modalità dei trattamenti di debatterizzazione attuati nel 2019.

Le prove sono state effettuate nel 2019 su un'unica pianta, la melissa. Si tratta di una pianta particolarmente sensibile all'ossidazione, e tale sensibilità doveva permettere di massimizzare le differenze osservate.

3.2 RISULTATI DELLE PROVE DI DEBATTERIZZAZIONE

3.2.1 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI DEBATTERIZZAZIONE SULLA CARICA ENTOMOLOGICA

3.2.1.1 IMPATTO DEL TRATTAMENTO CON OZONO

Esperimento n. 1. L'esposizione per 30 minuti a diverse concentrazioni di ozono non ha alterato in modo significativo la mortalità degli esemplari adulti di *T. castaneum* per nessuna pianta e modalità di essiccazione (Tabella 26).

SPECIE	ESSICCAMENTO	PPM	0	5	10	100
Malva	a freddo tradizionale		0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 4,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 12,0 ± 0,1
Melissa	a freddo tradizionale		8,0 ± 0,1 4,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0 8,0 ± 0,0
Menta	a freddo tradizionale		0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 4,0 ± 0,0
Origano	a freddo tradizionale		0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	8,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	12,0 ± 0,0 4,0 ± 0,0
Santoreggia	a freddo tradizionale		0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	8,0 ± 0,0 12,0 ± 0,0
Timo	a freddo tradizionale		0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0	24,0 ± 0,1 0,0 ± 0,0	40,0 ± 0,1 0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 0,0 ± 0,0

Tabella 26: Tasso di mortalità (media ± ES) degli esemplari adulti di Tribolium castaneum esposti per 30 minuti a diverse concentrazioni (0, 5, 10, 100 ppm) per le sei specie di piante essiccate a freddo o in modo tradizionale. (ES: errore statistico).

Esperimento n. 2. La combinazione di una fase di essiccazione a freddo e ozonizzazione (100 ppm) e di tempi di esposizione prolungati (48 h) ha permesso di ottenere una mortalità del 100% nella malva, ovvero una differenza significativa rispetto al campione di riferimento. La sola essiccazione non ha portato ad una mortalità significativa (valori inferiori al 10%) (Figura 36).

Figura 36: Mortalità (%) negli esemplari adulti di Tribolium castaneum in seguito all'essiccazione a freddo (e) e in seguito all'essiccazione freddo + ozonizzazione a 100 ppm (e+o) per 4, 24 o 48 ore.

Esperimento n. 3. Le combinazioni di C x T 144.000 ppm x min (ad esempio 100 ppm x 24 ore) sono risultate efficaci per tutte e tre le specie testate, con una mortalità vicina al 100% nei coleotteri adulti e nelle uova di lepidottero, ossia una differenza significativa rispetto al campione di riferimento non trattato (Tabella 27).

C (PPM)	X	T (H)	C (PPM) X T (S)	PLODIA INTERPUNCTELLA	LASIODERMA SERRICORNE	TRIBOLIUM CASTANEUM
100	x	24	144000	97,0 ± 0,8	89,5 ± 0,8	96,5 ± 0,2
100	x	48	288000	100 ± 0,0	100 ± 0,0	100 ± 0,0
100	x	72	432000	100 ± 0,0	100 ± 0,0	100 ± 0,0

Tabella 27: Tasso di mortalità (media ± ES) delle uova di Plodia interpunctella e negli adulti di Lasioderma serricorne e Tribolium castaneum esposti a 100 ppm di ozono per 24, 48 e 72 ore.

3.2.1.2 IMPATTO DEL TRATTAMENTO CON ACQUA ELETTROLIZZATA

Esperimento n. 4. Il tasso di mortalità degli adulti di *T. castaneum* e *L. serricorne* esposti a trattamenti con acqua elettrolizzata nella melissa a varie concentrazioni non ha rivelato alcuna differenza significativa rispetto al campione di riferimento non trattato, con valori vicini allo 0%, anche per concentrazioni di 2000 ppm.

3.2.2 IMPATTO DEI METODI DI DEBATTERIZZAZIONE SULLA CARICA MICROBIOLOGICA

I campioni trattati con ozono e acqua elettrolizzata sono stati analizzati microbiologicamente per valutare l'efficacia di entrambi i trattamenti sulla carica microbica, rispetto ai campioni freschi e ai campioni di riferimento non trattati (provenienti da essiccazione tradizionale e a freddo).

3.2.2.1 IMPATTO DEL TRATTAMENTO CON OZONO

I risultati delle analisi microbiologiche sui campioni di melissa trattati con ozono sono riportati nella Tabella 28 che segue. I dati sono espressi in log10 UFC/g. Per ciascuna modalità di essiccazione, il trattamento con ozono comprendeva 2 modalità di durata (48 e 72 ore), al fine di studiare un possibile effetto della durata sull'efficacia del trattamento con ozono.

PARAMETRO (LOG UFC/G)	RIFERIMENTO	PIANTA FRESCA	CAMPIONE DI RIFERIMENTO	ESSICCAZIONE TRADIZIONALE 48H	ESSICCAZIONE A FREDDO 48H	ESSICCAZIONE TRADIZIONALE 72H	ESSICCAZIONE A FREDDO 72H
Microrganismi 30°C	5,7	6,6	6,4	6,5	6,5	6,3	6,2
Enterobatteriacee	1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1
Bacillus cereus	3	3,7	3,6	3	3	3,6	3,6
Lieviti e muffe	3	5,2	4,9	4,8	4,7	4,9	4,7
Escherichia coli	1	/	1	1,6	1	1	1
Clostridium perfringens	2,2	/	2,7	2,6	1,6	2,9	1,8
CONCLUSIONE		NON CONFORME	NON CONFORME	NON CONFORME	NON CONFORME	NON CONFORME	NON CONFORME

Tabella 28: Risultati (log UFC/g) del trattamento della melissa con ozono (48 e 72 ore di trattamento) secondo le diverse modalità di essiccazione.

A dispetto del trattamento con ozono effettuato, nessuno dei campioni analizzati è risultato conforme ai requisiti normativi.

A seconda dei ceppi microbici, si registrano tendenze relative all'effetto della modalità di essiccazione e/o della durata del trattamento, ma queste osservazioni differiscono per ogni ceppo e a volte sono addirittura contraddittorie.

In ogni caso, l'efficacia dei trattamenti con l'ozono è ancora ridotta: la riduzione della contaminazione, se presente, è inferiore a 1 log.

Questi risultati sono vicini a quelli osservati in Italia dove, nella maggior parte dei casi, non è stata osservata alcuna diminuzione significativa della carica microbica.

Per entrambe le modalità di essiccazione, solo il trattamento mediante ozonizzazione a 100 ppm per 72 ore ha prodotto una significativa riduzione della carica microbica.

Nel caso di piante essiccate in modo tradizionale, il trattamento di ozonizzazione a 100 ppm si è rivelato più efficace del trattamento a 50 ppm, con riduzioni della carica microbica fino a 1,5 unità di log, soprattutto per i lieviti xerofili.

In termini di durata del trattamento, si è riscontrato che un'esposizione di 72 ore comporta una riduzione della carica di batteri aerobi mesofili pari a 2 unità logaritmiche e una riduzione delle muffe pari a 1 unità logaritmica.

Nel caso delle piante essiccate a freddo, il trattamento di ozonizzazione a 100 ppm per 48 o 72 ore si è rivelato uno dei più efficaci contro i lieviti xerofili, con una riduzione della carica di almeno 4 unità logaritmiche rispetto al campione di melissa di riferimento, sottoposto unicamente ad essiccazione a bassa temperatura.

3.2.2.2 IMPATTO DEL TRATTAMENTO CON ACQUA ELETTROLIZZATA

Come per il trattamento con ozono, si è riscontrato che la carica microbica dei campioni esaminati era superiore ai criteri normativi nonostante il trattamento di debatterizzazione utilizzato (Tabella 29).

PARAMETRO (LOG UFC/G)	RIFERIMENTO	PIANTA FRESCA	CAMPIONE DI RIFERIMENTO	ESSICCAZIONE TRADIZIONALE	ESSICCAZIONE A FREDDO
Microrganismi 30°C	5,7	7,6	6,5	6,2	5,5
Enterobatteriacee	1	>4,2	3,9	>4,2	>4,2
Bacillus cereus	3	<3,6	<3,6	2,6	<2
CONCLUSIONE		NON CONFORME	NON CONFORME	NON CONFORME	NON CONFORME

PARAMETRO (LOG UFC/G)	RIFERIMENTO	PIANTA FRESCA	CAMPIONE DI RIFERIMENTO	ESSICCAZIONE TRADIZIONALE	ESSICCAZIONE A FREDDO
Lieviti e muffe	3	4,9	4,9	4,9	4,1
Escherichia coli	1	/	<1,6	1,8	<1
Clostridium perfringens	2,2	/	<1,6	2,1	1,7
CONCLUSIONE		NON CONFORME	NON CONFORME	NON CONFORME	NON CONFORME

Tabella 29: Risultati (log UFC/g di sostanza secca) del trattamento della melissa con acqua elettrolizzata secondo diverse modalità di essiccazione.

Ciononostante, si possono fare diverse osservazioni:

- un effetto dell'essiccazione sulla riduzione dell'attività microbiologica, con una carica microbica del campione di riferimento inferiore a quella del campione fresco, per i 4 parametri analizzati nel campione fresco. Si osserva, ad esempio, una riduzione pari a 2 log CFU/g di microrganismi a 30°C nel campione di riferimento rispetto al campione fresco. Tale constatazione è in contraddizione con i risultati ottenuti per questi 4 parametri nelle prove di essiccazione della melissa e del trattamento con l'ozono.
- un effetto del trattamento combinato con un effetto della modalità di essiccazione su microrganismi a 30°C, Bacillus cereus, lieviti e muffe ed Escherichia coli. Pertanto, per tutti questi parametri, si osserva una carica microbica inferiore sui campioni che sono stati essiccati in modalità "a freddo".
- un effetto del trattamento opposto all'effetto desiderato sulla popolazione degli enterobatteri. I campioni trattati, indipendentemente dal tipo di essiccazione, presentano una contaminazione da enterobatteriacee più elevata rispetto al campione non trattato.

Queste osservazioni dimostrano che il trattamento con acqua elettrolizzata presenta un'effettiva efficacia, ma non è sufficiente dal punto di vista normativo.

Sono stati osservati diversi effetti, tra cui una relazione con la modalità di essiccazione utilizzata dopo il trattamento: l'essiccazione a freddo permetterebbe di "completare" l'effetto del trattamento, riducendo l'attività microbica più di quanto non faccia l'essiccazione tradizionale. Tuttavia, questa ipotesi è in contrasto con le precedenti conclusioni tratte dai risultati dell'essiccazione della melissa: la contaminazione microbica tendeva ad essere più elevata nei campioni essiccati a freddo.

In Italia, i risultati del trattamento mediante immersione in acqua elettrolizzata e successiva essiccazione dei campioni di melissa sono stati confrontati con i risultati ottenuti per le piante aromatiche trattate esclusivamente con acqua deionizzata.

Nel caso del trattamento con acqua elettrolizzata, i risultati migliori sono stati ottenuti con una concentrazione di cloro pari a 400 ppm (Figura 37). Infatti, l'analisi dei campioni dopo l'immersione in acqua elettrolizzata ha rivelato una diminuzione della carica pari a 1 o 2 unità logaritmiche, che è stata mantenuta dopo l'essiccazione a freddo ma che ha continuato a diminuire dopo l'essiccazione tradizionale. In particolare, dopo l'essiccazione, è stata osservata una diminuzione dell'ordine di 4 unità logaritmiche di batteri mesofili, 3 unità logaritmiche di enterobatteriacee, 2 unità logaritmiche di muffe e 1 unità logaritmica di lieviti.

Nei trattamenti con acqua elettrolizzata con 100 e 200 ppm di cloro, l'azione debatterizzante è avvenuta solo dopo l'essiccazione. In particolare, il trattamento a 200 ppm si è rivelato il più efficace contro il B. cereus, con una riduzione della carica di oltre 2 unità logaritmiche.

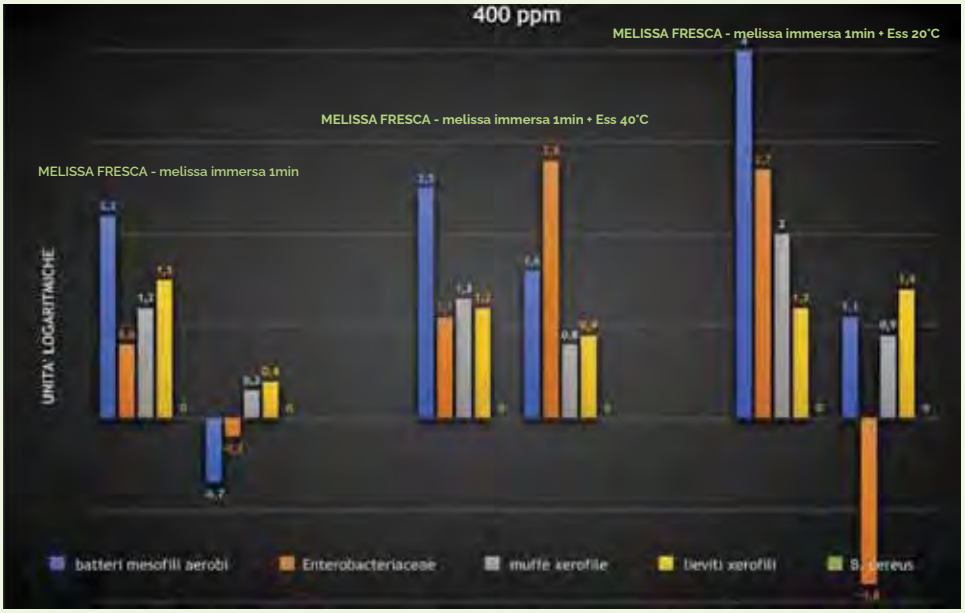


Figura 37: Risultati del test di debatterizzazione della melissa con acqua elettrolizzata a 400 ppm di cloro. I valori riportati per ciascun trattamento corrispondono alla differenza rispetto al campione fresco.

3.2.3 IMPATTO DEI METODI DI DEBATTERIZZAZIONE SULLA QUANTITÀ E SULLA COMPOSIZIONE DEGLI OLI ESSENZIALI

3.2.3.1 IMPATTO DEL TRATTAMENTO CON OZONO

I risultati delle prove di trattamento con ozono sono disponibili unicamente per la Francia.

La Figura 38 di seguito mostra il contenuto medio di olio essenziale delle diverse modalità di melissa debatterizzata durante il test del 2018.

Le "dosi" D1 e D2 si riferiscono alla concentrazione di ozono e alla durata del trattamento: 100 ppm - 30 minuti per D1 e 50 ppm - 60 minuti per D2. Le lettere visibili nella figura rappresentano i gruppi omogenei determinati dal test di confronto a coppie di Dunn.

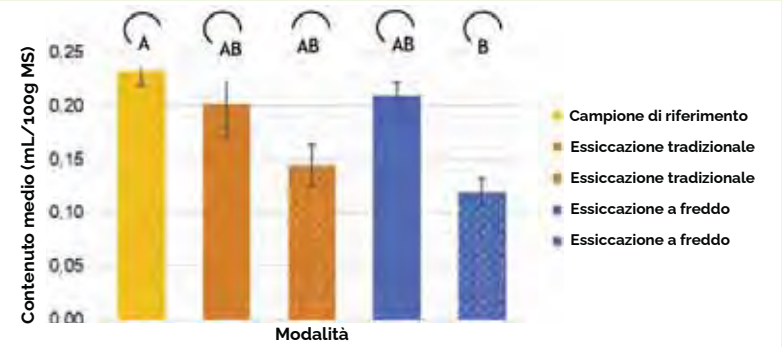


Figura 38: Contenuto medio di olio essenziale di melissa (ml/100 g MS) secondo i diversi metodi di essiccazione e le 2 "dosi" di trattamento con ozono applicate (Test 2018).

Secondo i risultati dei test di Kruskal Wallis e Dunn:

- non vi è alcuna differenza significativa tra il contenuto medio del campione di riferimento e i due campioni trattati con la dose D1 per i due metodi di essiccazione;
- per un trattamento con la stessa dose, non vi è alcuna differenza significativa nel contenuto di olio essenziale in relazione al tipo di essiccazione, tradizionale o a freddo;
- per ciascuna modalità di essiccazione, le differenze di contenuto osservate tra le 2 dosi sono significative ($p<1\%$).

Questi risultati evidenziano la probabile esistenza di un effetto della "dose" sul contenuto di olio essenziale dopo il trattamento con l'ozono. Infatti, qualunque sia il tipo di essiccazione, il trattamento con ozono nella dose D2 comporta la riduzione significativa del contenuto di olio essenziale. La dose D2 ha la caratteristica di avere una concentrazione di ozono inferiore alla dose D1 e un tempo di trattamento maggiore: l'impatto del trattamento con ozono sul contenuto di OE sarebbe quindi legato più alla durata del trattamento che alla concentrazione di ozono applicata.

Poiché l'efficacia di questi trattamenti non è risultata efficace (per quanto concerne la conformità ai criteri microbiologici di riferimento stabiliti dalla normativa europea), i protocolli sono stati modificati per le prove del 2019. Il trattamento con ozono è stato effettuato per un periodo di 72 ore, con una concentrazione media di ozono di 100 ppm. I risultati del test sono riportati nel grafico seguente (Figura 39).

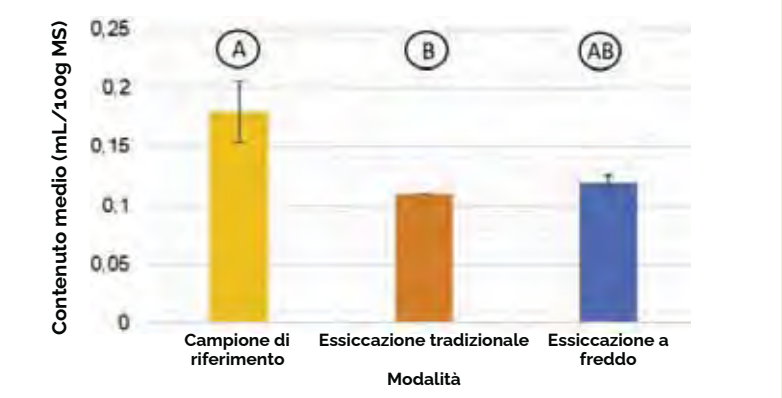


Figura 39: Contenuto medio (ml/100 g MS) di olio essenziale di melissa trattata con ozono, secondo le 2 modalità di essiccazione (Test 2019).

I valori dei contenuti medi variano da 0,13 a 0,19 ml/100 g di sostanza secca.

Si evidenzia un effetto del trattamento con ozono sul contenuto di OE della melissa: il test di confronto indica una differenza significativa tra il contenuto di OE del campione di riferimento e quello della modalità di essiccazione tradizionale ($p<1\%$), ma non con la modalità "a freddo". Questa conclusione pare discutibile, il test statistico sarebbe più valido se il numero di campioni analizzati aumentasse.

Per quanto riguarda la composizione degli oli essenziali nei campioni trattati con ozono, gli OE rimangono stabili nei componenti principali, il trattamento con ozono non ha un impatto significativo (Figura 40). Tuttavia, ci sono differenze nella distribuzione dei 5 principali costituenti degli OE tra i 2 anni dello studio, 2018 e 2019.

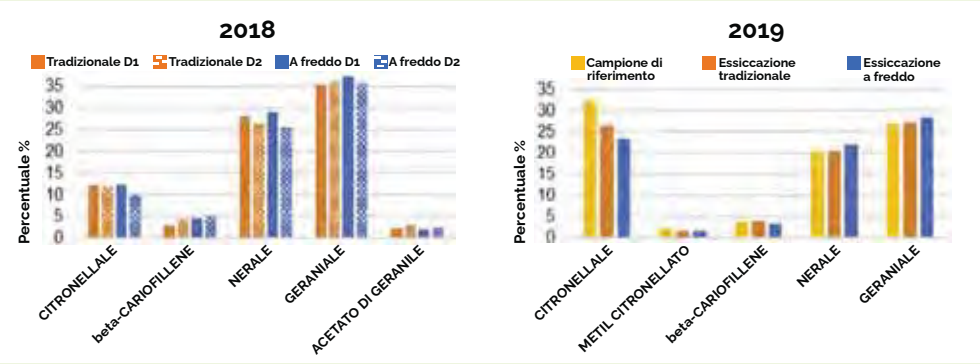


Figura 40: Percentuale (%) dei primi 5 costituenti degli oli essenziali di melissa trattata con ozono nel 2018 (a sinistra) e nel 2019 (a destra).

3.2.3.2 IMPATTO DEL TRATTAMENTO CON ACQUA ELETTROLIZZATA

I trattamenti con acqua elettrolizzata, praticati solo nel 2019, consistevano nell'immersione dei campioni in pre-essiccazione, per 1 minuto, in una soluzione di acqua elettrolizzata a 400 ppm. I risultati del contenuto medio di olio essenziale sono riportati nella seguente Figura 41.

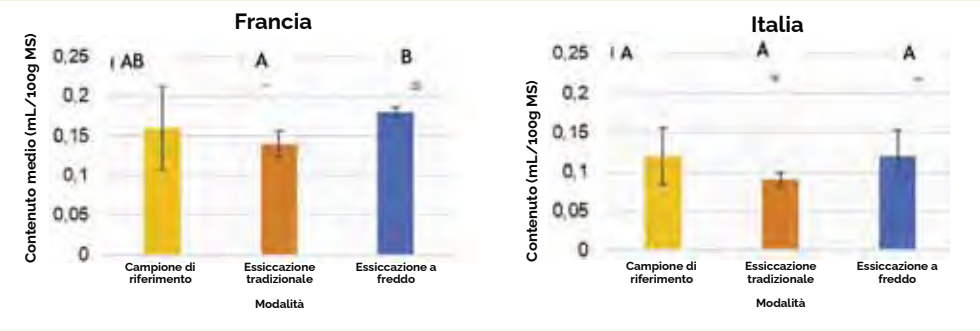


Figura 41: Contenuto medio (ml/100 g MS) di olio essenziale di melissa trattato con acqua elettrolizzata, a seconda del metodo di essiccazione (prove francesi e italiane).

Le concentrazioni medie di olio essenziale osservate sono distribuite tra 0,1 e 0,22 ml/100 g di sostanza secca.

Per quanto riguarda i campioni francesi, si osserva che il contenuto medio di olio essenziale della modalità di "essiccazione a freddo" è superiore a quello del campione non trattato. Questo valore può sembrare incoerente, ma in realtà si spiega con il fatto che il campione di riferimento proviene dal metodo di essiccazione tradizionale. Tuttavia, i risultati dei test di essiccazione della melissa indicano che il contenuto medio dei campioni essiccati "a caldo" è significativamente inferiore al contenuto medio dei campioni essiccati "a freddo".

NB: poiché l'essiccatore a freddo disponeva di un solo vano di essiccazione, è risultato purtroppo impossibile ottenere un campione non trattato.

Secondo i test statistici, i campioni delle 2 modalità di essiccazione, tradizionale e a freddo, sono significativamente diversi. Il contenuto di olio essenziale verrebbe pertanto maggiormente condizionato dal tipo di essiccazione rispetto al trattamento con acqua elettrolizzata, il che è in linea con i risultati dei test di essiccazione della melissa presentati in precedenza.

Nei campioni italiani, i contenuti medi del campione di riferimento e della modalità di essiccazione "a freddo" sono uguali, mentre i contenuti medi della modalità di essiccazione "tradizionale" sono inferiori, contrariamente ai risultati francesi. Tuttavia, questa differenza non è significativa rispetto al test statistico del Kruskal Wallis.

Per quanto riguarda la composizione degli oli essenziali, la Figura 42 qui sotto mostra i 5 costituenti principali degli OE analizzati. Le differenze tra i campioni sono visibili ma non seguono una tendenza reale.

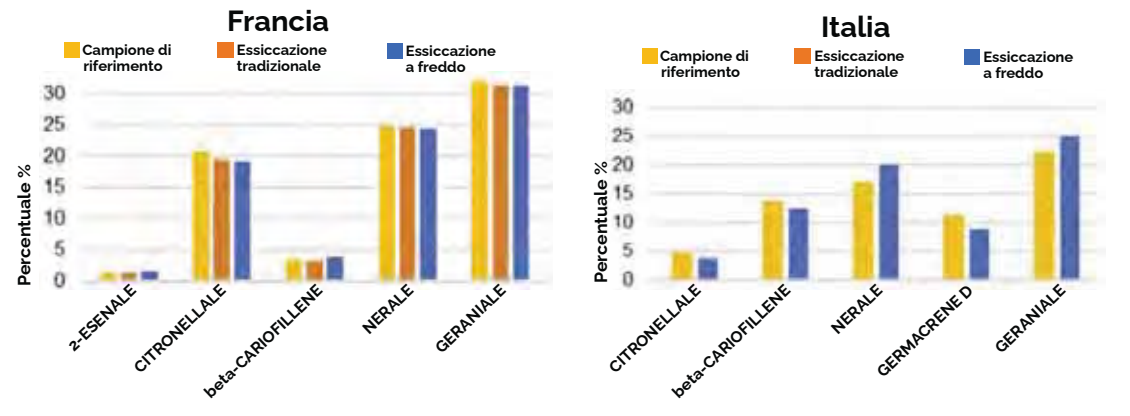


Figura 42: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti degli oli essenziali di melissa trattati con acqua elettrolizzata.

3.2.4 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI DEBATTERIZZAZIONE SUL PROFILO SENSORIALE

3.2.4.1 IMPATTO SULLE DIFFERENZE E SULLE PREFERENZE

Come per le prove di essiccazione, le analisi sensoriali hanno inizialmente comportato, in Francia, un test duo-trio per determinare l'impatto del trattamento di debatterizzazione e del tipo di essiccazione sulle caratteristiche organolettiche del prodotto.

Come promemoria, la risposta dell'assaggiatore è esatta quando identifica il campione identico al campione di riferimento (Tabella 30 e Figura 43).

TRATTAMENTO	ESSICCAZIONE	SENZA RISPOSTA	RISPOSTE SELEZIONATE	RISPOSTE ESTATE	SIGNIFICATIVITÀ (RISCHIO)
Ozono	Tradizionale	0	33	21	0,0814
	A freddo	0	33	27	0,0002
Acqua elettrolizzata	Tradizionale	0	33	18	0,3642
	A freddo	0	33	14	0,8519

Tabella 30: Risultati dei test duo-trio sull'effetto del trattamento e del tipo di essiccazione.

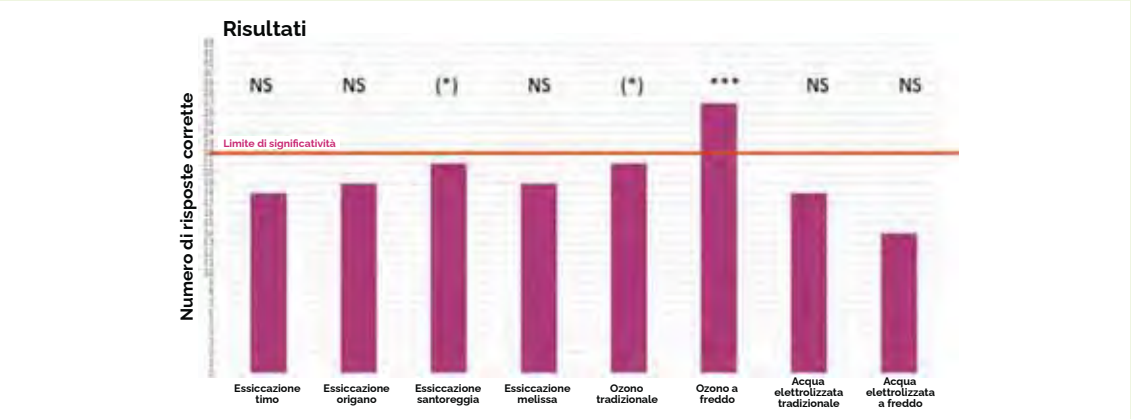


Figura 43: Istogramma dei risultati dei test duo-trio sull'effetto del trattamento e del tipo di essiccazione.

I campioni di melissa non trattata essiccata convenzionalmente e di melissa trattata con ozono essiccata a freddo sono significativamente diversi dello 0,1 %.

Analogamente, per la melissa trattata con ozono essiccata in modo tradizionale, si osserva una tendenza a scostarsi dal campione di riferimento del 10 %.

Si può quindi concludere che il trattamento con ozono può alterare le qualità organolettiche della melissa, soprattutto durante l'essiccazione a freddo.

Per ciascuna pianta sono stati effettuati dei test di preferenza per confermare i risultati di questo primo test. Come nel caso delle prove di essiccazione, i selezionatori intervistati non hanno indicato una preferenza per i campioni in base al metodo di trattamento e/o al tipo di essiccazione.

La differenza significativa individuata nel test duo-trio per il campione essiccato a freddo e trattato con ozono non è stata quindi riscontrata nel test di preferenza.

Anche in Italia è stato effettuato un test duo-trio per confrontare la melissa trattata con acqua elettrolizzata a tre diverse concentrazioni (400, 200 e 100 ppm Cl2) e la melissa trattata con acqua deionizzata.

Contrariamente ai risultati osservati in Francia, i risultati ottenuti (Tabella 31) hanno mostrato, nella maggior parte dei casi, differenze significative tra i due tipi di prodotti, anche se il trattamento con acqua elettrolizzata non sembra aver avuto un'incidenza sulla scelta finale.

CONCENTRAZIONE	ESSICCAZIONE	DIFFERENZA
100 ppm	Tradizionale	No
	A freddo	Sì
200 ppm	Tradizionale	Sì
	A freddo	Sì
400 ppm	Tradizionale	No
	A freddo	Sì

Tabella 31: Risultati del test duo-trio effettuato per confrontare la melissa trattata con acqua elettrolizzata a diverse concentrazioni e le piante trattate con acqua deionizzata (campioni di controllo).

3.2.4.2 IMPATTO SUL COLORE

Le analisi colorimetriche effettuate sulla melissa indicano generalmente valori di Delta E superiori a 2,5 tra i campioni trattati con acqua elettrolizzata e i campioni di riferimento (Tabella 32).

TRAD.	A FREDDO	TRAD.			A FREDDO			ΔE
		100	200	400	100	200	400	
X		X						2,83
X			X					4.03
X				X				1.50
	X				X			4.99
	X					X		6.90
	X						X	2.88
		X			X			1.90
			X			X		7.44
				X			X	4.85

Tabella 32: Valori di Delta E calcolati tra campioni di melissa trattata con acqua elettrolizzata e campioni di riferimento a seconda del tipo di trattamento.

Ciò significa che una differenza cromatica è percepibile ad occhio nudo. In particolare, i campioni trattati a freddo hanno presentato valori di luminosità più elevati e una maggiore tendenza al verde e al giallo.

3.2.5 IMPATTO DELLE MODALITÀ DI DEBATTERIZZAZIONE SULLA COMPOSIZIONE FISICO-CHIMICA E SULL'ATTIVITÀ ANTIOSSIDANTE

3.2.5.1 IMPATTO DEL TRATTAMENTO CON OZONO

Il trattamento con ozono non ha comportato alcun impatto sulla composizione fisico-chimica e sull'attività antiossidante della melissa.

3.2.5.2 IMPATTO DEL TRATTAMENTO CON ACQUA ELETTROLIZZATA

La Tabella 33 riporta il contenuto totale di polifenoli e l'attività antiossidante della melissa trattata con acqua elettrolizzata a varie concentrazioni (100, 200 e 400 ppm Cl2).

Il confronto tra campioni trattati con acqua elettrolizzata e campioni trattati con acqua deionizzata (campioni di riferimento) rivela, nella maggior parte dei casi, differenze statisticamente significative, con valori generalmente più elevati nel caso di campioni trattati con acqua elettrolizzata, sia nel contenuto di polifenoli che nell'attività antiossidante.

CONCENTRAZIONE	ESSICCAZIONE	TIPO DI CAMPIONE	TPC	SIGN.	RSA	SIGN.
100	tradizionale	RIFERIMENTO	39,02 ± 6,39	ns	392,82 ± 52,66	ns
		TRATTATO	43,40 ± 6,93		250,86 ± 38,89	
	a freddo	RIFERIMENTO	57,4 ± 5,99	*	444,83 ± 142,54	ns
		TRATTATO	47,06 ± 1,78		548,91 ± 33,78	
200	tradizionale	RIFERIMENTO	25,53 ± 6,07	*	250,86 ± 38,89	*
		TRATTATO	43,40 ± 6,93		164,40 ± 33,59	
	a freddo	RIFERIMENTO	47,06 ± 1,78	ns	548,91 ± 33,78	**
		TRATTATO	68,36 ± 16,89		347,92 ± 76,04	
400	tradizionale	RIFERIMENTO	13,61 ± 3,71	***	113,02 ± 3,66	***
		TRATTATO	32,39 ± 3,55		505,11 ± 45,32	
	a freddo	RIFERIMENTO	38,96 ± 1,86	*	629,33 ± 26,12	ns
		TRATTATO	87,99 ± 24,63		718,35 ± 152,73	

(* p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001; ns: non significativo)

Tabella 33: Valori di Delta E calcolati tra campioni di melissa trattata con acqua elettrolizzata e campioni di riferimento a seconda del tipo di trattamento.

PARTE 4:
CONFEZIONAMENTO DELLE PIANTE AROMATICHE E MEDICINALI

4.1. DESCRIZIONE DELLE PROVE DI CONFEZIONAMENTO

4.1.1 PRESENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE UTILIZZATE

La scelta di una tecnologia di confezionamento dipende, da un lato, dall'investimento iniziale previsto e, dall'altro, dalle prestazioni attese dell'imballaggio, dal rendimento desiderato e dalle caratteristiche estetiche delle confezioni.

Sulla base di questi criteri, sono state selezionate e testate due tecnologie di confezionamento per piante essiccate (Figure 44 e 45).

SISTEMA DI CONFEZIONAMENTO TESTATO	CARATTERISTICHE
Confezionatrice a flusso verticale	Alto rendimento (100 confezioni/min) Funzionamento automatico Flusso di gas continuo e costante Elevata quantità di ossigeno residuo Elevato costo d'investimento
Confezionatrice a campana (vuoto compensato / atmosfera modificata)	Basso rendimento Funzionamento manuale Vaschette o sacchetti preformati Ridotto tenore di ossigeno residuo Basso costo d'investimento

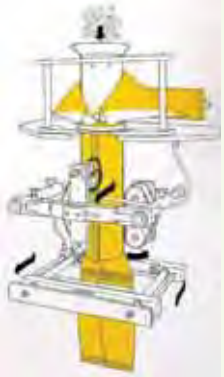


Figura 44: Schema di funzionamento di una confezionatrice a flusso verticale ("vertical form fill seal" VFFS) e macchina utilizzata per il confezionamento di erbe aromatiche essiccate.

Figura 45: Termofardellatrice manuale con camera di sottovuoto compensato utilizzata per il confezionamento delle piante essiccate.

Queste due tecnologie producono sacchetti di pellicola di plastica morbida, eventualmente con il fondo piatto ("stand up pouch" di tipo doypack).

L'esperimento ha confrontato il confezionamento in atmosfera modificata composto al 100% di azoto per uso alimentare e il confezionamento in atmosfera normale (aria).

Per lo studio sono stati selezionati due tipi di pellicole da imballaggio adatte alle tecnologie studiate: un materiale di tipo convenzionale e un materiale innovativo ed ecologico (biodegradabile e compostabile); e per due tipi di confezionamento flow pack e a campana.

In entrambi i casi si tratta di materiali con un'elevata barriera contro i gas e il vapore acqueo, e quindi adatti per il confezionamento in atmosfera protettiva (MAP). Si tratta di materiali multistrato a base di poliestere e polietilene nel caso della pellicola convenzionale e a base di cellulosa e acido polilattico (PLA) nel caso della pellicola compostabile.

4.1.2 DISEGNO SPERIMENTALE DELLE PROVE DI CONFEZIONAMENTO

DISEGNO SPERIMENTALE	
4 piante	○ Menta ○ Malva ○ Melissa ○ Santoreggia
2 materiali di imballaggio (barriera elevata)	○ Convenzionale ○ Compostabile
2 tecnologie di confezionamento	○ Flow pack ○ Termofardellatrice a campana
2 atmosfere	○ Aria ○ MAP (azoto)
Conservazione	○ Temperatura ambiente
Campionamento	○ Istante zero ○ A sei mesi ○ A dodici mesi
Analisi	○ Durata di conservazione (microbiologica e sensoriale) ○ Componente gassosa

Esempio di imballaggi ottenuti utilizzando entrambi i sistemi di confezionamento (Figura 46).

Figura 46: Piante essiccate confezionate in sacchetti doypack compostabili (a sinistra) e convenzionali (a destra).

Esempi di imballaggi ottenuti dai due materiali testati (Figura 47).

Figura 47: Piante essiccate confezionate in confezioni flow pack compostabili (a sinistra) e convenzionali (a destra).

4.2 RISULTATI DELLE PROVE DI CONFEZIONAMENTO

4.2.1 IMPATTO DEI METODI DI CONFEZIONAMENTO SULLA CARICA MICROBIOLOGICA

La qualità microbiologica delle piante è stata valutata 6 mesi dopo il confezionamento per i diversi tipi di imballaggio, confrontando i risultati con quelli ottenuti durante il confezionamento.

Nel complesso, le analisi effettuate su malva, melissa e menta hanno mostrato una riduzione della carica microbica fino a 2 unità logaritmiche nel corso di 6 mesi di conservazione.

I quattro gruppi di microrganismi analizzati sono aerobi mesofili, enterobatteriacee, muffe e lieviti xerofili. In tutte le piante studiate è stata osservata una forte diminuzione delle enterobatteriacee, con riduzioni fino a 3 unità logaritmiche. Nel complesso, le muffe xerofile presenti sulla melissa sono state significativamente ridotte, così come i lieviti xerofili su malva e menta.

Anche la qualità microbiologica è stata valutata dopo 1 anno. Per ciascuno dei gruppi microbici esaminati, si è registrata una riduzione della carica dell'ordine di 1 o 2 unità logaritmiche rispetto alle analisi effettuate a 6 mesi.

Sebbene siano state riscontrate differenze statistiche, nessuno dei parametri (metodo di confezionamento, tipo di atmosfera, materiale d'imballaggio) ha avuto un impatto decisivo sull'evoluzione del carico, indipendentemente dalle piante analizzate.

4.2.2 IMPATTO DEI METODI DI CONFEZIONAMENTO SUL PROFILO SENSORIALE

L'impatto dei diversi tipi di confezionamento sul profilo sensoriale delle piante essiccate a freddo è stato studiato analizzando i composti volatili mediante tecnica HS-SPME/GC-MS.

Le piante essiccate e confezionate sono state analizzate dopo 6 e 12 mesi di conservazione a temperatura ambiente, confrontando i materiali d'imballaggio utilizzati (convenzionali/compostabili) e il tipo di atmosfera utilizzata (aria/azoto).

Nel primo caso, i campioni sono stati estratti utilizzando un solvente idoneo e poi analizzati mediante gascromatografia combinata con una spettrometria di massa a triplo quadrupolo.

Nel secondo caso, la componente gassosa è stata determinata con una tecnica di microestrazione in fase solida (SPME), utilizzando fibra di silice fusa ricoperta con una piccola quantità di fase stazionaria assorbente alla quale il campione è stato esposto.

In entrambi i casi, l'analisi qualitativa si è basata sulle banche dati degli spettri di riferimento (ad es. NIST, Wiley, ecc.). L'analisi quantitativa si è basata, ove applicabile, su uno standard interno e sulla standardizzazione al 100% dell'intensità dei segnali ottenuti per le sostanze riconosciute.

Le molecole identificate erano numerose, indipendentemente dalle piante analizzate. Le principali famiglie chimiche identificate per le piante essiccate sono monoterpeni, monoterpenoidi e sesquiterpeni, ma anche aldeidi, esteri e alcoli, secondo quanto dimostrato da numerosi studi scientifici.

Nel complesso, si può affermare che, ad eccezione di alcune molecole, non sono emerse differenze significative tra i diversi tipi di confezionamento.

Infatti, i composti chimici che determinano prevalentemente il profilo aromatico delle piante, e la cui concentrazione è quindi più elevata, sono gli stessi per tutti i campioni, con lievi differenze di concentrazione a seconda del tipo di confezionamento.

In conclusione, dai risultati ottenuti si evince che i materiali di confezionamento compostabili testati durante l'esperimento non alterano in modo significativo il profilo aromatico delle piante essiccate durante la conservazione e costituiscono quindi una valida ed innovativa alternativa che offre prestazioni tecnologiche paragonabili a quelle dei materiali attualmente utilizzati per il confezionamento delle piante essiccate.

PARTE 5: IL LABORATORIO ESSICA

PARTE 5: IL LABORATORIO ESSICA

Il progetto Essica ha permesso di aprire un nuovo spazio di ricerca e innovazione dedicato allo sviluppo dei comparti agroalimentari.

Dotato di attrezzature all'avanguardia per la lavorazione delle materie prime agricole, il laboratorio Essica è il cuore di una rete di imprenditori, ricercatori, produttori e consumatori.

Dedicato alla sperimentazione di alto livello per i settori alimentare e cosmetico, il laboratorio dispone delle seguenti attrezzature:

- un essiccatore a freddo con una capacità di 100 kg (Figura 48);
- un estrattore assistito da microonde con reattori da 5 l e 12 l di capacità;
- un mulino a coltelli o a martelli con 2300 giri al minuto e setacci di diverse dimensioni;
- una confezionatrice a campana con una termofardellatrice da 40 cm e una pompa a vuoto da 16m^3/h.

Figura 48: Deumidificatore a marchio Northwest Technologies, Le Terre dei Savoia.

Il laboratorio è inoltre un luogo di scambio e di dibattito su temi quali l'economia circolare, lo sviluppo sostenibile e l'innovazione, ed è al servizio di tutti gli operatori che desiderano far progredire la ricerca e la produzione.

Il laboratorio ESSICA si trova a Savigliano (CN), non lontano dal MÚSES, l'Accademia Europea delle Essenze.

ESSICA Lab
presso Palazzo Taffini d'Acceglio
Ingresso da Via Antica Contrada delle Beccherie
Savigliano 12038 (CN)
T: +39 0172 86472 | M: essicalab@leterredeisavoia.it
www.leterredeisavoia.it/essica-laboratorio

Associazione Le Terre dei Savoia
presso il Castello di Racconigi
Piazza Carlo Alberto 6/A 12035 Racconigi (CN)
T: +39 0172 86472 | M: info@leterredeisavoia.it
www.leterredeisavoia.it

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

Il progetto di ricerca Alcotra Essica si è posto l'obiettivo di aumentare la competitività della filiera transalpina delle piante aromatiche e medicinali (produttori e trasformatori) aiutando i professionisti del settore ad ottenere prodotti di qualità, conformi ai requisiti in materia di sicurezza alimentare.

Concentrandosi su sei piante aromatiche e medicinali - timo, origano, santoreggia, malva, menta e melissa - il progetto si è concentrato sullo studio e la valutazione dei metodi di essiccazione (essiccazione ad aria calda e fredda), sulla debatterizzazione (trattamenti con ozono e acqua elettrolizzata) e sulle confezioni biodegradabili.

Questi metodi di trasformazione e confezionamento sono stati valutati in relazione a diversi criteri, sia sanitari che qualitativi, quali l'attività entomologica e microbiologica, la composizione fisico-chimica, il contenuto e la composizione dell'olio essenziale e il profilo sensoriale delle piante.

Come dimostrato dalla presente relazione, il volume di lavoro e i test effettuati sono stati molto significativi e hanno permesso di trarre le seguenti lezioni:

Riguardo all'essiccazione

Il processo di essiccazione a freddo ha avuto nel complesso un impatto minore sulla struttura interna delle piante rispetto all'essiccazione tradizionale, soprattutto per la melissa, la menta e la malva, che non hanno presentato segni di senescenza cellulare. Questo processo pare inoltre aver preservato meglio le proprietà antiossidanti delle piante.

Altro vantaggio osservato, il processo di essiccazione a freddo non ha influito né sul contenuto di olio essenziale, né sulla composizione degli oli essenziali, né sulla qualità organolettica delle piante.

Tale processo può quindi facilmente sostituire il processo di essiccazione tradizionale.

Occorre tuttavia notare che il numero di insetti presenti è meno ridotto da questo processo a freddo rispetto all'essiccazione ad aria calda.

Sintesi dei risultati dell'essiccazione a freddo rispetto all'essiccazione tradizionale (40°C).

IMPATTO	TIMO	ORIGANO	SANTOREGGIA	MELISSA	MENTA	MALVA
Struttura interna	Non analizzato	Non analizzato	=	+	+	+
Attività entomologica	–	–	–	–	–	–
Attività microbiologica	+	=	=	=	–	

IMPATTO	TIMO	ORIGANO	SANTOREGGIA	MELISSA	MENTA	MALVA
Composizione chimico-fisica	–	–	+	–	+	+
Tenore d'olio essenziale	=	=	=	+ (FR) – (IT)	=	
Composizione dell'olio essenziale	=	=	=	= (FR) – (IT)	=	
Profilo sensoriale	=	=	= (FR) + (IT)	= (FR) – (IT)	=	+

(-) risultati dell'essiccazione a freddo inferiori a quelli dell'essiccazione tradizionale a caldo.

(+) risultati dell'essiccazione a freddo superiori a quelli dell'essiccazione tradizionale a caldo.

(=) risultati dell'essiccazione a freddo equivalenti a quelli dell'essiccazione tradizionale a caldo.

IT: Italia, FR: Francia

Per quanto riguarda l'essiccazione, i risultati ottenuti sono stati talvolta diversi tra le prove effettuate in Francia e in Italia. Questo vale in particolare per la melissa. Si osserva chiaramente una degradazione del contenuto di olio essenziale e un cambiamento importante del profilo aromatico nei test italiani. Queste differenze sono difficili da spiegare.

Nel caso contrario, quando i risultati più evidenti, e a favore dell'essiccazione a freddo, sono stati rilevati in Italia (per la santoreggia ad esempio), si può ipotizzare una spiegazione: il clima tra le due regioni è molto diverso, generalmente più umido sul versante italiano. Per questo motivo, l'essiccazione in aria ambiente (o leggermente riscaldata) offre scarsi risultati, e quindi la tecnica alternativa dell'essiccazione a freddo può superare questo problema. Tale effetto non si osserva o si osserva poco in Francia perché l'aria è naturalmente più secca, il che permette di preservare meglio la qualità della pianta durante l'essiccazione. Le differenze sono quindi decisamente più marcate quando il clima è più umido. Ne consegue che l'essiccazione a freddo può presentare un grande interesse per i produttori a seconda della specie vegetale e delle caratteristiche locali dell'aria ambiente. Pertanto, per le specie più difficili da essiccare (malva, menta, melissa) e in condizioni di aria ambiente più umida, si può scegliere questo metodo, in quanto preserva meglio le caratteristiche del prodotto.

Riguardo alla debatterizzazione

I vari test effettuati relativamente alla debatterizzazione con ozono e con acqua elettrolizzata non hanno consentito di ottenere campioni che soddisfacessero i requisiti normativi. I test preliminari hanno tuttavia dimostrato che alcune piante (timo, origano e santoreggia) sono naturalmente delle inibitrici della Listeria.

Per quanto riguarda il trattamento con ozono, è stata osservata una riduzione di alcuni ceppi microbici, in particolare nel contesto di un'esposizione a 100 ppm x 72 h, ma tali osservazioni differiscono per ogni ceppo e talvolta sono persino contraddittorie. In tutti i casi, l'efficacia dei trattamenti con l'ozono rimane limitata: la riduzione della contaminazione, se esistente, è inferiore a 1 log.

Lo stesso vale per il trattamento con acqua elettrolizzata. In particolare, il test di 400 ppm ha rivelato una riduzione diretta e immediata del numero di microrganismi nel campione fresco di melissa non ancora essiccato, ma in quantità insufficiente rispetto agli obiettivi previsti.

I due processi di debatterizzazione testati non hanno mostrato alcun impatto significativo sul contenuto e sulla composizione dell'olio essenziale e sul profilo sensoriale.

Si osservano esclusivamente valori di antiossidanti più elevati nel trattamento con acqua elettrolizzata rispetto ad un trattamento di riferimento con acqua deionizzata.

Tuttavia, questi test aprono interessanti prospettive per ridurre la carica microbica sulle piante. Infatti, i metodi abituali di debatterizzazione mediante il vapore sono aggressivi per le piante contenenti oli essenziali, sia relativamente al contenuto di OE che al colore.

Sintesi dei risultati delle prove di debatterizzazione con ozono e con acqua elettrolizzata.

IMPATTO	OZONO	ACQUA ELETTROLIZZATA
Attività entomologica	=	=
Attività microbiologica	=	=
Composizione chimico-fisica	=	+
Tenore d'olio essenziale	=	=
Composizione dell'olio essenziale	=	=
Profilo sensoriale	=	=

(=) risultati del trattamento equivalenti a quelli dei campioni di riferimento e dei campioni freschi.

(+) risultati del trattamento superiori a quelli dei campioni di riferimento e dei campioni freschi.

Riguardo alle confezioni biodegradabili

Le prove effettuate nell'ambito del progetto hanno dimostrato che i materiali di imballaggio compostabili testati non alterano in modo significativo la carica microbiologica e il profilo aromatico delle piante essiccate durante la conservazione.

Questi materiali costituiscono quindi una valida ed innovativa alternativa che offre prestazioni tecnologiche paragonabili a quelle dei materiali attualmente utilizzati per il confezionamento delle piante essiccate.

Spunti di riflessione per il futuro

Il confronto dei risultati con la letteratura disponibile sull'argomento ha permesso di convalidare alcuni risultati e di contraddirne altri, ma soprattutto di evidenziare alcuni limiti dell'esperimento.

Sono state presentate delle proposte per superare i limiti individuati.

Da un lato, si è proposto di completare la discussione attraverso un confronto "incrociato" dei risultati con quelli del primo anno del progetto (2018) e con quelli del partner tecnico italiano, per apportare nuove prospettive o confermare i risultati ottenuti.

D'altra parte, è stato suggerito che gli esperimenti potessero essere ripetuti durante un terzo anno di studio. Quest'ultimo richiederebbe poi una revisione dei protocolli di essiccazione e debatterizzazione, in particolare nell'ottica di avvicinarsi alle reali condizioni di produzione del settore delle piante aromatiche e medicinali, affinché i risultati possano essere utilizzati dagli operatori del settore.

In conclusione, questo lavoro ha permesso di sperimentare metodi innovativi di trattamento delle piante per preservarne meglio le caratteristiche organolettiche. I risultati non sono sempre conclusivi e mostrano sfumature a seconda delle varietà di piante studiate e delle condizioni in cui le piante vengono trattate. Sembra quindi che non esista un'unica regola valida, ma che i processi debbano essere adattati alle specie e alle condizioni locali.

Questo studio ha dimostrato che l'essiccazione a freddo permette in alcuni casi di migliorare la qualità. I produttori trarranno vantaggio dall'utilizzo di questa tecnologia quando le condizioni climatiche locali sono scarse (problemi di umidità relativa), mantenendo o addirittura migliorando la qualità del prodotto.

Si potrebbero prevedere dei test preliminari utilizzando le attrezzature installate nell'ambito del programma, al fine di orientare i produttori prima di realizzare degli investimenti.

FIGURE E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

TABELLE

Figura 1: Area ALCOTRA - territori transfrontalieri ammissibili, INTERREG-ALCOTRA, 2019. 15
Figura 2: Impianto di idrodistillazione di tipo Clevenger, CRIEPPAM. 20
Figura 3: Esempi di schede utilizzate per il test duo-trio. 22
Figura 4: Naso elettronico PEN 3. 23
Figura 5: Esempio di profilo rilevato mediante il naso elettronico. 24
Figura 6: Apparecchio di essiccazione sperimentale per la modalità di essiccazione "tradizionale", CRIEPPAM. 28
Figura 7: Essiccatore a ventilazione forzata utilizzato in Italia, DISAFA. 29
Figura 8: Deumidificatore a marchio Northwest Technologies NWT 35, CRIEPPAM. 30
Figura 9: Deumidificatore a marchio Northwest Technologies NWT100, Le Terre dei Savoia. 30
Figura 10: La trebbiatrice a postazione fissa utilizzata (PLOT 2375), CRIEPPAM. 30
Figura 11: Sezioni semifini di malva osservate al microscopio ottico 33
(A: pianta fresca, B: pianta essiccata mediante aria calda, C: pianta essiccata mediante aria fredda).
Figura 12: Sezioni semifini di melissa osservate al microscopio ottico 34
(A: pianta fresca, B: pianta essiccata mediante aria calda, C: pianta essiccata mediante aria fredda).
Figura 13: Sezioni semifini di menta osservate al microscopio ottico 34
(A: pianta fresca, B: pianta essiccata mediante aria calda, C: pianta essiccata mediante aria fredda).
Figura 14: Sezioni semifini di santoreggia osservate al microscopio ottico 35
(A: pianta fresca, B: pianta essiccata mediante aria calda, C: pianta essiccata mediante aria fredda).
Figura 15: Sezioni fini di malva osservate al microscopio elettronico. 36
Figura 16: Sezioni fini di malva osservate al microscopio elettronico e contaminazione fungina. 37
Figura 17: Sezioni fini di melissa osservate al microscopio elettronico. 38
Figura 18: Sezioni fini di menta osservate al microscopio elettronico. 39
Figura 19: Sezioni fini di santoreggia osservate al microscopio elettronico. 40
Figura 20: Osservazioni al microscopio stereoscopico di singoli campioni secondo il metodo di essiccazione. 41
Figura 21: Contenuto medio (ml/100 g SS) di oli essenziali di timo nel 2018 e nel 2019. 48
Figura 22: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti dell'olio essenziale di timo secondo la modalità del campione, 49
nel 2018 (a sinistra) e nel 2019 (a destra).
Figura 23: Contenuto medio (ml/100 g SS) di oli essenziali di origano nel 2018 e nel 2019. 49
Figura 24: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti dell'olio essenziale di origano secondo la modalità del campione, 50
nel 2018 (a sinistra) e nel 2019 (a destra).
Figura 25: Contenuto medio (ml/100 g SS) di oli essenziali di santoreggia nel 2018 e nel 2019, in Francia e in Italia. 50
Figura 26: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti dell'olio essenziale di santoreggia, 51
dai campioni francesi e italiani distillati nel 2018 e nel 2019.
Figura 27: Contenuto medio (ml/100 g SS) di oli essenziali di melissa, nel 2018 e nel 2019, in Francia e in Italia. 52

Figura 28: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti dell'olio essenziale di melissa, da campioni francesi e italiani distillati nel 2018 e nel 2019. 53
Figura 29: Contenuto medio (ml/100 g SS) di oli essenziali di menta, nel 2018 e nel 2019, in Francia e in Italia. 54
Figura 30: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti dell'olio essenziale di menta, da campioni francesi e italiani distillati nel 2018 (sinistra) e nel 2019 (destra). 54
Figura 31: Biplot e distribuzione di campioni di malva essiccata con metodo tradizionale (T) e a freddo (C) e sensori del naso elettronico. 61
Figura 32: Schema di funzionamento del trattamento delle piante mediante ozono gassoso. 64
Figura 33: Generatore di ozono Biofresh LM-5 (sx) e sonda di misurazione dell'ozono Analyzer uv-100 (dx). 65
Figure 34: Schema schematico del trattamento delle piante con acqua ozonizzata. 65
Figura 35: Apparecchio Eva System 100 per la produzione di acqua elettrolizzata (www.poloagrifood.it/site/sanilab). 66
Figura 36: Mortalità (%) negli esemplari adulti di Tribolium castaneum in seguito all'essiccazione a freddo (e) e in seguito all'essiccazione freddo + ozonizzazione a 100 ppm (e+o) per 4, 24 o 48 ore. 70
Figura 37: Risultati del test di debatterizzazione della melissa con acqua elettrolizzata a 400 ppm di cloro. I valori riportati per ciascun trattamento corrispondono alla differenza rispetto al campione fresco. 74
Figura 38: Contenuto medio di olio essenziale di melissa (ml/100 g MS) secondo i diversi metodi di essiccazione e le 2 "dosi" di trattamento con ozono applicate (Test 2018). 75
Figura 39: Contenuto medio (ml/100 g MS) di olio essenziale di melissa trattata con ozono, secondo le 2 modalità di essiccazione (Test 2019). 76
Figura 40: Percentuale (%) dei primi 5 costituenti degli oli essenziali di melissa trattata con ozono nel 2018 (a sinistra) e nel 2019 (a destra). 77
Figura 41: Contenuto medio (ml/100 g MS) di olio essenziale di melissa trattato con acqua elettrolizzata, a seconda del metodo di essiccazione (prove francesi e italiane). 77
Figura 42: Percentuale (%) dei 5 principali costituenti degli oli essenziali di melissa trattati con acqua elettrolizzata. 78
Figura 43: Istogramma dei risultati dei test duo-trio sull'effetto del trattamento e del tipo di essiccazione. 79
Figura 44: Schema di funzionamento di una confezionatrice a flusso verticale ("vertical form fill seal" VFFS) e macchina utilizzata per il confezionamento di erbe aromatiche essiccate. 84
Figura 45: Termofardellatrice manuale con camera di sottovuoto compensato utilizzata per il confezionamento delle piante essiccate. 85
Figura 46: Piante essiccate confezionate in sacchetti doypack compostabili (a sinistra) e convenzionali (a destra). 87
Figura 47: Piante essiccate confezionate in confezioni flow pack compostabili (a sinistra) e convenzionali (a destra). 87
Figura 48: Deumidificatore a marchio Northwest Technologies, Le Terre dei Savoia. 92

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Abassi K., Bakhshi Khaniki G., Sefidkon F., 2006. Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of Satureja hortensis. Journal of Food Chemistry. Vol. 99, Issue 1, pp 19-23.

Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé, 2008. Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles, contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles [online] Disponibile al link: ***www.ansm.sante.fr/reco-criteres-qualite-huiles-essentielles.pdf*** (consultato il 15/06/2019).

Agromédia, 2015. HPP: l'agroalimentaire se met sous hautes pressions [online] Disponibile al link: ***cutt.ly/neTOkJD*** (consultato il 25/09/2019).

Arabhosseini A., Padhye S., Van Beek T., Van Boxtel A., Huisman W., Posthumus M., Müller j., 2006. Loss of essential oil of tarragon (Artemisia dracunculus L.) due to drying. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 86, Issue 15, pp 2543-2550.

Argyropoulos D., Müller J., 2014. Changes of essential oil content and composition during convective drying of lemon balm (Melissa officinalis L.). Industrial Crops and products, Vol. 52, pp 118-124.

Atti-Santos A., Pansera M-R., Paroul N., Atti-Serafini L., Moyna P., 2011. Seasonal Variation of Essential Oil Yield and Composition of Thymus vulgaris L. (Lamiaceae) from South Brazil. Journal of essential oil research. Vol. 16, pp 294-295.

Benabdelkader T., 2012. Biodiversité, Bioactivité et Biosynthèse des composés terpéniques volatils des Lavandes Ailées Lavandula stoechas sensu lato, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique. Thèse en biologie et écophysiologie végétale sous la direction de A. Kameli et L. Legendre. Ecole Normale Supérieure de Kouba-Alger, 281 pagine.

Bio de Provence-Alpes-Côte d'Azur, 2016. De la production à la vente des plantes à parfum, aromatiques et médicinales (frais et sec). Collection « Mini-Guide Filière et Marchés PPAM bio », Edition 2016 [online] Disponibile al link: ***cutt.ly/aeTOzXH*** (consultato il 13/06/2019).

Bio de Provence-Alpes-Côte d'Azur, 2018. Plantes aromatiques et médicinales cultivées et cueillette. Chiffres clés au 31/12/2017. Observatoire Régional de l'Agriculture Biologique – PACA, Edition 2018 [online] Disponibile al link: ***urlz.fr/aYq5*** (consultato il 13/06/2019).

Bonduau S., Joliet T., 2013. Fiche technique - PPAM bio « procédés et techniques de séchage de PPAM bio à la ferme » [online] Disponibile al link: ***urlz.fr/aYq8*** (consultato il 10/07/2019).

Bray, 2018. Les Français et l'alimentation: de nombreuses attentes à combler. Consommateurs, etudes de consommation, bio & responsable. Article LSA-conso [online] Disponibile al link: ***cutt.ly/BeTOxBk*** (consultato il 29/07/2019).

Christieans S., 2015. Nouvelles technologies alternatives à la désinfection chimique ; Intérêts, limites, avenir. WorkShop EcoSec [online] Disponibile al link: ***cutt.ly/LeTOMl4*** (09/07/2019).

CPPARM, 2008. La journée annuelle technico-économique des plantes à parfum, aromatiques et médicinales bio, 9 octobre 2008 dans le Puy de Dôme [online] Disponibile al link: ***www.cpparm.org/wp-content/uploads/Journee_2008_sechage.pdf*** (consultato il 10/07/2019).

CPPARM, 2018. Production française de PPAM Bio: Forces et besoins en région SUD. Speed Meeting CPPARM, 27 novembre 2018, Forcalquier [documento interno].

CPPARM, 2019a. "La filière française des PPAM", fiche plaquette CPPARM.

CPPARM, 2019b. Innovations organisationnelles dans le processus de transformation des plantes aromatiques [documento interno].

CRIEPPAM, 2019. Nos activités [online] Disponibile al link: ***www.crieppam.fr*** (consultato il 22/04/2019).

CTCPA, 2017. Technologie de décontamination : ozone gazeux [documento interno].

CTCPA, 2018. Technologies de séchage et de décontamination pour les plantes aromatiques et médicinales [documento interno].

CTCPA, 2019a. Technologies de séchage : Séchage à température ambiante sur claies [documento interno].

CTCPA, 2019b. Technologies de séchage: Séchage basse température – pompe à chaleur [documento interno].

Deans S.G., Svoboda K., Bartlett M., 1990. Effect of Microwave Oven and Warm-Air Drying on the Microflora and Volatile Oil Profile of Culinary Herbs. Journal of Essential Oil Research. Vol. 3, Issue 5, pp 341-347.

Deschepper R., 2017. Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse de doctorat en pharmacie, Faculté de Pharmacie de Marseille, 172 pagine.

Determinazione della Direzione Sanità n°780, 2011. Linee guida per l'analisi del rischio nel campo della microbiologia degli alimenti [online] Disponibile al link: ***www.ceirsa.org/docum/allegato_punto4.pdf*** (consultato il 19/09/2019).

Département de la Haute-Savoie, 2019. INTERREG ALCOTRA (France-Italie) [online] Disponibile al link: ***www.hautesavoie.fr/interreg-alcotra-france-italie*** (consultato il 22/04/2019).

Dhulster P., Karoui R., 2015. Principes physiques du séchage / Le séchage par entraînement. Génie industriel alimentaire en ligne, Université de Lille - Sciences et Technologies [online] Disponibile al link: ***tech-alim.univ-lille1.fr/sechage/co/Chapitre1_4.html*** (consultato il 12/07/2019).

Diaz-Maroto M.C., Pérez-Coello M.S, Sanchez-Palomo E., Gonzales-Vinas M.A., 2007. Impact of drying and storage time on sensory characteristics of rosemary (Rosmarinus officinalis L.). Journal of Sensory Studies. Vol. 22, Issue 1, pp 34-48.

Diaz-Maroto M.C., Gonzalez-Vinas M.A., Cabezudo M.D., 2003. Evaluation of the effect of drying on aroma of parsley by free choice profiling. European Food Researche and Technology. Vol. 216, Issue 3, pp 227-232.

Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des fraudes, 2019. Réglementation relative aux auxiliaires technologiques [online] Disponibile al link: ***cutt.ly/reTOnAr*** (consultato il 15/09/2019).

Eau-pure-services.com, 2019. Principe d'électrolyse du système Converss [online] Disponibile al link: ***eau-pure-services.com/docs/electrolyse.pdf*** (consultato il 14/08/2019).

Ebadi M., Azizi M., Sefidkon F., Ahmadi N., 2015. Influence of different drying methods on drying period, essential oil content and composition of Lippia citriodora Kunth. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants. Vol. 2, pp 182-187.

Essica, 2016. Description technique détaillée [documento interno].

Essica, 2017a. WP3.1.1 Etude du marché des PPAM et identification des 4 plantes aromatiques les plus significatives pour chaque zone [documento interno].

Essica, 2017b. WP3.1.2 Rapport de l'enquête sur le séchage et la débactérisation pratiqués en France [documento interno].

Essica, 2017c. WP3.1 Microbiologie des herbes aromatiques [documento interno].

Essica, 2018a. WP3.1 Rapport de synthèse final – études et planification préliminaires [documento interno].
Essica, 2018b. WP3.1.4. Restituzione dello studio bibliografico sugli insetti di maggiore interesse per le specie aromatiche identificate [documento interno].

Essica, 2018c. Commerce extérieur France et Italie. Données Comtrade [documento interno].

Fathima A., Begum K., Rajalakshmi D., 2001. Microwave drying of selected greens and their sensory characteristics. Plant Foods for Human Nutrition. Vol. 56, Issue 4, pp 303-311.

Feknous S., Saidi F., Mohamed Said R., 2014. Extraction, caractérisation et identification de quelques métabolites secondaires actifs de la mélisse (Melissa officinalis L.). Revue « Nature & Technologie ». A- Sciences fondamentales et Engineering, n° 11/Juin 2014, pp 07-13.

Fogele B., Granta R., Valciņa O., Bērziņš A., 2018.Occurrence and diversity of Bacillus cereus and moulds in spices and herbs. Food Control. Vol. 83, pp. 69-74.

FranceAgriMer, 2012. Etude sur l'analyse de chaînes de valeur dans les filières de plantes à parfum, aromatiques et médicinales. Rapport final [online] Disponibile al link: ***cutt.ly/3eTOmTg*** (consultato il 17/09/2019).

FranceAgriMer, 2016a. Filière Plantes à parfum, aromatiques et médicinales, Panorama 2015. Données et bilans [online] Disponibile al link: cutt.ly/0eTOQRS (consultato il 13/08/2019).

FranceAgriMer, 2016b. La place de la production bio en PPAM [online] Disponibile al link: cutt.ly/eeTOWr2 (consultato il 13/06/2019).

FranceAgriMer, 2016c. Les plantes à parfum, aromatiques et médicinales en France [online] Disponibile al link: www.ceddem.org/maj/upload/publications/fichier_47.pdf (consultato il 02/10/2019).

FranceAgriMer, 2018. Filières plantes à parfum, aromatiques et médicinales; Panorama 2016. Direction Marchés, études et prospective / Délégation nationale de FranceAgriMer Volx / édition 2018 [online] Disponibile al link: cutt.ly/8eTOEqh (consultato il 12/06/2019).

Garbowska M., Berthold-Pluta A., Stasiak-Rozanska L., 2015. Microbiological quality of selected spices and herbs including the presence of Cronobacter spp. Food Microbiology. Vol.49, pp 1-5.

Hoxha V., Ilbert H., Sahi L., 2016. Le marché des plantes aromatiques et médicinales: analyse des tendances du marché mondial et des stratégies économiques en Albanie et en Algérie. Etude du Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes - Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier (CIHEAM-IAMM), Rapport final, 222 p. [online] Disponibile al link: cutt.ly/xeTOEIm (consultato il 25/04/2019).

Huang Y-R., Hung Y-C., Hsu S-Y., Huang Y-W., Hwang D-F., 2008. Application of electrolyzed water in the food industry [online] Disponibile al link: cutt.ly/ReTORuW (consultato il 14/08/2019).

Imelouane B., Amhamdi H., Whatelet JP., Ankit M., Khedid K., El Bachiri A., 2009. Chemical composition of the essential oil of thyme (Thymus vulgaris) from Eastern Morocco. International Journal of Agriculture ans Biology. Vol.11, Issue 2, pp 205–208.

INTERREG – ALCOTRA, 2018. Programme de Coopération Territoriale Transfrontalière: Interreg V – A France–Italie Alcotra 2014–2020 (version 3, 110 pages) [online] Disponibile al link: www.interreg-alcotra.eu/sites/default/files/pc_version_3_04-05-2018_fr.pdf (consultato il 23/04/2019).

INTERREG – ALCOTRA, 2019. Présentation générale du programme [online] Disponibile al link: cutt.ly/7eTOTth (consultato il 22/04/2019).

ITEIPMAI, 1995. Le séchage, des principes à la définition de votre installation. Chemillé, 1995. 166 pagine.
ITEIPMAI, 2013. Les huiles essentielles dans la protection des cultures: une voie en cours d'exploration. 8 pages [online] Disponibile al link: cutt.ly/WeTOLQO (consultato il 27/10/2019).

ITEIPMAI, 2019. La filière PPAM [online] Disponibile al link: www.iteipmai.fr/qui-sommes-nous/la-filiere-ppam (consultato il 22/04/2019).

Jerkovic I., Mastelic J., Milos M., 2001. The impact of both the season of collection and drying on the volatile constituents of Origanum vulgare L. ssp. hirtum grown wild in Croatia. International Journal of Food Science and Technology. Vol. 36, Issue 6, pp 649-654.

Kaloustian J., Chevalier J., Mikail C., Martino M., Abou L., Vergnes M., 2008. Étude de six huiles essentielles: composition chimique et activité antibactérienne. Phytotérapie, Vol.6, Issue 3, pp 160-164.

Kazi M., Parlapani F.F., Boziaris I.S., Vellios E.K., Lykas C., 2017. Effect of ozone on the microbiological status of five dried aromatic plants. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol.98, Issue 4, pp 1369-1373.

Kordali S., Cakir A., Ozer H., Cakmakci R., Kesdek M., Mete E., 2008. Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish Origanum acutidens and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. Bioresource Technology. Vol.99, Issue 18, pp 8788-8795.

Kustrac D., Kuftinec J., Blazevik N., Maffei M., 1995. Comparison of the Essential Oil Composition of Two Subspecies of Satureja montana. Journal of essential oil research. Vol. 8, Issue 1, pp 7-13.

Labbé J., 2018. Les plantes médicinales et l'herboristerie: à la croisée de savoirs ancestraux et d'enjeux d'avenir. Rapport

d'information n° 727 (2017-2018) [online] Disponibile al link: *www.senat.fr/rap/r17-727/r17-7274.html* (consultato il 10/06/2019).

Larousse agricole, 2002. Plantes à parfum, plantes aromatiques, plantes médicinales. Définitions [online] Disponibile al link: *www.larousse.fr/archives/agricole/page/431* (consultato il 10/09/2019).

Le Men A., 2018. Comptes rendus de la mi développement de l'herboristerie. Table ronde autour de Mme Ida Bost, auteure d'une thèse sur l'histoire des herboristes en France, Pr Pierre Champy, professeur de pharmacognosie à l'université Paris-Sud, Mme Agnès Le Men, directrice du Conservatoire national des plantes à parfum, médicinales, aromatiques et industrielles (CNPMAI) [online] Disponibile al link: *cutt.ly/UeTOYhk* (consultato il 17/06/2019).

Lenntech, 2019a. Génération de l'ozone [online] Disponibile al link: *www.lenntech.fr/bibliotheque/ozone/generation/ozone/ozone-generation.htm* (consultato il 09/06/2019).

Lenntech, 2019b. Introduction à l'ozone [online] Disponibile al link: *www.lenntech.fr/bibliotheque/ozone/ozone/ozone-introduction.htm* (consultato il 09/06/2019).

Lenntech, 2019c. Mécanisme de désinfection à l'ozone [online] Disponibile al link: *cutt.ly/YeTOUua* (consultato il 09/06/2019).
Lenntech, 2019d. Propriétés et structures de l'ozone [online] Disponibile al link: *www.lenntech.fr/bibliotheque/ozone/proprietes/ozone/ozone-proprietes.htm* (consultato il 09/06/2019).

Lenntech, 2019e. Désinfectants: acide péracétique [online] Disponibile al link: *cutt.ly/geTOUPW* (consultato il 19/09/2019).
Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2019. Infographie - L'agriculture biologique en France [online] Disponibile al link: *agriculture.gouv.fr/infographie-lagriculture-biologique-en-france* (consultato il 17/06/2019).

Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, 2013. Piano di settore della filiera delle piante officinali 2013-16 [online] Disponibile al link: *cutt.ly/ieTOHbm* (consultato il 08/08/2019).

Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, 2014. Piano di settore della filiera delle piante officinali 2014-16 [online] Disponibile al link: *cutt.ly/LeTOIRw* (consultato il 08/08/2019).

Muséum National d'Histoire Naturelle, 2019a. Thym commun [online] Disponibile al link: *cutt.ly/oeTOObn* (consultato il 22/04/2019).

Muséum National d'Histoire Naturelle, 2019b. Origanum vulgare L. [online] Disponibile al link: *inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/111289* (consultato il 22/04/2019).

Omidbaigi R., Sefidkon F., Kazemi F., 2004. Influence of drying methods on the essential oil content and composition of Roman chamomile. Flavour and fragrance journal. Vol.19, Issue 3, pp 196-198.

Ongeng D., Devlieghere F., Debevere J., Coosemans J., & Ryckeboer J., 2006. The efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating spoilage microorganisms in process water and on minimally processed vegetables. International Journal of Food Microbiology. Vol.109, Issue 3, pp 187-197.

Pérez A., Sanz C., Rios J., Olias R., Olias J., 1999. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality. Journal of Agriculture and food Chemistry. Vol. 47, pp 1652 -1656.

Pirbalouti A., Hashemi M., Ghahfarohi F., 2013a. Essential oil and chemical compositions of wild and cultivated Thymus daenensis Celak and Thymus vulgaris L. Industrial Crops and Products. Vol.48, July 2013, pp 43-48.

Pirbalouti A., Oraie M., Pouriamehr M., Badadi E., 2013b. Effects of drying methods on qualitative and quantitative of the essential oil of Bakhtiari savory (Satureja bachtiarica Bunge). Industrial Crops and Products. Vol.46, pp 324-327.

Plan de la filière des Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales, 2017. Données issues de FranceAgriMer et des structures de la filière [online] Disponibile al link: *cutt.ly/GeTOPbk* (consultato il 17/06/2019).

PPAM de France, 2019. CRIEPPAM [online] Disponibile al link: *www.ppamdefrance.com/crieppam* (consultato il 05/05/2019).

Produire Bio, 2016. La filière PPAM bio [online] Disponibile al link: *www.produire-bio.fr/filiere-ppam-bio* (consultato il 17/06/2019).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Rahman S.M.E, Khan I.,Oh D-H., 2016. Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: current trends and future perspectives [online] Disponibile al link: ***cutt.ly/ieTOAms*** (consultato il 17/08/2019).

Sénat, 2019. Les plantes médicinales et l'herboristerie: à la croisée de savoirs ancestraux et d'enjeux d'avenir; III. Un environnement réglementaire complexe et contraint: des freins à lever. Rapport d'information [online] Disponibile al link: ***www.senat.fr/rap/r17-727/r17-7276.html#toc162*** (consultato il 12/08/2019).

Senatore F., 1996. Influence of Harvesting Time on Yield and Composition of the Essential Oil of a Thyme (Thymus pulegioides L.) Growing Wild in Campania (Southern Italy). Journal of agricultural and food chemistry. Vol. 44, Issue 5, pp 1327-1332.

Sermondadaz S., Chauveau L., 2017. Salon de l'agriculture: l'agriculture française en quelques chiffres [online] Disponibile al link: ***cutt.ly/IeTOSma*** (consultato il 10/06/2019).

Terre dei Savoia, 2019. Essica – Innovation de procédés pour la filière des plantes aromatiques séchées [online] Disponibile al link: ***www.visitterredeisavoia.it/it/progetti/essica*** (consultato il 22/04/2019).

Torlak E., Sert D., Ulca P., 2013. Efficacy of gaseous ozone against Salmonella and microbial population on dried oregano. International Journal of Food Microbiology. Vol.165, Issue 3, pp 276-280.

Trotec GmbH, 2019. Les déshumidificateurs industriels à condensation de la série DH [online] Disponibile al link: ***cutt.ly/3eTOD2j*** (consultato il 16/06/2019).

Valtcho D., Zheljazkov, Astatkie T., Schlegel V., 2012. Distillation Time Changes Oregano Essential Oil Yields and Composition but Not the Antioxidant or Antimicrobial Activities. American society for horticultural sciences. Vol. 47, Issue 6, pp 777-784.

Venskutonis P.R., 1997. Effect of drying on the volatile constituents of thyme (Thymus vulgaris L.) and sage (Salvia officinalis L.). Food Chemistry. Vol. 59, Issue 2, pp 219-227.

Wang H., Feng H., Luo Y., 2004. Microbial reduction and storage quality of fresh-cut cilantro washed with acidic electrolyzed water and aqueous ozone. Food Research International. Vol. 37, Issue 10, pp 949-956.

Wani S., Maker J., Thompson J., Barnes J., Singleton I., 2015. Effect of Ozone Treatment on Inactivation of Escherichia coli and Listeria sp. on Spinach. Journal of Agriculture. Vol. 5, pp 155-169.

Wójcik-Stopczyńska B., Jakubowska B., Reichelt M., 2009. Microbiological contamination of dried culinary herbs. Herba Polonica. Vol. 55, Issue 3, pp 207-213.

Xu J., Ji B-P., Pei R-S., Xu N., 2008. The antibacterial mechanism of carvacrol and thymol against Escherichia coli. Letters in applied microbiology. Vol. 47, Issue 3, pp 174-179.

Zeng X., Tang W., Ye G., Ouyang T., Tian L., Ni Y., Li P., 2010. Studies on Disinfection Mechanism of Electrolyzed Oxidizing Water on E. coli and Staphylococcus aureus. Journal of Food Science. Vol. 75, Issue 5, pp 253-260.

APPENDICE

APPENDICE 1

ANTEA INCONTRA ESSICA
I FIORI EDULI ESSICCATI A BASSA TEMPERATURA

AUTORI: Sonia Demasi, Matteo Caser, Nicole Mélanie Falla, Elena Cerutti, Giuseppe Zeppa, Valentina Scariot

Fiori ed infiorescenze commestibili rappresentano da secoli un elemento chiave dell'alimentazione in molte aree del mondo, con documentazioni risalenti agli antichi Greci e Romani, che impiegavano i fiori per conferire spunti sensoriali interessanti ai piatti e per dare piacere alla vista (Fernandes et al., 2017; Pires et al., 2019; Takahashi et al., 2020). Il consumatore italiano utilizza e consuma tradizionalmente diverse specie di fiori ed infiorescenze, quali ad esempio i fiori di zucca, i carciofi o lo zafferano; oggigiorno l'interesse verso questi prodotti è in crescita, grazie anche alla creatività dei cuochi che amano stupire utilizzando ingredienti dall'aspetto e dal sapore insoliti (Teubner, 2001). Il mercato dei fiori commestibili, sebbene ancora di nicchia, è in continua espansione in tutto il mondo e le specie maggiormente prodotte e commercializzate sono Calendula officinalis L., Hibiscus rosa-sinensis L., Rosa spp., Tagetes spp., Tropaeolum majus L. e Viola spp. (Fernandes et al., 2020). Le specie dal fiore commestibile sono tuttavia innumerevoli, sia coltivate che spontanee, e sono oggetto di numerosi studi scientifici (Ceccanti et al., 2018). I fiori eduli posseggono infatti numerose proprietà benefiche, dovute ai composti bioattivi che li costituiscono. Oltre ad avere un alto contenuto di acqua ed essere poveri di grassi, i fiori sono caratterizzati da vitamine, polifenoli e antociani, in misura variabile a seconda della specie e delle condizioni di coltivazione e trasformazione. Questi composti sono i maggiori responsabili dell'attività antiossidante, che contribuisce a contrastare l'invecchiamento cellulare e le malattie ad esso collegate, quali stati infiammatori e problemi cardiovascolari (Durazzo et al., 2019). L'industria alimentare sta inoltre valutando le potenzialità degli estratti fiorali come additivo o colorante naturale.

I fiori eduli sono molto versatili e possono essere impiegati in svariati modi nelle preparazioni alimentari: freschi per la guarnizione dei piatti e insalate, arrostiti, stufati, inseriti in cubetti di ghiaccio per preparare cocktail e drink, cristallizzati con zucchero, conservati sotto spirito o trasformati per produrre tisane e sciroppi (Mlcek and Rop, 2011). I fiori eduli sono però caratterizzati da un alto tasso di umidità, respirazione e traspirazione, come tutti i prodotti di origine vegetale, e dopo 2-5 giorni dal momento della raccolta iniziano a deperire con conseguente appassimento, perdita del colore ed imbrunimento dei tessuti (Fernandes et al., 2018). L'essiccazione è sicuramente una tecnologia efficace per prolungare la shelf-life di questi prodotti che possono così essere più facilmente commercializzabili grazie ad una maggior stabilità. L'essiccazione tradizionale (effettuata tra i 40°C e i 70°C) può però portare ad alterazioni a livello compositivo e sensoriale dei fiori durante il processo, oltre a ridurne notevolmente la bellezza. Le elevate temperature infatti, combinate a lunghi intervalli di trattamento, possono avere effetti negativi su gusto, colore e caratteristiche nutrizionali del prodotto finito, oltre a modificarne la consistenza, risultando in alcuni casi poco appetibili (Sharma e Prasad, 2003). L'essiccazione a bassa temperatura, ampiamente diffusa nel comparto alimentare, potrebbe invece consentire di preservare le caratteristiche sensoriali e fisico-chimiche delle matrici sottoposte al trattamento.

È stata quindi sviluppata una sinergia tra i progetti Interreg Alcotra VA "Antea" (n. 1139 - http://interregantea.eu/), volto allo studio e alla promozione di attività innovative per lo sviluppo della filiera transfrontaliera del fiore edule tra Italia e Francia, ed "Essica" (Fig. 1). La sperimentazione ha previsto la valutazione dell'essiccazione a bassa temperatura sui fiori commestibili (Fig.2), presso i laboratori del Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA) dell'Università di Torino, con il coordinamento della Prof.ssa Valentina Scariot. Sono state studiate otto specie di fiori eduli (Fig.3): Bellis perennis L., Centaurea cyanus L., Dianthus carthusianorum L., Lavandula angustifolia Mill., Primula vulgaris Huds., Rosa canina L., Rosa pendulina L. e Viola odorata L. In particolare, il prodotto essiccato a bassa temperatura (Fig. 4) è stato confrontato sia con il fiori freschi appena raccolti, che con quelli essiccati in maniera tradizionale (in stufa a 50°C) (Fig. 5). Per ogni specie e tipologia di prodotto, sono stati preparati degli estratti acquosi mediante tecnologia ad ultrasuoni (Takahashi et al., 2020) e su tali estratti sono stati valutati il contenuto in polifenoli totali, il contenuto in antociani totali e l'attività antiossidante. Sebbene in generale non si siano evidenziate differenze significative a livello fitochimico tra le due tipologie di essiccazione, quella a bassa temperatura ha preservato meglio le caratteristiche estetiche, mantenendo colori più vividi nei fiori (Fig. 6). L'essiccazione a bassa temperatura applicata ai fiori eduli risulta quindi una tecnologia adatta alla valorizzazione di questa produzione emergente, che merita ulteriori studi e approfondimenti.

Figura 1 Loghi dei progetti Interreg-Alcotra Antea e Essica

Figura 2 Interno dell'essiccatore a bassa temperatura utilizzato nei progetti Essica e Antea.

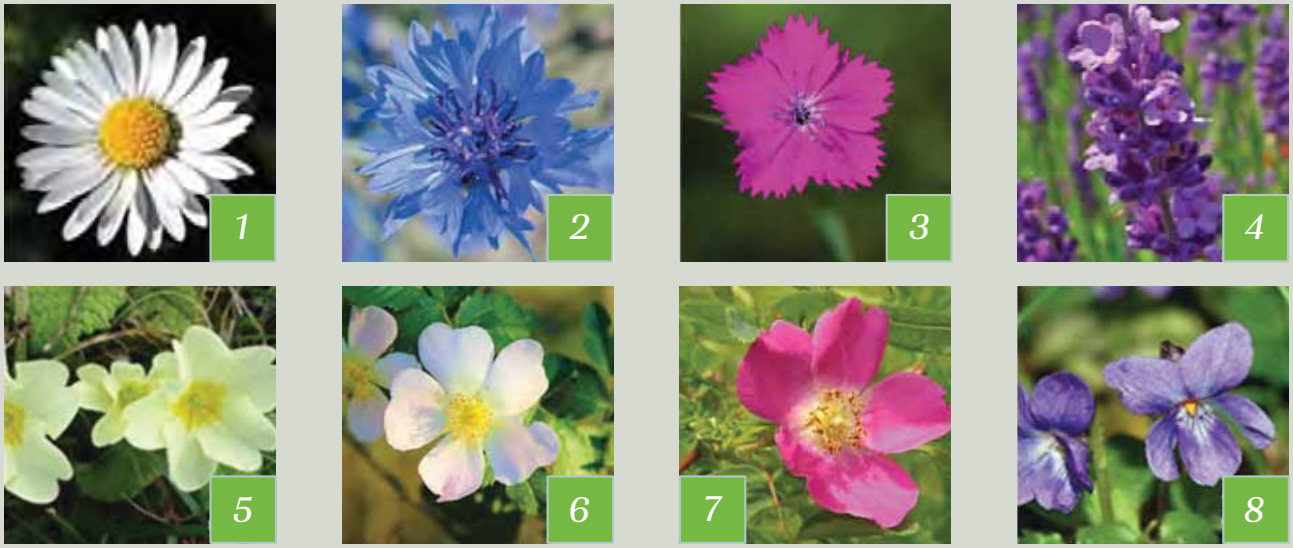


Figura 3 Specie dal fiore commestibile sottoposte ad essiccazione a bassa temperatura: Bellis perennis (1), Centaurea cyanus (2), Dianthus carthusianorum (3), Lavandula angustifolia (4), Primula vulgaris (5), Rosa canina (6), Rosa pendulina (7) e Viola odorata (8).

Figura 4 Fiori freschi di Primula vulgaris disposti sui vassoi per l'essiccazione.

Figura 5 Fiori di Primula vulgaris freschi (sinistra) ed essiccati mediante metodo tradizionale (destra).

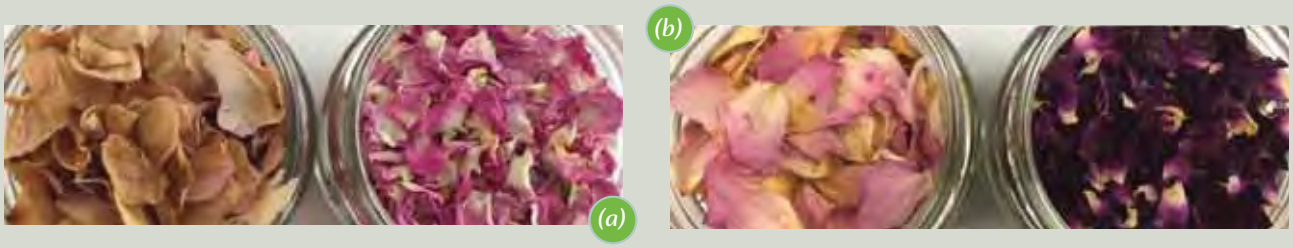


Figura 6 Petali di (a) Rosa canina e (b) Rosa pendulina essiccati con metodo tradizionale (sinistra) e a bassa temperatura (destra).

Bibliografia

Ceccanti, C., Landi, M., Benvenuti, S., Pardossi, A., and Guidi, L. (2018). Mediterranean Wild Edible Plants: Weeds or "New Functional Crops"? Molecules 23, 2299. ***doi.org/10.3390/molecules23092299***

Durazzo, A., Lucarini, M., Souto, E. B., Cicala, C., Caiazzo, E., Izzo, A. A., et al. (2019). Polyphenols: A concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. Phyther. Res. 33, 2221–2243. ***doi.org/10.1002/ptr.6419***

Fernandes, L., Casal, S., Pereira, J.A., Saraiva, J.A., Ramalhosa, E., 2017. Edible flowers: A review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effects on human health. J. Food Compos. Anal. 60, 38–50. ***doi.org/10.1016/j.jfca.2017.03.017***

Fernandes, L., Saraiva, J.A., Pereira, J.A., Casal, S., Ramalhosa, E., 2019. Post-harvest technologies applied to edible flowers: A review. Food Rev. Int. 35, 132–154. ***doi.org/10.1080/87559129.2018.1473422***

Fernandes, L., Casal, S., Pereira, J.A., Saraiva, J.A., Ramalhosa, E., 2020. An overview on the market of edible flowers. Food Rev. Int. 36, 258–275. ***doi.org/10.1080/87559129.2019.1639727***

Mlcek, J., Rop, O., 2011. Fresh edible flowers of ornamental plants - A new source of nutraceutical foods. Trends Food Sci. Technol. 22, 561–569. ***doi.org/10.1016/j.tifs.2011.04.006***

Pires, T.C.S.P., Barros, L., Santos-Buelga, C., Ferreira, I.C.F.R., 2019. Edible flowers: Emerging components in the diet. Trends Food Sci. Technol. 93, 244–258. ***doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.020***

Sharma G.P., Prasad S., 2003. Drying of garlic (Allium sativum) cloves by microwave hot air combination. Journal of Food Engineering: 50: 99-105.

Takahashi, J.A., Rezende, F.A.G.G., Moura, M.A.F., Dominguete, L.C.B., Sande, D., 2020. Edible flowers: Bioactive profile and its potential to be used in food development. Food Res. Int. 129, 108868. ***doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108868***

Teubner C., 2001. Erbe: l'arte di cucinare con i fiori. In "Food", Teubner Edition, 20-35 pp.

Progetto a cura di

Associazione Le Terre dei Savoia
ELENA CERUTTI
FRANCESCO COZZOLINO
LUCIA ZAQUINI

Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – DISAFA Università di Torino
SELENA COSTARELLI
PAOLA DOLCI
BARBARA LETIZIA INGEGNO
ELENA MANGIA
LUCIANA TAVELLA
GIUSEPPE ZEPPA

Centre Régionalisé Interprofessionnel d'Expérimentation en Plantes à Parfum Aromatiques et Médicinales – CRIEPPAM
BERT CANDAELE
JENNIFER COËT
LOAN JAUD
SYLVAIN PERROT
FATOU THIONE

FranceAgriMer
CLAUDE CHAILAN
ALIX COURIVAUD

Polo Agrifood
DARIO VALLAURI

Grafica
SERENA BOSCA

Traduzioni
EVA BRUNO

ESSICA Lab
presso Palazzo Taffini d'Acceglio
Ingresso da Via Antica Contrada delle Beccherie
Savigliano 12038 (CN)
Tel. 0172/86472 | essicalab@leterredeisavoia.it
www.leterredeisavoia.it/essica-laboratorio

ISBN 9788899731601