



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA, ANIMALI, ALIMENTI, RISORSE  
NATURALI E AMBIENTE

DIPARTIMENTO DI BIOMEDICINA COMPARATA E ALIMENTAZIONE

Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Animali

**Separazione di diverse varietà di canapa  
(*Cannabis sativa* L.) nelle frazioni botaniche e  
uso del pannello nell'alimentazione del vitello a  
carne bianca**

*Partition of different hemp varieties (*Cannabis sativa* L.) in botanic  
fractions and use of hemp cake in veal calves feeding*

Relatrice: Ch.ma Prof.ssa Lucia Bailoni

Correlatrice: Sheyla Arango

Laureanda: Sara Gabriele

Matricola n. 2021757

Anno accademico 2021/2022

*A mia mamma, mio papà e Andrea*

*A Vidal*

## Indice

Riassunto.....	1
Abstract.....	3
1. Introduzione.....	5
1.1. Origine e caratteristiche della canapa.....	5
1.1.1. Origine e diffusione.....	5
1.1.2. Caratteristiche botaniche di specie.....	7
1.1.3. Principali varietà.....	11
1.1.4. Esigenze pedo-climatiche.....	12
1.1.5. Tecniche agronomiche per la coltivazione.....	13
1.2. Impieghi della canapa.....	15
1.2.1. Utilizzi non alimentari.....	16
1.2.2. Utilizzi in alimentazione umana.....	19
1.2.3. Utilizzo in zootecnia.....	19
1.2.3.1. Lettieria per uso zootecnico.....	19
1.2.3.2. Impiego in alimentazione animale.....	20
2. Obiettivo della tesi.....	25
3. Materiali e metodi.....	26
3.1. Caratteristiche nutrizionali delle varietà.....	26
3.1.1. Separazione delle diverse frazioni botaniche.....	27
3.1.2. Analisi chimiche.....	28
3.2. Caratteristiche fisiche delle varietà.....	31
3.3. Uso della canapa nell'alimentazione dei vitelli a carne bianca.....	33
3.3.1. Prova sperimentale <i>in vivo</i> .....	33
3.3.1.1. Struttura della stalla.....	33
3.3.1.2. Caratteristiche degli animali e trattamenti.....	34
3.3.1.3. Tecniche di allevamento.....	34
3.3.1.4. Rilievi periodici.....	38
3.3.2. Prova sperimentale <i>post-mortem</i> .....	39
3.3.2.1. Rilievi sulla carcassa.....	39
3.3.2.2. Analisi sul <i>Longissimus dorsi</i> .....	40
3.4. Analisi statistica dei dati.....	42

4. Risultati e discussione.....	43
4.1. Caratteristiche nutrizionali delle varietà.....	43
4.1.1. Incidenza delle frazioni botaniche.....	45
4.1.2. Composizione chimica.....	47
4.2. Caratteristiche fisiche delle varietà.....	58
4.3. Uso della canapa nell'alimentazione dei vitelli a carne bianca.....	61
4.3.1. Prestazioni <i>infra-vitam</i> .....	61
4.3.2. Resa e caratteristiche della carcassa.....	63
4.3.3. Caratteristiche chimico-fisiche e nutrizionali della carne.....	64
5. Conclusioni.....	68
6. Bibliografia.....	69
Ringraziamenti.....	75

# Riassunto

Negli ultimi anni, la coltivazione di *Cannabis sativa* L. è cresciuta, sia in termini di superficie che di interesse per l'industria di trasformazione. La canapa gioca un importante ruolo nella nutrizione, perché è un'eccellente fonte di proteine, vitamine, minerali e lipidi, con un alto contenuto di acidi grassi polinsaturi. Per questo motivo, diversi studi hanno valutato gli effetti dell'inclusione della canapa nell'alimentazione degli animali da allevamento; tuttavia, ad oggi non esistono pubblicazioni scientifiche che riguardano i vitelli a carne bianca.

Questa tesi si occupa dell'inclusione di pannello di canapa, ottenuto dopo un'estrazione meccanica a freddo dell'olio dai semi di canapa (*Cannabis sativa* L.), nelle diete di vitelli a carne bianca. L'obiettivo era quello di valutare l'effetto del pannello sulle performances *infra-vitam* e *post-mortem* in 54 vitelli, maschi di razza Frisona. Il disegno sperimentale ha previsto 2 principali tesi, che differiscono per la quantità di pannello incluso nel mangime complementare: 0% nel gruppo di controllo (CTRL) e 3% nel gruppo con canapa (HM). I vitelli sono stati allocati in 10 box, 5 per ogni tesi sperimentale. Non sono state registrate differenze significative nelle prestazioni produttive, se si eccettua una migliore crescita nelle prime fasi della prova e una più elevata resa della carcassa negli animali che hanno ricevuto canapa rispetto a quelli di controllo. La carne ottenuta è risultata simile per colore, nelle due tesi, ma meno tenera e con maggiori perdite di cottura per i soggetti alimentati con la canapa. Inoltre, gli attesi trasferimenti di acidi grassi della serie omega 3 non si sono verificati nel gruppo di animali che hanno ricevuto il pannello di canapa. In conclusione, la sostituzione con pannello di canapa delle fonti proteiche più tradizionali, come la farina di estrazione di soia, può essere considerata un'interessante strategia dal punto di vista economico, alla luce anche del recente aumento dei costi delle materie prime e delle difficoltà di approvvigionamento; tuttavia, ulteriori studi saranno necessari per verificare i dosaggi in grado di migliorare anche le caratteristiche nutrizionali della carne di vitello.

Questa sperimentazione ha valutato anche le caratteristiche chimiche, fisiche e nutrizionali di 10 diverse varietà di canapa, coltivate presso il CREA di Rovigo e separate nelle frazioni botaniche, e la possibilità di utilizzare il canapulo come materiale da lettiera. Sulla pianta intera e sulle frazioni botaniche (semi, foglie e steli), separate manualmente da ciascuna pianta, nonché sull'olio e sul pannello, ottenuti mediante estrazione a freddo, sono state effettuate le analisi della composizione chimica. Sul canapulo ottenuto dopo la macerazione, sono stati valutati, invece, alcuni parametri di tipo fisico, come l'umidità, la capacità di assorbimento idrico e l'assorbimento ammoniacale. I risultati di queste analisi dimostrano che, in generale, la destinazione d'uso descritta in bibliografia delle diverse varietà è in linea con le caratteristiche chimiche riscontrate nelle piante. Inoltre, i risultati sulle caratteristiche fisiche dei canapuli aprono a un possibile utilizzo di questa pianta come lettiera per gli animali.

# Abstract

In recent years, the cultivation of *Cannabis sativa* L. has grown in terms of surface area but also by an interest of industrial use. Hemp plays an important role in nutrition, because it's an excellent source of proteins, lipids with high content in polyunsaturated fatty acids, minerals, and vitamins. For this reason, several studies evaluated the effects of hemp inclusion in farm animals feeding, but there are no scientific papers on veal calves available today.

This thesis focuses on the inclusion of hempseed cake obtained after the cold mechanical extraction of the oil from the seeds of hemp (*Cannabis sativa* L.) in veal calves' diets. The aim of this thesis was to evaluate the effect of hemp cake on *infra-vitam* and *post-mortem* performances in 54 male Holstein veal calves. The experimental design provided 2 groups, that differ according to the inclusion of hempseed cake in concentrate feed: 0% in control group (CTRL) and 3% in hemp group (HM). The calves were allocated in 10 pens, 5 for each experimental group. No statistically differences were observed in the *in vivo* performances, except for better growth rate in the first period of the trial and higher carcass yield in the group of animals that received hemp compared to the controls. The meat obtained was similar in colour, in the two groups, but a less tender and a grater cooking loss of meat were observed for calves receiving hemp cake. The expected transfer of omega 3 fatty acids did not occur in the group of animals receiving the hemp cake. In conclusion, the replacement of the traditional protein sources (for examples soybean meal) with hemp cake can be considered an interesting strategy from an economic point of view, also in light of the recent increase in raw material costs and difficulties. Further studies will be necessary to verify the suitable dosage of hemp cake that can also improve the nutritional characteristics of veal meat.

This experiment also evaluated the chemical, physical and nutritional characteristics of 10 different varieties of hemp, grown at the CREA in Rovigo and separated into botanical fractions, and the possibility of using hemp shives as bedding material.

Chemical composition analyses were carried out on the whole plant and on the three botanical fractions (seeds, leaves and stems), manually separated from each plant, as well as on the oil and cake, obtained by cold extraction process. On the hemp shives, obtained after maceration, some physical parameters were evaluated, such as humidity, water adsorption capacity and ammonia absorption. The results of this analysis show that, in general, the classification of the different varieties is in line with the chemical characteristics found in the plants. Furthermore, the results on the physical characteristics of the hemp shives open up a possible use of this plant as a litter for animals.



# 1. Introduzione.....

## 1.1. Origine e caratteristiche della canapa.....

Dominio	<i>Eukaryota</i>
Regno	<i>Plantae</i>
Divisione	<i>Tracheopita</i>
Sottodivisione	<i>Pteropsida</i>
Classe	<i>Angiospermae</i>
Sottoclasse	<i>Dicotiledoneae</i>
Superordine	<i>Dilleniidae</i>
Ordine	<i>Urticales</i>
Famiglia	<i>Cannabaceae</i>
Genere	<i>Cannabis</i>
Specie	<i>sativa</i>
Sottospecie	<i>C. sativa</i> L. <i>subsp. Sativa</i> (L.)

Melosini M., 2016

### 1.1.1. Origine e diffusione.....

La canapa è considerata una delle colture più antiche, coltivate fin dal 12.000 a.C. (Venturi e Amaducci, 2003). Le prime testimonianze storiche sull'utilizzo della canapa, però, risalgono ad antichissimi documenti cinesi del 2.700 a.C., nei quali è indicata come la prima pianta tessile allora in uso. Tuttavia, diversi studiosi riportano come fosse coltivata in Asia e nell'est Europa già nell'età neolitica, dove era utilizzata come materiale da costruzione e fibra tessile. Si pensa che questa specie sia stata introdotta in Europa da tribù nomadi dell'Asia centrale nel 1.500 a.C. e in Africa da commercianti arabi nel 700 d.C. (Fleming & Clarke, 1998) (figura 1).

In Europa, la canapa ricoprì un ruolo importante sia per l'agricoltura che per l'economia tra il XIV e il XV secolo. In questo periodo era utilizzata principalmente per la produzione di manufatti tessili, i cui scarti costituivano l'unica materia grezza disponibile in questo territorio in quel periodo per la produzione di carta (McPartland et al., 2018). In Italia si è diffusa tra il V e il IV secolo a.C., come materiale per la costruzione di vele e corde, utilizzo

mantenuto fino al XIX secolo, e raggiunse la massima espansione agli inizi del XX secolo, vedendo il Piemonte e l'Emilia Romagna come le regioni con le produzioni di migliore qualità e portando l'Italia al secondo posto mondiale per la produzione di canapa. Nonostante l'importanza di questa coltura nell'attività agricola, l'Italia non possedeva grandi impianti di trasformazione, come l'Inghilterra, la Francia o la Germania; per questo motivo, dopo la Seconda guerra mondiale la superficie coltivata a canapa iniziò a contrarsi di anno in anno, passando da 75.000 ha a neanche un migliaio nel 1970 sull'intero territorio nazionale (Capasso, 2001). Il declino fu causato anche da una politica di proibizionismo americana, che pressò l'ONU affinché dichiarasse la marijuana uno stupefacente; i paesi europei iniziarono quindi a promulgare leggi repressive nei confronti della *Cannabis*, con lo scopo di far sparire la pianta entro 30 anni (Ranalli, 2020; West, 1998).

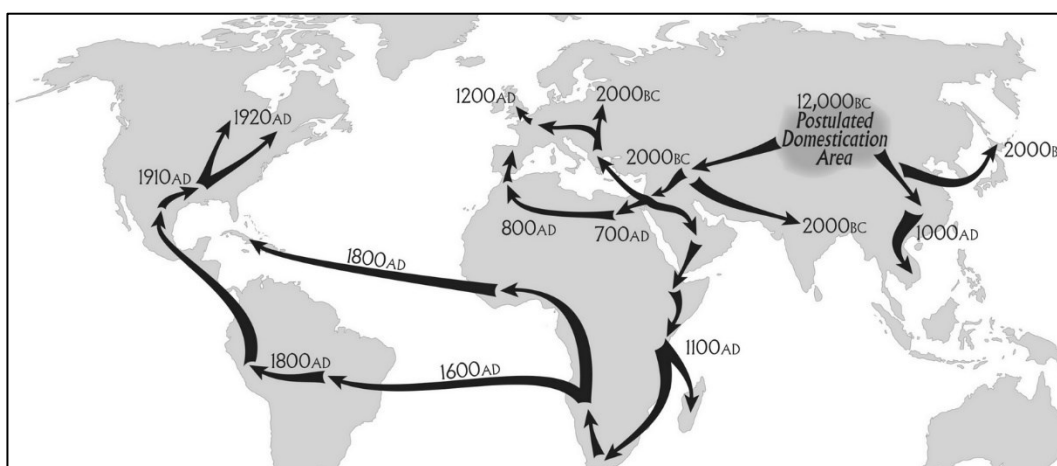


Figura 1 – Diffusione della *Cannabis* in tutto il mondo a partire all'ipotetica addomesticazione in Asia nel 12.000 a.C. (Melosini, 2016)

La riscoperta della canapa è avvenuta in Europa agli inizi degli anni '90, grazie agli aiuti governativi per lo sviluppo di tecnologie innovative per la trasformazione delle piante da fibra. Ne è conseguita in Italia una Circolare del Ministero delle Politiche Agricole, nel 1997, grazie alla quale sono state definite le modalità da seguire onde prevenire confusione con le coltivazioni da droga. Agli inizi del 1998 è nato, quindi, il Coordinamento Nazionale per la Canapicoltura (ASSOCANAPA), un'associazione che riunisce tutti gli operatori del settore che intendono impegnarsi per lo sviluppo della

canapicoltura in Italia (Madia e Tofani, 1998). La legge 242/2016 “per il sostegno e la promozione della coltivazione e della filiera della canapa (*Cannabis sativa* L.) quale coltura in grado di contribuire alla riduzione dell’impatto ambientale in agricoltura, alla riduzione del consumo dei suoli e della desertificazione e alla perdita di biodiversità” garantisce la possibilità di coltivare alcune varietà, senza necessità di autorizzazione, allo scopo di ottenere alimenti, cosmetici, semilavorati, materiale organico destinato al sovescio, materiale finalizzato alla fitodepurazione, ai lavori di bioingegneria e bioedilizia, nonché per le coltivazioni dedicate alle attività didattiche e al florovivaismo (Amirante, 2020).

### 1.1.2. Caratteristiche botaniche di specie.....

La canapa è una pianta alta ed eretta, il cui sviluppo è fortemente influenzato dalle condizioni ambientali e soprattutto da un’evidente diversità fenotipica tra le diverse varietà di *Cannabis sativa* L., raggiungendo per esempio da 4 m a 1 m di altezza (Petit et al., 2020) (figura 2).

La radice è un fittone con esili ramificazioni laterali, che esplorano un notevole volume di terreno; in assenza di strati compattati possono raggiungere anche i 200 cm di profondità (Amaducci et al., 2008).

Il fusto è cilindrico, di colore verde, più o meno intenso, e giallognolo alla fine del ciclo vegetativo; può essere liscio o ruvido e, nelle parti giovani, è coperto di peluria. Si riconosce una corteccia esterna, detta tiglio, e una parte interna, detta canapulo. Mentre il tiglio è di colore verde e rappresenta il 25-30% delle fibre del fusto, il canapulo è di colore bianco e ne rappresenta il 70-75% (Ranalli, 2020). Queste due zone differiscono nella composizione chimica. Bedetti et al. (1976) riportano che la parte corticale presenta un alto contenuto di cellulosa (67%) ed emicellulosa (13%) e un basso contenuto di lignina (4%); al contrario, evidenziano che il canapulo ha una distribuzione più omogenea delle tre parti, rispettivamente il 38%, 31% e 18%. Le diverse fibre che compongono il fusto vengono distinte in primarie, o lunghe, e secondarie, o corte, a seconda delle loro dimensioni e struttura. La fibra primaria riveste un maggiore interesse dal punto di vista

commerciale, grazie alla sua struttura in fascetti. La lunghezza delle fibre primarie varia da 5 a 55 mm (in media 20-28 mm) e il loro diametro è di circa 32  $\mu\text{m}$ . Le fibre secondarie sono invece più corte, circa 2 mm, e, essendo deposte durante l'accrescimento secondario quando l'internodo non si allunga più, hanno un diametro inferiore, circa 17  $\mu\text{m}$  (Venturi e Amaducci, 2003). I vari fasci sono uniti tra loro da lamelle mediane formate da sostanze peptiche che, mediante il processo di macerazione, si scioglieranno e libereranno il taglio. La percentuale di fibre corticali o cilindriche e il rapporto tra fibre primarie e secondarie dipendono dalla *cultivar*, dalla fittezza di coltivazione e dall'età della pianta, andando quindi a determinare i diversi utilizzi che ne possono derivare (Salentijn et al. 2015). In uno studio di Amaducci et al. (2008) si sono evidenziate delle differenze nella finezza delle fibre lungo lo stelo della canapa, con fibre più grossolane nella parte inferiore e fibre più fini in quella superiore. Un gradiente simile è stato individuato per la maturità della fibra, con fibre immature nella porzione apicale e fibre con un grado di riempimento del lume maggiore in quella basale. Questo si traduce nella possibilità di raccogliere con specifiche tecniche le diverse parti della pianta, destinando ogni porzione al suo migliore processo di trasformazione.



Figura 2 – Caratteristiche botaniche di *Cannabis sativa* L. (Amirante, 2019)

La canapa presenta due foglie cotiledonari, piccole, ovali, carnose, a lembo interno, pelose, sessili e senza stipole, che avvizziscono e cadono con lo sviluppo della pianta. Le foglie definitive sono invece grandi, con stipole, picciolo e lembo dentato. Quelle dei primi nodi sono semplici, mentre quelle dei nodi successivi sono composte, costituite da 3 o più foglioline. Con l'avanzare della fioritura, il numero di foglioline per foglia diminuisce, fino ad arrivare a una singola fogliolina prima di ogni coppia di fiori (Ranalli, 2020). La *Cannabis sativa* L. è una pianta dioica, che presenta individui aventi soltanto fiori maschili o fiori femminili. Ciò nonostante, con una frequenza dello 0,1% è possibile la crescita spontanea anche di individui monoici, che presentano quindi entrambi i sessi su parti diverse della pianta. Le piante femminili e maschili sono caratterizzate da un dimorfismo sessuale ampio, che non colpisce solo la morfologia della pianta ma anche il tempo di fioritura e la qualità delle fibre. La pianta maschile, ad esempio, ha una struttura snella, con poche foglie, fiorisce presto e muore subito dopo la fioritura; le pareti cellulari sono meno lignificate e presenta un rapporto tra fibre primarie e secondarie elevato. La pianta femminile, al contrario, è più frondosa, ha una fioritura più tardiva e rimane in vita fino alla maturazione dei semi, accumulando una maggiore quantità di lignina e di fibre secondarie (Petit et al., 2020).

L'impollinazione è anemofila e può avvenire anche a 2-3 km di distanza. I fiori maschili, staminiferi, sono di colore bianco-giallognolo e sono riuniti in pannocchie terminali, ognuno dei quali presenta 5 petali fusi alla base e 5 stami. I fiori femminili, pistilliferi, sono invece composti da un calice membranaceo, contenente un ovulo pendulo, sormontato da due stili e due stimmi. È nel calice che, in caso di fecondazione, andrà a formarsi il seme. Con la maturazione, il fiore femminile si ricopre di tricomi ghiandolari, i quali rappresentano i principali siti di bioaccumulo di cannabinoidi e terpeni. Nella canapa, i cannabinoidi predominanti sono gli acidi cannabinoidi THCA, con azione psicotropa, e il CBDA, con proprietà terapeutiche (figura 3); ci sono anche il CBNA, presente nelle fasi giovanili, e il CBGA, noto per gli effetti antibatterici.

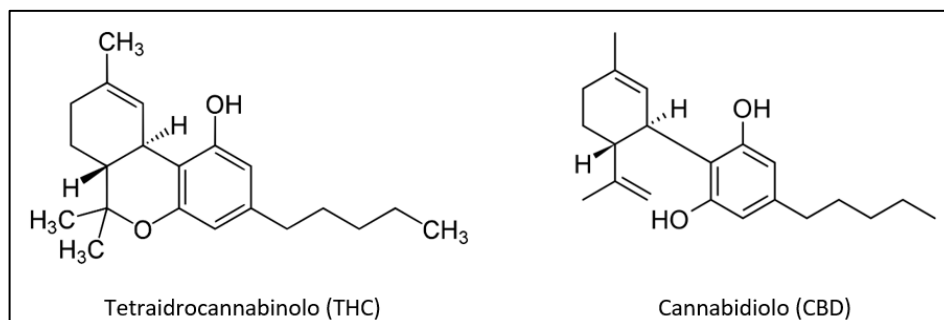


Figura 3 – Struttura chimica del tetraidrocannabinolo (THC) e del cannabidiolo (CBD)

I terpeni sono responsabili della componente aromatica che contraddistingue questa pianta. Nella *Cannabis* sono circa 200 e rappresentano il 10-20% degli oli totali prodotti dai tricomi ghiandolari, costituendo un interessante potenziale terapeutico come antibatterico e antifungino. La *Cannabis sativa* L. produce anche i flavonoidi, ossia un gruppo di composti fitochimici, prodotti dal metabolismo secondario che hanno diverse funzioni, come attrarre gli insetti impollinatori e proteggere contro parassiti, funghi e raggi UV. Questi costituiscono circa il 2,5% del peso secco di fiori e foglie, mentre sono quasi assenti nei semi e nelle radici (Ranalli, 2020).

I frutti della canapa sono rappresentati da acheni, di forma tondeggiate, lisci, ciascuno contenente un seme con un endosperma carnoso e un embrione ricco di olio. Il loro colore è grigio chiaro o marrone chiaro e spesso sono marmorizzati. Misurano 2,5-5 mm di lunghezza e 2-4 mm di larghezza. Il peso di 1.000 semi varia tra 2 e 70 grammi, a seconda delle varietà; ad esempio, in quelle da fibra si aggira intorno ai 20 grammi. Inoltre, il peso dei semi di varietà monoiche è più basso di quello delle varietà dioiche. Infine, i semi di canapa contengono il 20-25% di proteine, 20-30% di carboidrati, 25-35% di olio e 10-15% di fibre; hanno notevoli qualità nutritive, dovute alla presenza di olio ricco di acidi grassi essenziali omega-3 e omega-6 e un contenuto proteico completo di tutti gli aminoacidi essenziali (Amirante, 2019).

### 1.1.3. Principali varietà.....

Le varietà di *Cannabis sativa* L. ammesse alla coltivazione nell'ambito dell'Unione Europea sono elencate nell'allegato XII del Reg. CE 1251/1999 e successive modifiche. Queste sono le varietà che hanno un contenuto di THC (tetraidrocannabinolo) nelle infiorescenze inferiore allo 0,2% (Madia e Tofani, 1998). Attualmente, le varietà di canapa registrate che in Europa possono essere legalmente coltivate sono 68. Tuttavia, con la legge 242 del 2016, in Italia è stato innalzato il limite di THC che può essere contenuto nelle infiorescenze in campo fino allo 0,6%, specificando che nel caso dovesse superare questa soglia l'autorità giudiziaria può disporre il sequestro o la distruzione della coltivazione (Ranalli, 2020).

La scelta varietale rappresenta nella coltivazione della canapa una delle principali sfide per gli agricoltori. In primo luogo, l'impiego di tipi monoici o dioici condiziona l'intera strategia di produzione. Ad esempio, nelle dioiche la fioritura e la maturazione delle piante maschili precedono di una quindicina di giorni, come visto in precedenza, quelle femminili e, a fioritura ultimata, le piante maschili disseccano mentre quelle femminili fecondate portano il seme a maturazione. La scelta del periodo di raccolta, pertanto, influenza notevolmente il prodotto finale che si ottiene. Una raccolta in piena fioritura delle piante maschili provoca una produzione massima di tiglio, prima che queste disseccino e aumentino la quantità di lignina. Il discorso cambia per le varietà monoiche, da cui si ottengono contemporaneamente le produzioni di fibra e di seme. Anche in questo caso, però, la raccolta alla maturazione del seme, provoca un peggioramento della qualità della fibra, nonostante la pianta non disseccchi alla fioritura. È per questo motivo, ad esempio, che le varietà monoiche francesi vengono prevalentemente impiegate per la produzione di carta o nella bioedilizia (Venturi e Amaducci, 2003). Per queste ragioni, le caratteristiche che determinano la scelta varietale sono in funzione del tipo di produzione prevista e della qualità richiesta. Quando il prodotto principale è la fibra di qualità, è indispensabile ottenere piante giganti che è una caratteristica delle sole varietà dioiche quali Carmagnola, Carmagnola selezionata, Kompolti, Fibranova. Tra



queste, la Kompolti è caratterizzata dal contenuto in fibra più alto (30%) poiché è stata sottoposta negli ultimi decenni ad un continuo miglioramento genetico, mentre le italiane sono rimaste al 15% o 20%. Qualora si intenda invece produrre sia seme che fibra, sono da preferire le varietà monoiche, caratterizzate da tutte piante porta-seme, al contrario delle dioiche che contano un'alta percentuale media di maschi (40-45%). Per una produzione specifica da seme, è bene indirizzare l'attenzione su varietà con limitato sviluppo in altezza, per facilitare le operazioni di trebbiatura (Madia e Tofani, 1998). Tra queste, quelle più utilizzate nel nostro Paese sono Futura 75, Felina e USO 31 (Ranalli, 2020).

#### 1.1.4. Esigenze pedo-climatiche.....

Grazie a un ciclo vegetativo breve e un'ampia variabilità, la canapa può adattarsi a diversi climi; quelli più favorevoli sono i caldo-umidi delle regioni temperate, che consentono grandi produzioni in termini di sostanza organica (Madia e Tofani, 1998). La canapa risente del fotoperiodo in modo differente a seconda del periodo fenologico. Durante i primi 2-3 mesi, una durata del giorno maggiore assicura uno sviluppo vegetativo più importante. Successivamente, la pianta richiede solo 12-14 ore di luce per fiorire e completare il ciclo biologico (Amirante, 2020). In generale, i semi di canapa necessitano di una somma termica di 96°C per l'emergenza, germinando entro 3-7 giorni dalla semina (Ranalli, 2020), quando nel terreno vengono raggiunte stabilmente temperature di 8-10°C (Amirante, 2020). Nel periodo che va dalla semina alla fioritura, i caldi precoci, specie se accompagnati da intensa aridità, sono nocivi, poiché dispongono le piante a pre-fiorire e rimanere basse di statura (Madia e Tofani, 1998). La temperatura minima per la fioritura è quindi di 19°C e per la maturazione dei semi di 13°C (Amirante, 2020).

La canapa è una pianta migliorativa del terreno, perché non richiede interventi di fertilizzazione, antiparassitari e diserbanti; inoltre, migliora la struttura e la fertilità del terreno, rendendola un'ottima coltivazione da inserire nell'avvicendamento. Per le sue caratteristiche, può succedere



anche a sé stessa, per due o tre anni, senza che il terreno accusi fenomeni di stanchezza (Amirante, 2020). In generale, i migliori terreni sono quelli di medio impasto, profondi, freschi, permeabili e con un alto tenore in sostanza organica. Ciò nonostante, buone rese (8-10 t/ha) possono essere ottenute anche su terreni meno dotati, purché i suoli non siano eccessivamente argillosi e caratterizzati da prolungati ristagni idrici (Madia e Tofani, 1998). Il pH ottimale per la coltura dovrebbe essere intorno a 6 e comunque inferiore a 7 (Amirante, 2020) e bisogna prestare particolare attenzione alla giacitura dei terreni, in modo tale da garantire una buona esposizione; è infatti necessario evitare eccessive pendenze, per la conseguente difficoltà a utilizzare le macchine per la raccolta (Ranalli, 2020).

### 1.1.5. Tecniche agronomiche per la coltivazione....

Le lavorazioni iniziano con un'aratura profonda e combinata a una concimazione di fondo, che apporti gli elementi nutritivi poco mobili, come fosforo e potassio, ed eventualmente sostanza organica. Altri minerali, come il calcio, sono molto assorbiti dalla pianta, ma non è necessaria la loro somministrazione, essendo già abbastanza presenti nei terreni italiani (Madia e Tofani, 1998). La concimazione azotata, invece, viene distribuita in funzione dell'avvicendamento colturale che viene eseguito. La canapa è infatti sensibile alla disponibilità di azoto, risentendo sia di un accrescimento stentato e disomogeneo, se carente, che di una scarsa qualità della fibra e di diradamento, se eccedente (Amirante, 2020). Per quanto riguarda la lotta alle infestanti, questa coltura è fortemente competitiva e in genere non necessita di interventi per il controllo delle malerbe; bisogna sottolineare comunque che infestazioni economicamente dannose si presentano prevalentemente nel caso di coltivazioni estese e ripetute.

Dopo le lavorazioni preparatorie è opportuno procedere alla semina, non appena il terreno si presenta senza ristagni e non vi è più il pericolo di brinate. In Italia, l'epoca adatta è compresa tra marzo, nel centro-sud, e metà aprile, nel centro-nord. I semi vengono posti a una profondità di 2-3 cm e la densità di semina varia a seconda della produzione che si deve

ottenere. Essendo questa correlata allo sviluppo verticale e alla ramificazione del fusto, si opterà per una densità elevata nel caso di produzione da fibra (100-150 piante/m<sup>2</sup>), per forzare lo sviluppo delle piante in altezza e prevenire la ramificazione del fusto. Nel caso si voglia ottenere la maggiore quantità di seme possibile, si dovrà invece permettere un'ottima ramificazione della pianta e adottare una densità di semina molto più bassa (30-50 piante/m<sup>2</sup>). Infine, nelle produzioni miste, che devono dare un raccolto soddisfacente sia di seme che di fibra, si considererà un investimento medio di 40-60 piante/m<sup>2</sup> (Madia e Tofani, 1998).

Tradizionalmente la canapa non era una coltura irrigua, avendo un apparato radicale profondo in grado di sfruttare al meglio le riserve idriche del suolo (Amaducci et al., 2008). Inoltre, elevate disponibilità idriche favoriscono l'accrescimento secondario, che riduce la qualità della fibra e aumenta la quantità di canapulo (Fernandez-Tendero et al., 2017). Ciò nonostante per la produzione di seme, in condizioni di scarsa disponibilità idrica può essere necessario un intervento irriguo (Ranalli, 2020).

Dopo 110-120 giorni, la canapa giunge alla maturazione tecnica della fibra con la fioritura, prima delle piante maschili e due settimane dopo delle femminili. Dal momento che la maturazione del seme è disomogenea, non solo tra diverse piante ma anche sullo stesso individuo, la raccolta deve avvenire prima della maturazione degli ultimi semi. Non è prudente, infatti, ritardare questa operazione per attendere la completa maturazione delle piante perché, a maturità completa, i semi si disarticolano facilmente dalla pianta, aumentando le perdite in campo (Madia e Tofani, 1998). Le operazioni di raccolta sono differenti a seconda della produzione che deriva dalla canapa. Nel caso si debba raccogliere il seme, si può utilizzare una mietitrebbia, ottenendo i migliori risultati con una auto-livellante, che regola l'altezza di taglio in modo da consentire l'ingresso nell'apparato trebbiante solo della parte terminale degli steli, evitando rischi di intasamento. La canapa destinata ad altri usi, nei quali non è rilevante la lunghezza della fibra, può essere invece raccolta come pianta intera. Non essendo richiesto l'assortimento regolare degli steli, l'operazione di raccolta può essere

attuata in due tempi: taglio degli steli con falciatrice e andatura, in una prima fase, rotoimbollatura della biomassa dopo essiccamento in campo, in una seconda fase. Infine, nel caso di raccolta della canapa per uso tessile, soprattutto se di qualità, vi è l'esigenza di tenere in ordine gli steli e l'esigenza di rendere compatibile la pianta di canapa con gli impianti che lavorano il lino, utilizzati per la sua trasformazione (Di Candilo et al., 2003). In questo caso si può interrompere lo sviluppo della pianta di canapa (baby hemp) quando raggiunge l'altezza di 110-120 cm, con un disseccante chimico, o raccogliere la pianta a completo sviluppo utilizzando una macchina in grado di sezionare lo stelo in 2-3 segmenti, ciascuno di lunghezza pari a quella della pianta di lino.

## 1.2. Impieghi della canapa.....

La *Cannabis sativa* L. rappresenta una risorsa preziosa non solo per l'elevata produttività e i bassi input necessari per la sua coltivazione, ma anche per la notevole diversificazione dei prodotti che si possono ottenere da essa (figura 4). Ad esempio, valutando l'impatto ambientale che deriva dalla sua bassa richiesta di input chimici e dalla forte competizione con le infestanti, la canapa risulta avere un forte effetto rinettante. Inoltre, sono state evidenziate le sue capacità di fitodepurazione e l'elevato valore paesaggistico. Insieme, queste caratteristiche rendono la canapa una coltura ideale per l'agricoltura biologica (Venturi e Amaducci, 2003).

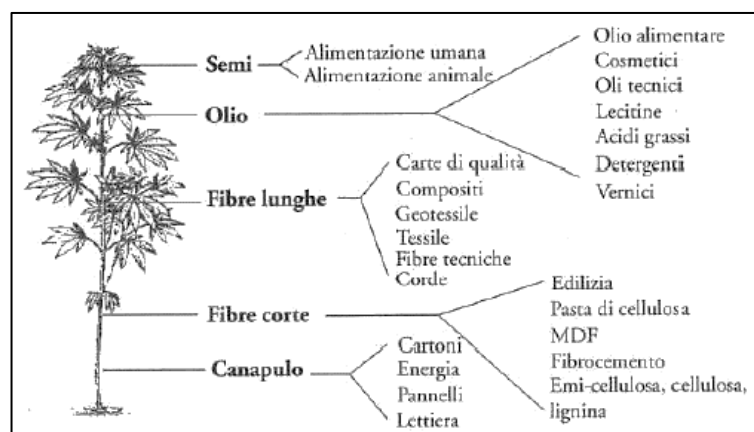


Figura 4 – Possibili impieghi delle frazioni di *Cannabis sativa* L. (Venturi e Amaducci, 2003)

## 1.2.1. Utilizzi non alimentari.....

### Canapa per uso tessile

La coltivazione, trasformazione e tessitura della canapa erano attività che in passato occupavano tutta la famiglia lungo il corso dell'anno. La produzione riguardava maggiormente corde per le attività agricole, reti da pesca, vele per le imbarcazioni e tessuti di vario tipo. Al giorno d'oggi, con il crescente interesse rivolto alle fibre naturali, rappresenta un materiale interessante perché le sue fibre sono cave e rendono il tessuto fresco d'estate e caldo d'inverno (Ranalli, 2020); inoltre, ha proprietà antibatteriche e antifungine e resiste meglio all'usura, con una resistenza agli strappi tre volte maggiore a quella del cotone (Amirante, 2020).

### Canapa per cellulosa

La Bibbia di Gutenberg e la Dichiarazione d'Indipendenza degli Stati Uniti furono scritti e stampati su carta di canapa. Questa è caratterizzata da una fibra forte e lucida, resistente al calore, alla muffa e agli insetti. Oggi, nonostante la sua produzione sia molto limitata per via della richiesta di impianti industriali specifici, cresce l'interesse nei suoi confronti. Oltre a poter utilizzare la parte fibrosa, con la quale si crea carta d'alta qualità, è possibile convertire anche la parte legnosa in cartoni e giornali (Ranalli, 2020). Inoltre, fare la carta con la fibra di canapa comporta importanti vantaggi. Questa, infatti, ha un'elevata produttività in cellulosa, per cui 1 ha coltivato a canapa produce in pochi mesi la stessa cellulosa prodotta da 4 ettari di foresta in decenni. In aggiunta, presenta solo il 40% delle pectine e della lignina presenti negli alberi, rendendo più facile la lavorazione. Infine, la carta che si ottiene dalla canapa è già di colore bianco, riducendo notevolmente l'inquinamento che deriva dai composti chimici utilizzati per sbiancare la carta da legno (Amirante, 2020).

### Canapa per la bioedilizia

Il canapulo, avendo una struttura alveolare, è un materiale leggero e a bassa densità; inoltre, questa struttura crea dei microscopici alveoli colmi d'aria che favoriscono i processi di micro-condensazione e micro-

evaporazione in grado di isolare termicamente un edificio (figura 5). Recentemente si sono valutate anche le sue proprietà elastiche, che permettono l'applicazione nei trattamenti antisismici. L'utilizzo della canapa in bioedilizia è al momento limitato per la mancanza di *cultivar* specializzate, che abbiano il 70% in più di canapulo rispetto alle tradizionali varietà da fibra, storicamente selezionate per ridurre questa frazione. Attualmente quindi, la filiera produce coltivando piante monoiche, più basse e robuste rispetto alle dioiche, e applicando scelte agronomiche che favoriscono uno sviluppo maggiore del fusto, come la densità di semina rada (Ranalli, 2020).



Figura 5 – Biomattone in canapa e calce (Amirante, 2020)

#### Cannabis per uso medico

Attualmente si ritiene che la canapa possa servire a scopo medicinale per contrastare nausea, artriti, artrosi, glaucoma, tumori, epilessia, sclerosi multipla, dolori articolari e spasmi muscolari. Dal 2007, in Italia è riconosciuta come farmaco e pertanto può essere prescritta tramite il SSN (Servizio Sanitario Nazionale) da medici abilitati (Ranalli, 2020).

#### Canapa per carrozzerie per auto

L'alta resistenza della canapa la rende idonea anche alla produzione di carrozzerie per auto. L'industria dell'automobile è sempre più interessata, poiché le norme della Comunità Europea obbligano l'utilizzo di fibre naturali per almeno il 12% dei componenti. Nonostante già nel 1934 Henry Ford avesse proposto il prototipo di una carrozzeria costituita da canapa sia all'interno che all'esterno, al momento il suo utilizzo è previsto maggiormente come imbottitura delle portiere, costruzione del volante e del tettuccio (Ranalli, 2020). Inoltre, alcuni prodotti attualmente in commercio,

riducono il peso delle auto del 40% e le rendono più resistenti del 30% rispetto alle normali carrozzerie in metallo (Amirante, 2020).

#### Canapa per la produzione di bioplastica

Essendo ricca di cellulosa, la canapa può essere impiegata anche nella fabbricazione di bioplastica, in seguito a un processo di polimerizzazione. Il materiale ottenuto può essere utilizzato come isolante per l'imballaggio, ma anche per la conservazione degli alimenti e per prodotti a contatto con la pelle, grazie al suo vantaggio di essere atossica (Ranalli, 2020).

#### Canapa per la cosmetica

Grazie alle proprietà antisettiche e antinfiammatorie dell'olio estratto a freddo dai semi di canapa, si può utilizzare questo prodotto per trattare le irritazioni della pelle, nutrire e idratare i capelli, rassodare e lenire la pelle sia di adulti che di bambini. Esistono anche detergenti intimi, dopobarba, scrub e maschere, latte detergenti e tonici, nonché creme anti-età, oli abbronzanti e creme dopo sole, grazie ai radicali liberi presenti (Ranalli, 2020).

#### Canapa per le bioenergie

In questo settore purtroppo, la canapa risente della concorrenzialità di altre biomasse, come il sorgo. Paragonata a questa coltura, infatti, presenta una resa più bassa del 30-50% e un potenziale metanigeno più basso; questi dati sono ragionevoli, visto che contiene il 60% di cellulosa in meno rispetto al sorgo. Anche per la produzione di bioetanolo la produzione è simile (Ranalli, 2020).

#### Canapa per le nanotecnologie

Tra le applicazioni più innovative vi è la produzione di batterie alla canapa, che hanno tempi di ricarica molto inferiori e risultano efficienti in un intervallo di temperature più elevato, oltre che avere tempi di ricarica molto veloci che le rendono adatte all'utilizzo nei veicoli elettrici (Ranalli, 2020). Recentemente, le fibre di canapa sono state anche trasformate in un nanomateriale simile al grafene, noto per essere il materiale più sottile, forte e leggero mai realizzato, con un costo finale più basso (Amirante, 2020).

## 1.2.2. Utilizzo in alimentazione umana.....

Il seme di canapa contiene il 24% di proteine ad alto valore biologico, poiché contengono tutti gli amminoacidi essenziali, e il 30-40% di olio, che è ricco di grassi insaturi (Ranalli, 2020). In tutte le pubblicazioni, il rapporto n-6/n-3 è inferiore a 5:1 (Bailoni et al., 2021). È una fonte particolarmente ricca di acido linoleico (18:2 n-6) e acido  $\alpha$ -linolenico (18:3 n-3), oltre ai rispettivi metaboliti biologici come l'acido  $\gamma$ -linolenico (18:3 n-6) e l'acido stearidonico (18:4 n-3) (Callaway, 2004). I semi potrebbero essere una buona fonte proteica, come possibile alternativa alla carenza di proteine nei paesi in via di sviluppo, e un cucchiaino di olio di semi al giorno sarebbe sufficiente a soddisfare il fabbisogno di antiossidanti (Ranalli, 2020; Farinon et al, 2020). Dalla macinazione dei semi si ottiene una farina scura e da un gusto marcato, ricca di fibre, proteine, oli essenziali, sali minerali e vitamina E. L'assenza di glutine la rende adatta anche all'utilizzo in prodotti per celiaci (Ranalli, 2020).

## 1.2.3. Utilizzo in zootecnia.....

### 1.2.3.1. Lettieria per uso zootecnico.....

Un buon materiale da lettiera deve essere molto assorbente, avere un tempo di essiccazione ragionevole e non deve essere tossico, né per gli animali né per gli operatori. Deve inoltre soddisfare i requisiti igienici e garantire che la concentrazione di ammoniaca non superi determinati livelli durante il ciclo produttivo (Villagra, 2011). Ricerche precedenti hanno suggerito che i migliori materiali per la lettiera permanente sono i trucioli di legno o la segatura di pino e altri legni morbidi. Questi, infatti, hanno una superficie ampia delle particelle, che trattiene bene i liquidi, e che, rendendo la lettiera maneggevole, migliora l'aerazione. Inoltre, il contenuto di lignina della segatura aiuta a resistere meglio agli attacchi microbici (Collins, 2012). Tutte queste caratteristiche devono essere studiate perché il materiale che compone una lettiera ha un effetto significativo sul benessere e sulle prestazioni degli animali. L'efficienza si determina con diversi fattori, tra cui

la dimensione delle particelle, la capacità di ritenzione idrica e il contenuto di umidità. Inoltre, un materiale deve anche garantire delle proprietà biochimiche e nutrizionali tali che non supportino la crescita batterica (Ferraz et al., 2020).

Il canapulo rappresenta la parte della pianta di canapa che più si avvicina alle caratteristiche sopra descritte. In uno studio di Ferraz et al. (2020), la canapa ha mostrato caratteristiche medie per quanto riguarda le proprietà fisiche e chimiche e caratteristiche interessanti per le proprietà biochimiche. Gli autori la considerano quindi utilizzabile come materiale da lettiera. Questo è confermato anche da Airaksinen et al. (2001), in cui, paragonato ad altri materiali da lettiera, presenta buone capacità di assorbimento ammoniacale (60% canapa rispetto a 44% trucioli e 64% segatura) e di assorbimento idrico (22,5 litri di canapa per trattenere 10 litri di acqua rispetto a 69,7 litri di paglia e 9,7 litri di segatura).

#### 1.2.3.2. Impiego in alimentazione animale.....

La *Cannabis sativa* L. è una materia prima inserita nel Catalogo comunitario delle materie prime per mangimi (Reg. UE 1017/2017) nelle sue forme: pannello, olio, farina e fibra di canapa. Il CBD e i suoi complessi sono acquistabili come prodotto destinato all'alimentazione animale, anche se non è una materia prima e ha caratteristiche di un additivo. Tuttavia, è vietato dal Reg. CE 1831/03 (DGSAF, 2019).

I semi di canapa possono essere utilizzati nell'alimentazione animale come seme intero o dopo la rimozione dei componenti lipidici, come pannello di canapa o, meno frequentemente, dopo l'estrazione chimica con solventi organici, come farina di semi di canapa. Rappresentano una risorsa proteica eccellente nella dieta animale (in media 24,8% SS), collocandosi tra i semi di soia (39,2% SS) e i semi di girasole (19,2% SS). Come detto in precedenza, i semi di canapa contengono tutti gli amminoacidi essenziali, in quantità simili alle altre due fonti proteiche; solo lisina, treonina e triptofano sono più bassi nei semi di canapa rispetto a quelli di soia e colza. L'amminoacido limitante risulta infatti essere la lisina (Bailoni et al., 2021).



Si riporta inoltre un modesto contenuto di sostanze antinutrizionali, che possono interferire con l'assorbimento delle proteine e dei micronutrienti. In particolare risulta consigliabile diluire il contenuto di fitati, che nella farina di canapa sono presenti tra il 6,1%, nelle varietà monoiche francesi, e il 7,7%, nelle varietà dioiche italiane (Russo e Reggiani, 2014).

Nel pannello di canapa la proteina grezza aumenta (34,3% SS), così come quella delle componenti fibrose (+27% NDF e + 42% ADF). Il contenuto di acidi grassi saturi è variabile tra il 7 e il 14,5% e i più presenti sono l'acido palmitico e lo stearico. Il contenuto di acidi grassi monoinsaturi è compreso tra il 12,5 e il 13,4% e l'acido oleico rappresenta il 93-98% dei MUFA totali. Di seguito si riporta una review sull'integrazione dei vari derivati della canapa nelle principali specie animali e i rispettivi indirizzi produttivi. Non sono disponibili studi, però, riguardanti l'alimentazione di conigli e cavalli da carne.

#### Vacche da latte e bufale

L'effetto dell'aggiunta di semi o pannello di canapa sul profilo acidico del latte vaccino non è ancora stato valutato in nessuna sperimentazione (Bailoni et al., 2021). In generale però, per avere un efficiente aumento di acidi grassi n-3 a catena lunga, in particolare EPA e DHA, è necessario integrare la dieta con fonti di oli vegetali protette, in modo da impedire la loro degradazione e non danneggiare l'ambiente ruminale; questo assunto potrebbe essere applicabile anche alla supplementazione con la canapa (Gebreyowhans et al., 2019). Esiste, invece, uno studio di Karlsson et al. (2010), in cui si sono valutati gli effetti dell'aggiunta di semi di canapa nell'alimentazione di vacche da latte sulla produzione e composizione del latte. Nonostante la percentuale di proteine e lipidi nel latte siano diminuiti linearmente con l'aumento di canapa nella dieta, la produzione di latte e latte corretto per l'energia sono aumentate. In questa sperimentazione tuttavia, le razioni formulate tra i diversi gruppi sperimentali non erano isoproteiche né isoenergetiche, rendendo difficile dare una spiegazione a questi risultati, in disaccordo con altri studi che hanno evidenziato un aumento della proteina e dell'energia nel latte. Gli autori ipotizzano che il

calo sia dovuto a un apporto sbilanciato degli amminoacidi nella canapa, nonostante in Wang et al. (2008) sia dimostrato che questa pianta possiede un profilo amminoacidico completo e migliore di altre fonti proteiche utilizzate tradizionalmente.

Infine, in uno studio del 2019, Embaby et al. hanno osservato che l'aggiunta nella razione di oli non convenzionali, e in particolar modo quello di canapa, ha portato a una produzione di metano inferiore del 10-16% rispetto a quella di controllo, senza influire negativamente sulla digeribilità della dieta e sulle fermentazioni ruminali. Secondo gli autori questo è spiegato dalla naturale presenza di cannabinoidi, terpeni e fenoli, che hanno azione inibitrice dei protozoi e quindi dei microrganismi metanigeni associati.

Per quanto riguarda l'allevamento bufalino, non ci sono studi relativi all'integrazione con canapa per il miglioramento delle qualità del latte di bufala (Bailoni et al., 2021).

#### Bovini da carne

Nchama et al. (2022) hanno evidenziato che diete a base di canapa non hanno influenzato la produzione, l'efficienza alimentare, le fermentazioni ruminali e le caratteristiche della carcassa rispetto a razioni con fonte proteica di soia, sia in gruppi alimentati a base di fieno, che a base di insilato di mais, che al pascolo. Anche le caratteristiche della carne, come perdite di cottura, resistenza a taglio, composizione e colore, erano simili tra i vari gruppi di alimentazione. Gli autori concludono che la sostituzione di farina di soia con fonti proteiche alternative isoproteiche e isoenergetiche non producono effetti sulle prestazioni *in vivo* e sulle caratteristiche della carcassa, in accordo a precedenti studi svolti su bovini all'ingrasso, come Gibb et al. (2005). Il profilo acidico delle carni invece è risultato simile tra i vari gruppi sperimentali, a eccezione degli acidi grassi desaturati che erano inferiori nei gruppi alimentati con canapa (Nchama et al., 2022). In questo caso Gibb et al. (2005) hanno invece valutato che l'aggiunta di semi di canapa nell'alimentazione bovina porta a un aumento dei livelli di CLA e acidi grassi n-3 nella carne.

### Ovicapri

Mierlita (2016) ha studiato gli effetti dell'integrazione di semi di canapa sulla resa e qualità del latte in un sistema di pascolo part-time o in un sistema indoor di pecore da latte. Lo studio ha evidenziato un aumento del contenuto di PUFA totali negli animali che hanno ricevuto la supplementazione di canapa, soprattutto nel gruppo indoor, dove il contenuto di CLA è raddoppiato. Come riportano gli autori, l'effetto dei semi oleosi sul contenuto di grasso del latte è controverso; in alcuni studi sui semi di lino, ad esempio, la quantità di grasso nel latte di pecore alimentate con questo mangime era aumentato, a discapito della produzione della seconda metà della lattazione. Con la canapa questo effetto non si vede, probabilmente a causa della presenza di acidi grassi a bassa digeribilità ruminale. Questo è stato confermato dallo stesso autore anche in uno studio del 2018, in cui il gregge alimentato con la canapa ha visto un aumento dei PUFA costante per tutta la lattazione; in aggiunta, si è associato un minore rischio di ossidazione dei lipidi nel latte crudo, grazie all'abbondante presenza di tocoferoli e una presenza inferiore di acidi grassi saturi rispetto al gruppo alimentato senza canapa.

Studi di Cozma et al. (2015) e Cremonesi et al. (2018) hanno evidenziato che l'integrazione con olio di semi di canapa ha portato a un significativo aumento di grassi nel latte di capra, senza penalizzazioni nella produzione di latte, proteina, lattosio e urea. Anche Rapetti et al. (2021) confermano che la supplementazione di semi di canapa interi porti a un aumento di PUFA nel latte caprino, senza compromettere la composizione e la resa del latte, la digeribilità e l'ambiente ruminale. In questo studio tuttavia, non si è evidenziata la riduzione di produzione di metano; gli autori ipotizzano che la forma fisica dei semi abbia aumentato la quota bypass di lipidi e che quindi non abbiano ridotto la popolazione microbica.

### Suini

Per quanto riguarda i suini, non esistono studi che valutano gli effetti della supplementazione con canapa sul profilo acidico della carne e sulle performances degli animali. Tuttavia, in uno studio di Vodolazska e

Lauridsen (2020) è stato valutato l'effetto dell'olio di semi di canapa sulle prestazioni produttive e riproduttive delle scrofe e sullo stato nutrizionale e immunitario dei suinetti. Gli autori hanno osservato un aumento del numero di suinetti nati vivi, una diminuzione del peso vivo della scrofa e un peso maggiore nella prima settimana di allattamento dei suinetti del gruppo alimentato con la canapa. Il profilo acidico del latte di scrofa ha evidenziato una quantità di MUFA e PUFA maggiore nel gruppo alimentato a canapa, mostrando soprattutto un aumento degli acidi grassi n-3 e un rapporto n-6/n-3 molto più basso. Anche il profilo acidico del plasma delle scrofe ha confermato un miglior rapporto n-6/n-3 negli animali alimentati con canapa, con un aumento di EPA ma non di DHA. L'inclusione di olio di semi di canapa nelle diete delle scrofe ha portato anche a un miglior rapporto n-6/n-3 nei suinetti, dove rappresenta un importante beneficio per la salute e l'immunità dei suinetti, come riportato dagli autori.

#### Avicoli

In uno studio di Jing et al. (2017), le prestazioni *infra-vitam* di broiler e galline ovaiole non hanno subito l'effetto dell'aggiunta di canapa nella dieta. Il profilo acidico del tuorlo d'uovo, della coscia e del petto, invece, hanno avuto un aumento significativo, in misura differente, di PUFA n-3, soprattutto ALA, EPA e DHA. Come riportano gli autori, inoltre, la supplementazione con canapa non mostra effetti negativi sulla qualità sensoriale dei prodotti avicoli, a differenza dell'integrazione con lino e olio di pesce che invece aumentano gli odori sgradevoli e il rischio di ossidazione. In uno studio di Eriksson e Wall (2012), infine, nonostante le prestazioni degli animali non siano cambiate, confermando tutti gli studi presenti a riguardo, l'aggiunta di canapa ha provocato un peggioramento della lettiera e quindi della salute delle zampe. Secondo gli autori questo è successo per via della maggiore quantità di carboidrati indigeribili nell'intestino, che ha portato gli animali a consumare più acqua e a produrre escrementi più liquidi. Tuttavia la dieta conteneva anche un maggiore quantitativo di piselli, pertanto non è possibile stabilire con certezza se sia stata la canapa a influire sulla sostanza secca delle feci e urina.

## 2. Obiettivo della tesi.....

Obiettivo di questa tesi è stato quello di caratterizzare chimicamente 10 varietà di canapa, al fine di individuare quelle più idonee ai molteplici usi, tra cui l'impiego in zootecnia. In aggiunta, sulle stesse 10 varietà sono state valutate le caratteristiche fisiche del canapulo, dopo macerazione delle piante, con particolare riguardo alla capacità di ritenzione idrica, assorbimento dell'ammoniaca e umidità, per valutare un'eventuale attitudine all'utilizzo come lettiera per gli animali.

Inoltre, una sperimentazione con gli animali è stata svolta per valutare l'effetto dell'aggiunta del pannello di canapa sulle prestazioni produttive e sullo stato di salute dei vitelli, analizzando gli accrescimenti e i consumi alimentari, i livelli ematici di ferro ed emoglobina, le caratteristiche della carcassa e la qualità della carne, quantificando il trasferimento (carry-over) degli acidi grassi omega 3 dalla canapa al prodotto finale. Nello specifico è stato utilizzato il pannello di canapa, ottenuto dai semi della varietà Futura 75 per spremitura a freddo dell'olio, come fonte proteica da includere nel mangime complementare destinato ai vitelli a carne bianca di razza Frisona, in sostituzione di altre fonti proteiche tradizionali.

### 3. Materiali e metodi.....

Le prove sperimentali si inseriscono in un progetto più ampio (Progetto PSR, Misura 16.1.1 e 16.1.2), dal titolo “Produrre canapa nella filiera alimentare e agro-industriale”, finanziato della Regione Veneto. La prova che ha riguardato la sperimentazione zootecnica ha avuto l’approvazione allo svolgimento da parte dell’OPBA (Organismo Preposto al Benessere degli Animali) dell’Università di Padova.

#### 3.1. Caratteristiche nutrizionali delle varietà.....

Le caratteristiche genetiche (monoica o dioica) e la specializzazione (fibra, seme o duplice) delle varietà utilizzate sono riportate in tabella 2.

Tabella 2 – Caratteristiche genetiche e produttive delle 10 varietà		
Varietà	Genotipo	Attitudine
Carmagnola selezionata	Dioica	Fibra
Carmaleonte	Monoica	Duplice
Codimono	Monoica	Fibra
Eletta campana	Dioica	Fibra
Felina 32	Monoica	Seme
Ferimon	Monoica	Fibra
Fibranova	Dioica	Fibra
Futura 75	Monoica	Seme
Santhica 27	Dioica	Fibra
USO 31	Monoica	Seme

La prova ha considerato la coltivazione in due annate agrarie differenti (2020 e 2021), come riportato in tabella 3, presso il CREA di Rovigo.

Tabella 3 – Durata del ciclo produttivo delle 10 varietà						
Varietà	Semina		Raccolta		Durata (d)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Carmagnola selezionata	23 apr	26 apr	7 ott	11 ott	167	168
Carmaleonte	23 apr	26 apr	16 set	15 set	146	142
Codimono	23 apr	26 apr	16 set	24 set	146	151
Eletta campana	23 apr	26 apr	7 ott	11 ott	167	168
Felina 32	23 apr	26 apr	16 set	8 set	146	135
Ferimon	23 apr	26 apr	31 ago	18 ago	130	114
Fibranova	23 apr	26 apr	7 ott	11 ott	167	168
Futura 75	23 apr	26 apr	16 set	22 set	146	149
Santhica 27	23 apr	26 apr	16 set	8 set	146	135
USO 31	23 apr	26 apr	31 ago	4 ago	130	100
				Media	149,1	143

### 3.1.1. Separazione delle diverse frazioni botaniche

Sei piante di ogni varietà sono state raccolte manualmente presso il CREA. Tre di queste sono state macinate, dopo opportuna essiccazione, per avere una caratterizzazione della pianta intera. Altre tre piante sono state invece separate nelle diverse frazioni botaniche, stelo, foglie e semi, ognuna delle quali, come per ogni campione di pianta intera, è stata essiccata in stufa e poi macinata. L'essiccazione si è svolta presso il laboratorio La-Chi dell'Università di Padova, dove i campioni sono stati posti in stufa ventilata a 60°C per 48 ore. La macinazione è avvenuta nel dipartimento TESAF dell'Università di Padova con un Mulino a coltelli RETSCH SM100, macinando il prodotto con due setacci fino a raggiungere una dimensione delle particelle di 1 mm. Le 10 varietà sono state macinate separatamente, pulendo accuratamente il mulino al termine di ogni macinazione, per evitare contaminazioni fra una varietà e l'altra. Per ogni *cultivar* è stato lavorato prima il campione di steli, poi le foglie e infine i semi, essendo quest'ultimi oleosi e sporcando maggiormente il mulino. Le parti separate così ottenute sono state catalogate e destinate alle successive analisi chimico-fisiche di laboratorio, per la caratterizzazione nutrizionale. Inoltre, 250 grammi di semi di ogni varietà, già opportunamente separati dal CREA di Rovigo, sono stati mandati all'azienda agricola Vergavara (Rossano Veneto, VR), dove sono stati ottenuti i rispettivi olio e pannello tramite estrazione a freddo.

### 3.1.2. Analisi chimiche.....

Tutte le frazioni botaniche, divise per varietà, sono state analizzate chimicamente dal laboratorio La-Chi (UNIPD). Come riportato in tabella 4, sui diversi campioni di ogni varietà, sono state richieste analisi specifiche, quali Analisi tipo (SS, EE, PG, FG, ASH) (AOAC, 1995, 942.05, 954.01, 920.39), Analisi Van Soest (NDF, ADF e ADL) (Van Soest et al., 1991), il contenuto di amido (Casterline et al., 1999), il contenuto di minerali (Camusso et al., 2001) e il profilo acidico (Eder, 1995, AOAC 961.01).

Tabella 4 – Analisi richieste per le diverse frazioni botaniche	
Pianta intera	Analisi tipo, Van Soest, Amido
Stelo	Analisi tipo, Van Soest
Foglie	Analisi tipo, Van Soest, Amido
Seme	Analisi tipo, Amido, Minerali, Profilo acidico
Panello	Analisi tipo, Amido, Profilo acidico
Olio*	Profilo acidico

\*Felina 32, Santhica 27 e USO 31 sono state escluse dalle analisi per problemi tecnici

L'analisi tipo è un metodo ufficiale di analisi dei principali componenti di un alimento. La sostanza secca totale (SS) è stata ottenuta dopo la pre-essiccazione in stufa a 60°C per 48 ore e la successiva a 103°C per 4 ore. Il contenuto di ceneri grezze (Ash) si è ottenuto tramite l'incenerimento della sostanza secca a 550°C in forno a muffola per 3 ore. La proteina grezza (PG) è stata ricavata tramite determinazione dell'azoto totale, con metodo Kjeldhal, in cui il campione viene prima digerito con acido solforico, poi distillato con ammoniaca e infine titolato con acido cloridrico. Il contenuto di azoto ottenuto viene infine convertito con un'equazione in azoto proteico. I lipidi grezzi, o estratto etereo (EE), si sono ottenuti invece con un'estrazione in etere etilico in estrattore Soxtec, che prevede un preliminare trattamento a caldo con acido cloridrico. La fibra grezza (FG), si è ricavata trattando il campione con una soluzione enzimatica, seguito da un'idrolisi acida e una alcalina; entrambe sono state eseguite in ebollizione per 30 minuti. Con il metodo Van Soest si valutano più nello specifico le frazioni fibrose rispetto che nell'analisi tipo della fibra grezza, dove alcune vengono perse



per solubilizzazione. Con un trattamento con soluzione detergente a pH neutro, si è valutato prima il contenuto di fibra neutro deteresa (NDF), che è rappresentato da emicellulose, cellulosa, lignina e minerali insolubili. Per differenza, da questa analisi si è ottenuto il contenuto di carboidrati endocellulari (NSC). Il residuo NDF è stato quindi trattato con soluzione acida, ottenendo il contenuto di fibra acido deteresa (ADF), che è rappresentato da cellulosa, lignina e minerali insolubili. In questo caso per differenza è possibile calcolare la quota di emicellulose. Infine, è stato trattato il residuo ADF con acido solforico concentrato, che solubilizzando la cellulosa evidenzia il contenuto di lignina acido deteresa (ADL), rappresentata dal contenuto di lignina e minerali insolubili (AIA). Dal suo incenerimento è possibile valutare il singolo contenuto dei due composti.

L'analisi dell'amido è stata svolta col metodo HPLC. Il campione è stato omogeneizzato, liofilizzato e trattato con etere di petrolio per ridurre il contenuto di grasso ed evitare errori di valutazione. In seguito si è preparato il campione per l'idrolisi enzimatica con amiloglicosidasi, aggiungendo 50 µl di tampone fosfato salino e aggiustando il pH a  $6,0 \pm 0,2$ . Il composto è quindi stato incubato a 95-100°C per 30 minuti in bagna d'acqua e in seguito raffreddato fino a 60°C, portando il pH prima a 7,5, con aggiunta di idrossido di sodio, e poi a 4,5, con aggiunta di acido cloridrico. Dopo aver aggiunto acetonitrile si è lasciato precipitare una notte e il residuo ottenuto è stato centrifugato e filtrato attraverso un filtro di nylon con diametro dei fori di 0,45 µm. Il filtrato è stato infine passato attraverso una colonna di estrazione in fase solida LC-NH<sub>2</sub> per rimuovere le sostanze che interferiscono con l'HPLC. Il contenuto di amido solubile e di quello insolubile sono stati ottenuti tramite delle equazioni.

L'analisi dei minerali, svolta sui campioni di semi liofilizzati e macinati, è stata svolta applicando il metodo della mineralizzazione acida con sistemi a microonde. Il campione è stato trattato con acido nitrico e perossido di idrogeno al 30%, portandolo a una temperatura di 200°C in 15 minuti e lasciandolo a questi gradi per altri 15 minuti. Il campione digerito è stato poi

diluito in 25 ml di acqua deionizzata e analizzato con spettrofotometro di massa a plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS).

L'analisi del profilo acidico ha infine visto l'applicazione della gas-cromatografia, preceduta dalla preparazione del campione tramite metodo ASE. Si è infatti preparato un campione di 1 g, con 2 g di Hydromatrix, il quale è stato omogeneizzato e inserito in una cella di acciaio inossidabile da 10 ml, rivestita nella parte inferiore da un filtro di cellulosa. Ogni cella è stata inserita nel vassoio collettore dell'estrattore a solvente Dionex ASE 350, al quale corrispondeva un vassoio dove sono state inserite le vial da 60 ml. Per i semi, l'olio e i pannelli è stato utilizzato lo standard della determinazione del grasso nei semi di oleaginose. Questa ha previsto un'estrazione in etere di petrolio, a una temperatura di 105°C, per una durata totale di 40 minuti a campione. L'estratto ottenuto è stato per tutte le matrici posto in un evaporatore sotto azoto, dove si è attesa la completa volatilizzazione dell'etere per circa 30 minuti a 50°C. I campioni sono quindi stati posti in stufa per 15 minuti a 60°C e per altri 15 minuti in un essiccatore sotto vuoto. Dopo la pesata, è stato aggiunto all'estratto 2 ml di sodio solfato e si è lasciato il campione a riposare in stufa a 5°C per una notte. Il profilo acidico è stato infine determinato mediante gas-cromatografia utilizzando un GCxGC-FID dotato di una colonna capillare di silice fusa. Come gas di trasporto è stato utilizzato elio a una portata di 1 ml/min. La temperatura del forno è stata programmata a 90°C e mantenuta per 1,50 minuti, quindi aumentata a 210°C a una velocità di 9°C/min, mantenuta a questa temperatura per 25 minuti, e infine aumentata a 230°C a 15°C/min e mantenuto per 7 minuti. Le temperature dell'iniettore e del rivelatore sono state fissate a 270°C. L'identificazione degli acidi grassi si basava su standard esterni e il calcolo della distribuzione (in percentuale di peso) si basava sull'area di ciascun estere di acidi grassi, corretta per i fattori di risposta dei singoli. Gli standard interni sono stati utilizzati per determinare la percentuale di recupero. La percentuale di ciascun acido grasso è stata calcolata dividendo l'area sotto il picco di AG per la somma delle aree sotto i picchi di AG totali riportati.

### 3.2. Caratteristiche fisiche delle varietà.....

Come per la caratterizzazione chimica, 10 varietà di canapa sono state coltivate e analizzate per le caratteristiche fisiche nel 2020 e nel 2021 per la valutazione di un possibile impiego del canapulo come materiale da lettiera. I campioni, provenienti dalle stesse partite delle analisi chimiche, sono stati prima macerati dal CREA di Rovigo e successivamente analizzati dal laboratorio ABC dell'Università di Padova. La macerazione dei campioni di stelo di canapa permette l'estrazione della matrice fibrosa della pianta. Il metodo utilizzato è stato elaborato negli anni dall'istituto. Dalla parte centrale del fusto di ogni varietà di canapa sono stati prelevati 30 campioni di stelo, lunghi 60 cm. Questi sono stati separati in 3 mazzetti, da 10 steli l'uno, e lasciati ad ingiallire e asciugare al sole. I campioni sono stati poi inseriti in un recipiente pieno d'acqua a 30-35°C e inseriti in stufa per 7-8 giorni, in modo da mantenere la temperatura e rendere le parti vegetali mucillaginose. Ogni singolo stelo è stato quindi risciacquato con acqua pulita e il canapulo esposto è stato separato dalla fibra grezza. I residui sono quindi stati asciugati all'aria per circa 12-24 ore e posti in stufa a 60°C per 2-3 giorni, fino ad ottenere un peso stabilizzato del materiale (figura 6).



Figura 6 – Canapulo e fibra di canapa posti in stufa ad asciugare (CREA di Rovigo)

Sul campione ottenuto sono state quindi svolte le analisi per la valutazione dell'umidità, della capacità di ritenzione idrica e della capacità di assorbimento dell'ammoniaca.

Il contenuto idrico è stato calcolato come indicato dalla norma UNI EN ISO 18134-1 (2016), preparando tre vaschette d'acciaio per ogni varietà e pesandole, sia da vuote che con circa 300 grammi di prodotto. Queste sono state poi poste in stufa a 105°C fino al raggiungimento di una massa costante, ossia quando due pesate successive presentavano una variazione di peso inferiore allo 0,2%.

Per determinare la capacità di ritenzione idrica della fibra di canapa il laboratorio ha sviluppato un metodo sulla base dei lavori di Potgieter e Wilke (1996), Airaksinen (2006), Lips et al. (2009) e Borhan et al. (2014). Il canapulo è stato sottoposto a immersione in acqua, all'interno di un cilindro in PVC, e a un successivo drenaggio dei liquidi in eccesso. La lettiera satura è stata quindi pesata ed essiccata per raggiungere un peso stabile. La capacità di ritenzione idrica è stata in seguito calcolata come differenza tra la massa della fibra satura d'acqua e la massa della fibra essiccata rapportata a quest'ultima.

La capacità di assorbimento dell'ammoniaca è stata misurata ponendo il materiale in contenitori e in ambiente controllato, dove sono stati inseriti tubi isolati termicamente e riscaldati. In particolare, il canapulo è stato pesato e inserito nei contenitori insieme a feci e urine, opportunamente pesati e valutati dal punto di vista del contenuto ammoniacale e carbonico. I gas contenuti nell'aria aspirata attraverso i tubi sono stati misurati costantemente tramite spettroscopia a infrarossi fotoacustica, come descritto da Fleming et al. (2008).

### 3.3. Uso della canapa nell'alimentazione dei vitelli a carne bianca.....

La prova *in vivo* si è svolta presso l'allevamento di vitelli a carne bianca dell'azienda agricola Frassetto, situata a Trevigiano (TV). La prova è iniziata ufficialmente il 9 maggio 2021, dopo 25 giorni di adattamento, ed è terminata con la macellazione degli animali in data 27 ottobre 2021, dopo 171 giorni di allevamento, presso il macello Bencarni di Nogarole Rocca (VR). La canapa utilizzata durante questa prova proviene da due partite, coltivate nel periodo primaverile-estivo 2020 nell'Azienda Vergavara (Rossano Veneto, PD). La stessa azienda ha provveduto alla spremitura a freddo dei semi per l'ottenimento del pannello.

Le analisi di laboratorio sulla carne e sulla canapa sono state effettuate tra ottobre 2021 e marzo 2022, presso il laboratorio La-Chi del Dipartimento DAFNAE dell'Università di Padova. Le analisi del sangue sono state svolte presso l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie di Legnaro (PD).

#### 3.3.1. Prova sperimentale *in vivo*.....

##### 3.3.1.1. Struttura della stalla.....

L'azienda agricola Frassetto ha dedicato alla prova sperimentale un'area della stalla, dove gli animali sono stati stabulati per tutto il periodo di allevamento in 10 diversi box. I vitelli sono stati suddivisi dapprima in due gruppi, CTRL e HM, rispettivamente stabulati nei box di destra e sinistra e separati da un corridoio di passaggio. Ogni gruppo è stato ulteriormente suddiviso in 5 box, in funzione del peso di arrivo degli animali. Ogni recinto ha ospitato da 4 a 6 vitelli, separati da divisori in acciaio inox, garantendo una superficie di 1,8 m<sup>2</sup>/capo su pavimento totalmente fessurato in legno. L'ambiente di stabulazione è stato mantenuto a una temperatura di 22°C, grazie all'utilizzo di un sistema di ventilazione ad estrazione. Le mangiatoie presentavano una duplice struttura: da una parte il secchio con tettarella, utilizzato per la somministrazione del latte, mentre dall'altra una mangiatoia in acciaio inox, per la somministrazione dell'alimento solido. Ogni

mangiatoia era in condivisione tra 2 box e quindi tra 10 animali, ad eccezione del box 1 e 10 che hanno avuto accesso a una mangiatoia esclusiva, come dimostrato in figura 7. Questo ha creato delle difficoltà nel valutare il consumo individuale del mangime, non riuscendo a identificare eventuali differenze legate alle variazioni di peso degli animali.

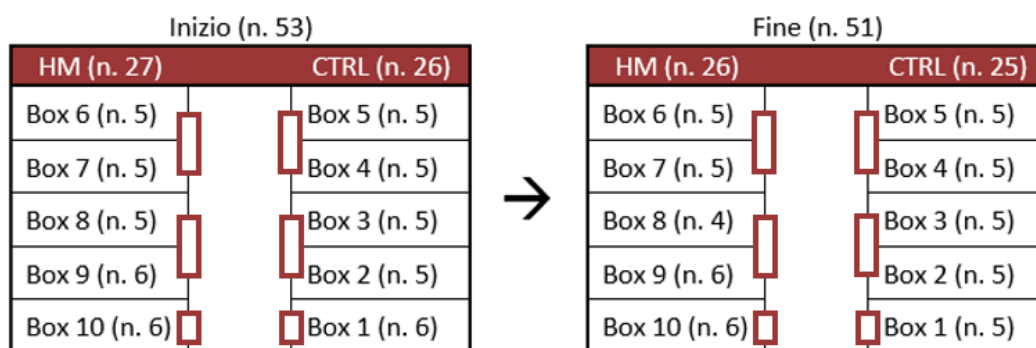


Figura 7 – Disposizione degli animali nei box e delle mangiatoie

### 3.3.1.2. Caratteristiche degli animali e trattamenti.....

Il 14 aprile 2021, 54 vitelli maschi di razza Frisona (età di 23 giorni  $\pm$  13) sono arrivati in allevamento e in funzione della loro taglia sono stati divisi in 10 box. In questi, hanno trascorso un periodo di adattamento della durata di 25 giorni, durante il quale sono stati sottoposti a profilassi vaccinale e antibiotica, contro disturbi respiratori e intestinali, trattamenti anti-parassitari e varie supplementazioni, tra cui 1 grammo di ferro al giorno, somministrato oralmente tra il giorno 11 e 20 della sperimentazione. Al termine dell'adattamento, i vitelli sono stati nuovamente pesati e assegnati ai definitivi box, come precedentemente descritto. Il peso medio all'inizio della prova sperimentale, il 9 maggio 2021, era di  $59,34 \pm 5,3$  kg.

### 3.3.1.3. Tecniche di allevamento.....

I vitelli sono stati alimentati due volte al giorno, la mattina e il pomeriggio, con diete che, nonostante contenessero ingredienti diversi, sono state formulate per essere isoenergetiche e isoproteiche. In media, la dieta di ogni vitello era costituita da 3 kg di mangime complementare e 1,3 kg di mangime di allattamento.

La quantità giornaliera di latte è stata ripartita equamente nelle due dosi, partendo da 0,83 e arrivando a 2,12 kg/capo/giorno al termine della prova. Tutti gli animali, senza differenziazione tra i due gruppi sperimentali, hanno sempre ricevuto la stessa tipologia di mangime di allattamento. Come riportato in tabella 5, il primo latte, acquistato da Denkavit Italiana S.r.l. (BS), è stato usato nel periodo di adattamento e nei primi 8 giorni di sperimentazione. Nei seguenti 28 giorni è stata utilizzata una miscela del primo sostitutivo e di un secondo mangime di allattamento (latte 1 + latte 2), in proporzioni 50:50; quest'ultimo, proveniente da Frabes S.p.A. (BS), è stato utilizzato anche per gli ultimi 135 giorni (latte 2).

Mangime di allattamento		
Periodo	CTRL	HM
Adattamento		
14/04 – 08/05	Latte 1*	
Sperimentale		
09/05 – 15/05	Latte 1	
16/05 – 13/06	Latte 1 + Latte 2*	
14/06 – 26/10	Latte 2*	

\* Latte 1: Denkaveal Start

\* Latte 1 + Latte 2: Denkaveal Start + Sharmel Unico Light S

\* Latte 2: Sharmel Unico Light S

Tabella 5 – Suddivisione nei periodi di allevamento e i rispettivi mangimi di allattamento

In tabella 6 sono invece riportati i valori nutrizionali dei due mangimi di allattamento.

Tabella 6 – Analisi chimica dei mangimi di allattamento		
Composizione chimica	Mangime di allattamento	
	Denkaveal Start	Sharmel Unico Light S
SS (%)	94,05	93,98
PG (% SS)	24,27	18,71
EE (% SS)	18,31	15,77
Ash (% SS)	8,02	6,72
Fe (mg/kg SS)	19,26	16,77

La-Chi UNIPD

Mangime complementare		
Periodo	CTRL	HM
Adattamento		
14/04 – 08/05	Concentrato 1*	
Sperimentale		
09/05 – 08/07	Concentrato 1	Concentrato 3*
09/07 – 26/10	Concentrato 2*	Concentrato 4*

\* Concentrato 1: *Denkaveal Avance PI Integratofiocco +P DP*

\* Concentrato 2: *Avance MIX Fiocco Omega Fiber 5%*

\* Concentrato 3: *Avance MIX Fiocco Fiber 5% Canapa*

\* Concentrato 4: *Avance MIX Fiocco Omega Fiber 5% Canapa*

Tabella 7 – Suddivisione nei periodi di allevamento e i rispettivi mangimi complementari

Come riportato in tabella 7, durante il periodo di adattamento tutti gli animali hanno ricevuto lo stesso mangime complementare (concentrato 1). Le diete del periodo sperimentale, invece, consistevano in due mangimi complementari senza supplementazione di canapa, per la tesi CTRL, e due con il 3% di canapa, per la tesi HM. Il cosiddetto “concentrato 1”, utilizzato per tutti gli animali durante il periodo di adattamento e proveniente da Fanin S.p.A. (VI), è stato mantenuto anche per i primi 61 giorni di sperimentazione nel gruppo CTRL. Per il gruppo HM, in questo periodo è stato invece somministrato il “concentrato 3”, proveniente da Italfiocchi Monfort S.r.l. (TV). Durante gli ultimi 110 giorni c'è stato un cambiamento di alimentazione per entrambi i gruppi. In quello di controllo è stato somministrato il “concentrato 2”, proveniente da Italfiocchi Monfort S.r.l., mentre in quello della tesi sperimentale è stato somministrato il “concentrato 4”, anch'esso proveniente dalla stessa azienda. Tuttavia, nel secondo periodo del gruppo HM è stato cambiato ulteriormente il mangime, a causa del termine delle scorte; sebbene il contenuto percentuale dei vari ingredienti non fosse cambiato, la partita di canapa utilizzata è stata differente.

Il profilo acidico dei diversi mangimi complementari è riportato in tabella 8 e la composizione chimica in tabella 9. L'analisi chimica del pannello di canapa e il profilo acidico sono riportati rispettivamente in tabella 10 e tabella 11.



Queste analisi sono state effettuate presso il laboratorio La-Chi dell'Università di Padova, con le stesse procedure utilizzate per la caratterizzazione chimica delle 10 varietà di canapa. Tuttavia, l'estrazione della frazione lipidica con metodo ASE ha previsto una metodica differente da quella descritta in precedenza. In questo caso, per i mangimi è stata utilizzata una metodica che prevede un'estrazione in etere di petrolio a 125°C, per un tempo totale di estrazione di 12 minuti a campione.

Tabella 8 – Profilo acidico (% degli AG totali) dei mangimi complementari utilizzati (La-Chi UNIPD)				
Acidi grassi	Mangime complementare - CTRL		Mangime complementare - HM	
	Concentrato 1	Concentrato 2	Concentrato 3	Concentrato 4
C14:0	0,38	0,22	0,30	0,40
C16:0	21,08	15,50	14,44	16,22
C18:0	3,34	3,34	2,26	2,39
C20:0	0,86	0,62	0,67	0,74
C22:0	0,50	0,77	0,37	0,41
C23:0	0,11	0,09	0,09	0,20
C24:0	0,45	0,41	0,33	0,38
SFA totali	27,69	21,29	18,78	21,11
C18:1 n-9	30,78	30,85	26,29	27,60
C18:1 n-7	0,79	0,79	0,72	0,70
C20:1 n-9	0,48	0,42	0,47	1,00
C22:1 n-9	0,19	0,13	0,10	0,12
MUFA totali	32,35	32,28	27,68	28,99
C18:2 n-6	38,05	43,90	50,39	46,87
C18:3 n-6	0,04	0,03	0,19	0,09
C18:3 n-3	1,68	2,36	2,81	2,74
PUFA totali	39,97	46,42	53,54	49,89
n-6 totali	38,19	44,01	50,69	47,09
n-3 totali	1,77	2,41	2,85	2,81
n-6/n-3	21,5	18,2	17,8	16,8

Tabella 9 – Analisi chimica dei mangimi complementari utilizzati (La-Chi UNIPD)				
Composizione chimica	Mangime complementare - CTRL		Mangime complementare - HM	
	Concentrato 1	Concentrato 2	Concentrato 3	Concentrato 4
SS (%)	89,95	90,69	90,04	90,48
PG (% SS)	13,12	13,02	13,87	13,51
EE (% SS)	3,34	2,36	2,25	2,37
Ash (% SS)	4,32	4,11	4,65	4,28
FG (% SS)	7,37	9,28	8,30	10,46
NDF (% SS)	18,60	24,09	22,92	27,22
ADF (% SS)	7,99	10,61	10,45	13,20
Fe (mg/kg SS)	63,34	64,25	40,72	68,99

Composizione chimica del pannello di canapa	
SS (% SS)	92,40
PG (% SS)	28,17
EE (% SS)	8,70
NDF (% SS)	50,91
ADF (% SS)	37,38
AIA (% SS)	0,72
Ash (% SS)	6,19
Ferro (mg/Kg SS)	168,80

Tabella 10 – Composizione del pannello di canapa utilizzato (La-Chi UNIPD)

Profilo acido pannello di canapa (% degli AG totali)	
C14:0	0,07
C16:0	8,28
C18:0	3,04
SFA totali	13,33
C18:1 n-9	15,79
MUFA totali	17,46
C18:2 n-6	56,20
C18:3 n-3	12,82
PUFA totali	69,21
N-6/n-3	4,40

Tabella 11 – Profilo acido del pannello di canapa utilizzato (La-Chi UNIPD)

#### 3.3.1.4. Rilievi periodici.....

Durante il periodo di sperimentazione sono stati svolti diversi controlli funzionali, sia per la valutazione delle performances, quali accrescimento e consumo di mangime, sia per la valutazione dello stato sanitario, attraverso la valutazione del ferro ematico e della mortalità. Sono state eseguite un totale di 5 pesate individuali sui vitelli, nelle giornate di 03/05/2021, 15/06/2021, 27/07/2021, 07/09/2021 e 20/10/2021. Dopo la prima valutazione, gli animali sono stati re-distribuiti nei box per omogeneità. In seguito, le pesate si sono susseguite a distanza di 42 giorni, ad eccezione

della seconda pesata che è avvenuta 37 giorni dopo la prima, fino all'ultimo rilievo effettuato al momento del carico degli animali verso il macello. I vitelli sono stati pesati tramite l'utilizzo di una bilancia specifica per pesare gli animali di allevamento, la quale è stata spostata di box in box per pesare individualmente ogni capo. Durante la prova sono stati anche eseguiti 3 prelievi di sangue, il 13/05/2021, il 09/07/2021 e il 13/09/2021. Questi sono stati inviati all'Istituto Zooprofilattico delle Venezie (Legnaro, PD), che si è occupato di eseguire le analisi sul profilo ematico, in particolare il contenuto di ferro e di emoglobina, per la valutazione dello stato di salute della mandria. I capi sono stati immobilizzati da un operatore e il campione di sangue è stato prelevato dal medico veterinario dalla vena giugulare, prima del pasto della mattina.

### 3.3.2. Prova sperimentale *post-mortem*.....

Il 27 ottobre 2021, 51 vitelli sono stati macellati presso il macello Bencarni di Nogarole Rocca (VR), all'età di 194 gg  $\pm$  13. La macellazione è avvenuta previo stordimento degli animali, tramite proiettile captivo, come previsto dalla normativa sul benessere animale (Reg. CE 1099/2009). A questo, è seguita la iugulazione, con recisione della vena giugulare, e l'eviscerazione, fino alla completa preparazione della carcassa.

#### 3.3.2.1. Rilievi sulla carcassa.....

Su tutte le carcasse sono stati effettuati i rilievi per la valutazione degli indici tecnici di macellazione. Dopo 30 minuti dalla macellazione, la carcassa è stata pesata e misurata; in particolare, è stata rilevata la lunghezza della coscia, con cordella metrica, e la larghezza della groppa, con ippometro. Inoltre, è stato anche misurato il pH, tramite pHmetro portatile.

### 3.3.2.2. Analisi sul *Longissimus dorsi*.....

Da 24 carcasse, 12 provenienti dal gruppo CTRL e 12 dal gruppo HM è stato prelevato dalla mezzena sinistra un taglio, in corrispondenza della 7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> vertebra toracica, su cui sono state eseguite le analisi chimico-fisiche della carne. Il 3 novembre 2021, dopo 1 settimana di frollatura a una temperatura di 0-4°C, presso il laboratorio La-Chi (UNIPD), le costate sono state registrate, pesate e disossate, preparando due campioni di *Longissimus dorsi* per ogni costata, spessi circa 2 cm (figura 8). Questi sono stati pesati e puliti del grasso in eccesso, per ridurre eventuali errori di misurazione durante le successive analisi. Un campione è stato destinato alla valutazione di pH, colore e analisi chimica (umidità, contenuto di grasso intramuscolare e proteina); l'altro campione è stato invece destinato alle analisi per le perdite di cottura e la resistenza al taglio.



Figura 8 – Preparazione dei campioni di *Longissimus dorsi*

Il pH è stato misurato con un pHmetro portatile, provvisto di un elettrodo 5050T (Hach Lange S.r.l., MI). Il colore della carne è stato misurato con uno spettrofotometro CM-600d, come indicato dal metodo AMSA. In particolare, la misurazione è avvenuta in tre punti differenti e i dati sono stati espressi secondo il metodo CIE, ossia L\*a\*b\* (AMSA, 2012). Le perdite di cottura

sono state determinate ponendo il *Longissimus dorsi* sotto vuoto in un bagno caldo a 75°C per 60 minuti, seguito da un primo raffreddamento sotto acqua corrente per 15 minuti e uno successivo a temperatura ambiente. I campioni sono quindi stati tolti dal sottovuoto e pesati, calcolando le perdite di cottura come differenza percentuale tra il peso della carne cruda e il peso della carne cotta (Honikel, 1998). La resistenza al taglio è stata valutata sul campione cotto, tramite il Lloyd Instrument LS5, il quale ha applicato 5 tagli sulla carne, tramite un cilindro di 1,4 cm di diametro. La misurazione è stata registrata e calcolata con il software Mewygen Plus 3 come forza di taglio in N, a una velocità trasversale di 250 mm/min, perpendicolarmente alla direzione delle fibre della carne (Honikel, 1998). Inoltre, su ogni campione è stato valutato il contenuto di umidità, grasso intramuscolare, proteine e ferro, secondo i metodi AOAC. Infine, ogni campione crudo è stato tagliato a coltello e preparato per l'analisi del profilo acido. La carne è stata dapprima sottoposta a estrazione tramite metodo ASE. 4 grammi di materiale sono stati pesati e addizionati con 2 grammi di Hydromatrix e 15 grammi di Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anidro; questi sono stati inseriti in una cella ASE, precedentemente preparata con 4 grammi di Hydromatrix e un filtro in cellulosa. I campioni sono quindi stati processati con estrattore ASE "metodo 1", che prevede un'estrazione con etere di petrolio a 125°C per 12 minuti. Il grasso estratto è stato in seguito analizzato tramite gascromatografia (AOAC). Ogni campione è stato posizionato in un evaporatore a 50°C, per la volatilizzazione dell'etere di petrolio, e stabilizzato, prima in stufa a 50°C per 15 minuti e in seguito in campana sottovuoto a temperatura ambiente per altri 15 minuti. I campioni hanno quindi subito un'esterificazione con metodo FAMEs, che ha previsto l'addizione di 2 ml di una soluzione di metanolo e acido solforico all'1% e l'esterificazione in stufa a 50°C per circa 12 ore. Le vial ottenute sono quindi state preparate con 2 ml di soluzione salina ed esano e analizzate con gascromatografo Agilent 7820°, utilizzando una colonna OMEGAWAX a 280°C massimi per 68 minuti.

### 3.4. Analisi statistica.....

I dati ottenuti dalla caratterizzazione chimica e fisica delle 10 varietà di canapa sono stati sottoposti ad analisi descrittiva. Tutti i dati raccolti nella prova sperimentale con i vitelli, invece, sono stati sottoposti ad analisi della varianza usando la procedura PROC GLM del SAS.

L'accrescimento medio giornaliero (AMG), il peso vivo iniziale, intermedio e finale, l'ingestione e l'indice di conversione alimentare (ICA) sono stati analizzati mediante il seguente modello:

$$y_{ij} = \mu + D_i + (D_i)\beta_j + \varepsilon_{ij},$$

dove  $y$  è il carattere oggetto d'analisi,  $\mu$  è la media delle osservazioni,  $D$  è l'effetto della dieta somministrata agli animali (2 livelli: CTRL e HM), ponendo come linea di errore l'effetto del box nidificato entro dieta, e infine  $\varepsilon$  è la varianza residua dei dati, distribuita come  $N \sim (0, 1)$ .

Il peso della carcassa a caldo, la resa, le misure zoometriche della carcassa e i parametri fisici e chimici della carne sono stati analizzati con un modello che considera solo l'effetto della dieta. In sostanza il modello impiegato in questo caso è stato:

$$y_i = \mu + D_i + \varepsilon_i.$$

I parametri ematici del ferro e dell'emoglobina sono invece stati valutati mediante un modello in parte differente, di seguito presentato:

$$y_{ij} = \mu + D_i + P_j + D_i \times P_j + \varepsilon_{ij},$$

dove  $y$  è il parametro considerato,  $\mu$  è la media delle osservazioni,  $D$  è lo stesso effetto presentato nel precedente modello, mentre  $P$  è l'effetto del prelievo ( $j = 30, 90$  e  $120$  giorni di età dei vitelli); inoltre,  $D \times P$  rappresenta l'interazione della dieta con il prelievo, e  $\varepsilon$  è la varianza residua, distribuita come  $N \sim (0, 1)$ .

## 4. Risultati e discussione.....

### 4.1. Caratteristiche nutrizionali delle varietà.....

In primo luogo si riportano i dati meteorologici della stagione di coltivazione delle 10 varietà di canapa 2020 e 2021 (figura 9).

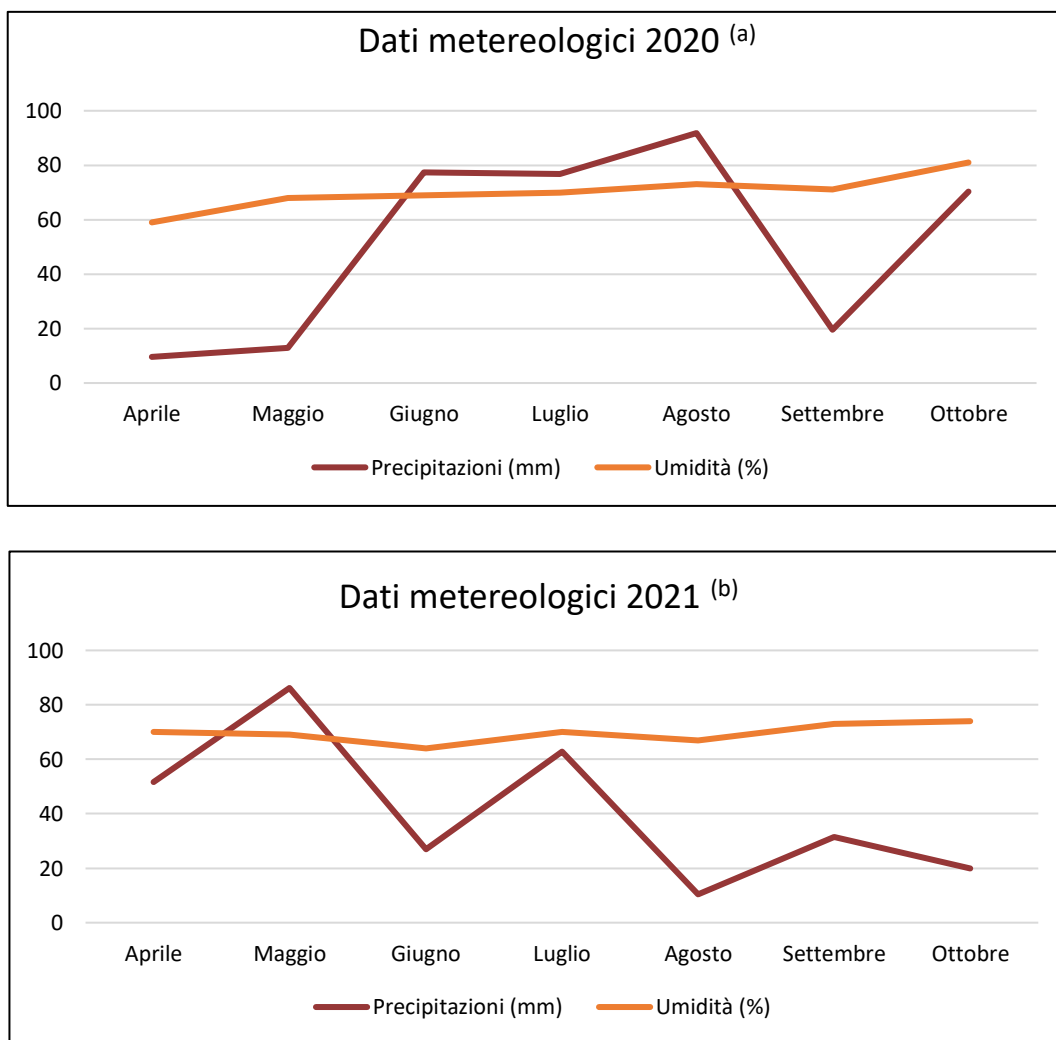


Figura 9 – Dati meteorologici di precipitazioni (mm) e umidità (%) da aprile a ottobre 2020 (a) e 2021 (b)

Le precipitazioni durante le due annate sono state molto differenti. Nel 2020 (figura 10) sono caduti 358 mm di acqua piovana, di cui la metà solo nel periodo estivo; nel 2021 (figura 11) sono risultate nettamente inferiori, con 289 mm totali. Rispetto a uno studio di Baldini et al. (2020) è evidente che entrambe le due annate hanno registrato circa 1/3 delle precipitazioni

avvenute mediamente negli stessi mesi del periodo 1992-2020 a Udine. Per quanto riguarda invece le temperature, nelle annate 2020 e 2021 si sono registrate temperature minime e temperature massime che sono rimaste abbastanza regolari in entrambi gli anni, di qualche grado superiori nel periodo primaverile del 2020 rispetto a quello del 2021. Nello stesso studio di Baldini et al. (2020), si è registrata una temperatura minima media di 12,9°C e una massima di 24°C, ossia 1-1,5°C in meno rispetto alle temperature registrate nella tesi.

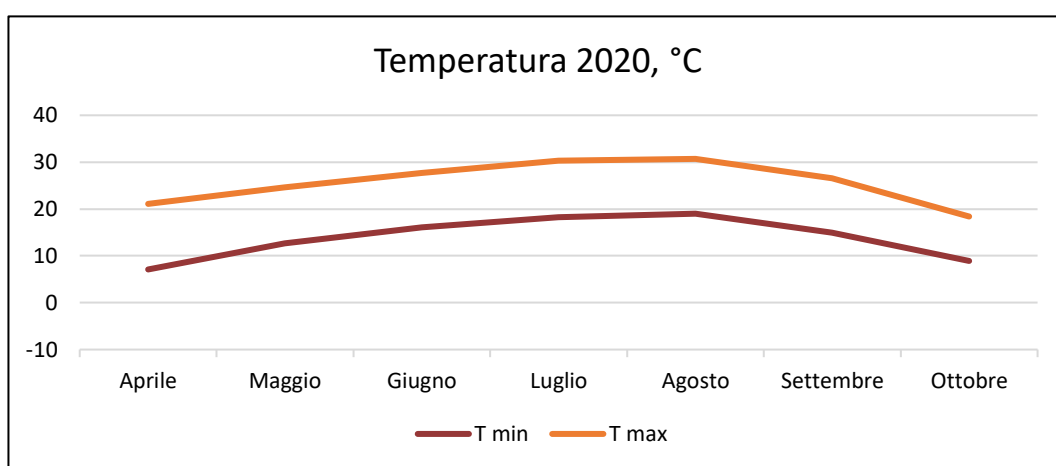


Figura 10 – Temperatura minima e massima (°C) da aprile a ottobre 2020

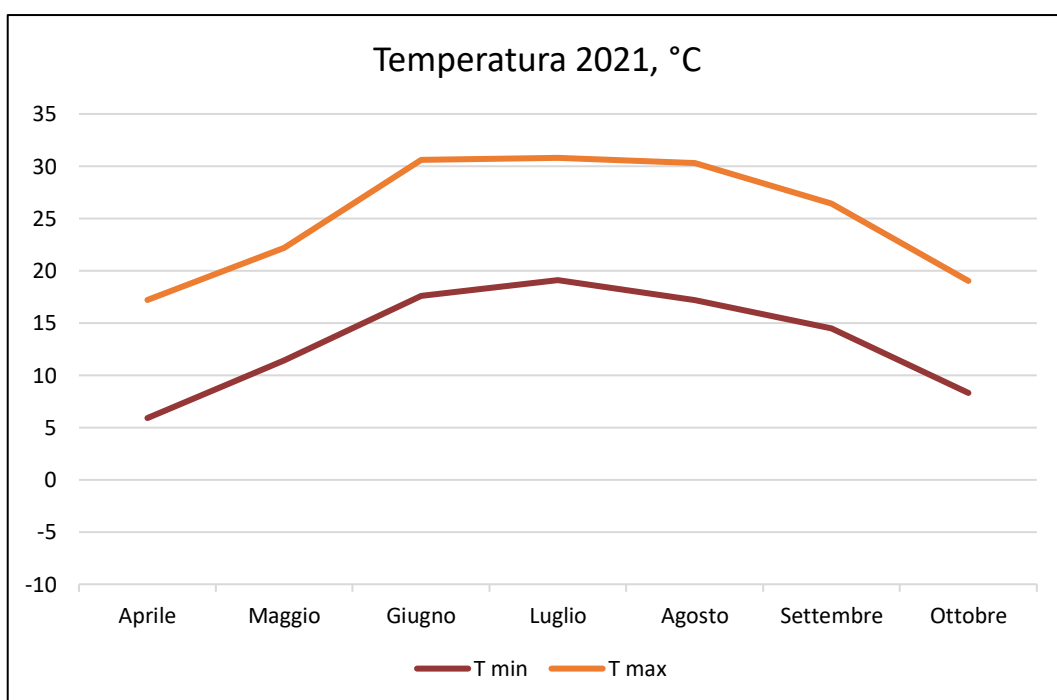


Figura 11 – Temperatura minima e massima (°C) da aprile a ottobre 2021



#### 4.1.1. Incidenza delle frazioni botaniche.....

Osservando le frazioni botaniche (figura 12), tutte le piante sono composte per la maggior parte da steli,  $63,10\% \pm 6,42$  nel 2020 e  $74,31\% \pm 6,58$  nel 2021. A seguire, la frazione più importante è rappresentata dalle foglie, rispettivamente  $25,79\% \pm 7,28$  e  $18,83\% \pm 6,38$ . Infine, la parte meno presente dal punto di vista quantitativo è stata rappresentata dai semi,  $11,11\% \pm 3,29$  nel 2020 e  $6,86\% \pm 2,44$  nel 2021. Secondo Amirante (2019), ogni pianta di canapa è costituita dal 10% di radici, dal 60-70% di stelo, dal 15-25% di foglie e dal 5-15% di semi. Considerato che nel seguente studio non è stata valutata l'incidenza delle radici e che durante la raccolta parte dello stelo è rimasta in campo, semi e foglie risultano coerenti con la bibliografia, mentre gli steli sono sottostimati.

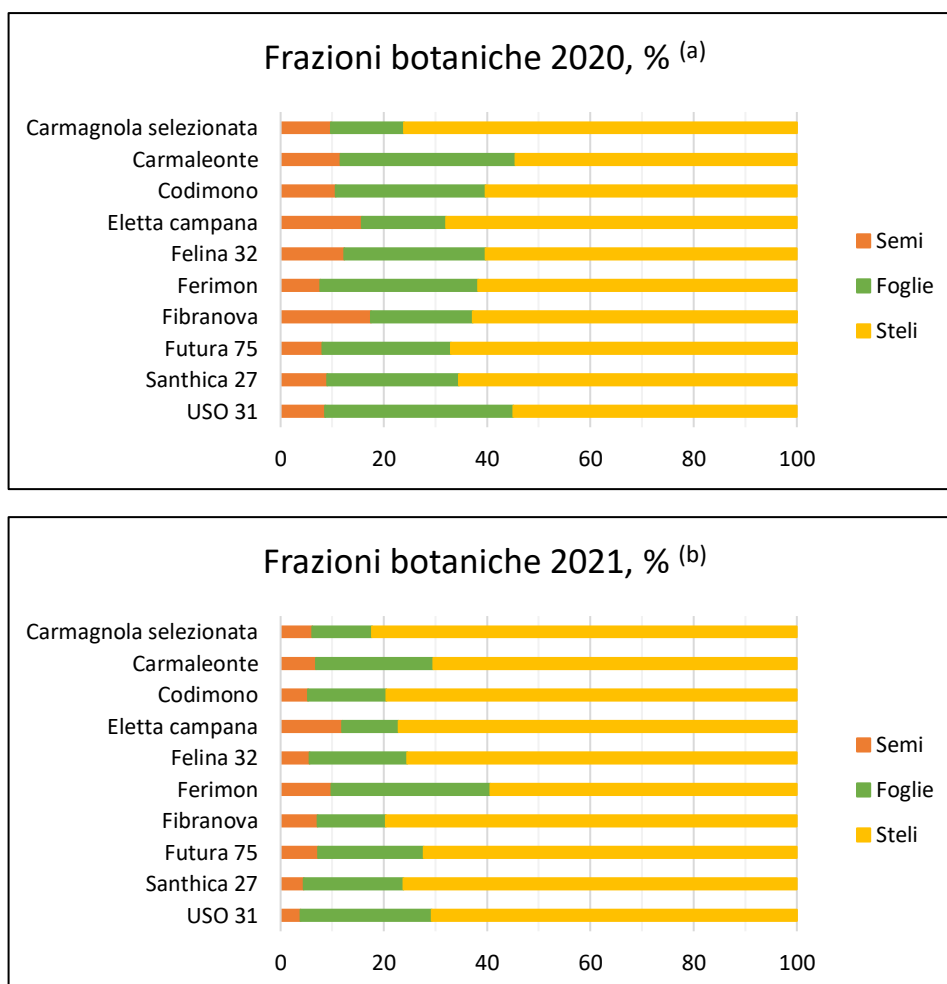


Figura 12 – Incidenza delle frazioni botaniche sulla pianta intera, nell'annata 2020 (a) e 2021 (b)

La varietà che ha presentato la maggiore incidenza di steli è stata Carmagnola selezionata, in entrambe le annate, mentre quelle che ne hanno presentato la minore quantità percentuale sono state Carmaleonte nel 2020 e Ferimon nel 2021. Questi dati sono in linea con la bibliografia, nella quale si evidenzia una propensione della varietà Carmagnola selezionata alla produzione di fibra e, quindi, steli (Ranalli, 2020). La varietà con la quantità maggiore di semi è stata invece Fibranova, nel 2020, ed Eletta campana, nel 2021, entrambe varietà con alta specializzazione da fibra. USO 31 ha evidenziato una produzione media di semi nel 2020 e la minore incidenza rispetto alle altre varietà nel 2021, nonostante sia nota la sua spiccata produzione di questa frazione (Ranalli, 2020). Si riporta anche un'elevata presenza di semi vuoti nell'annata 2021, con un peso di 1000 semi di 8,75 g, rispetto ai 17,78 g riportato in bibliografia, con escursioni tra 15,27 g per la varietà Felina 32 e 21,73 per la varietà Carmaleonte (Calzolari et al., 2021). Questo può essere spiegato dalle condizioni climatiche più sfavorevoli in questo periodo, soprattutto per quanto riguarda le precipitazioni medie mensili. Come riporta Amaducci et al. (1998), infatti, piogge molto intense danneggiano la produzione di olio e, probabilmente, di semi pieni. Anche Baldini et al. (2020) sostengono che temperature superiori ai 27°C nel periodo di agosto-settembre portano a un peggioramento nella deposizione di sostanze nutritive nei semi. Infine, si evidenzia un aumento percentuale degli steli e un calo dei semi nel 2021. Nonostante la durata media di coltivazione sia diminuita in questo anno, il dato può essere spiegato dal clima sfavorevole o dall'applicazione di diverse scelte agronomiche.

#### 4.1.2. Composizione chimica.....

Valutando la composizione chimica della pianta intera, riportata in tabella 12, si evidenzia che la qualità nutrizionale, in particolare il tenore di proteina e di lipidi, è diminuita nel 2021 rispetto al 2020. Come si vede in tabella 13, l'analisi delle frazioni fibrose presenta, invece, un andamento opposto, con una quantità maggiore di NDF, ADF e ADL, a discapito dei carboidrati non strutturali (NSC). Questo si spiega con l'aumento degli steli (%) e la riduzione dei semi (%) che si sono verificati fra le due annate.

Analizzando le qualità individuali delle varietà invece, si denota la spiccata specializzazione di Carmagnola selezionata alla produzione di fibra, risultando in entrambe le annate la *cultivar* con la maggiore quantità di NDF (rispettivamente 70,66 e 77,18% SS). Al contrario nonostante l'uguale specializzazione, Carmaleonte, 54,95% SS nel 2020, e Fibranova, 59,45% SS nel 2021, si sono rivelate le varietà con la minore quantità di NDF. Questo ritrova spiegazione nella produzione anomala di pochi steli del 2020 di Carmaleonte e in quella di tanti semi di Fibranova nel 2021.

La pianta intera presenta una media di 9,95% SS di proteina grezza, nel 2020, e 8,41% SS, nel 2021. La varietà che ha presentato il livello più alto è stata Ferimon, nel 2020, e USO 31, nel 2021, rispettivamente con 11,14 e 11,29% SS di proteina grezza. Al contrario, le varietà meno proteiche sono stante Futura 75 nel 2020, con 8,08% SS, e Carmagnola selezionata nel 2021, con 5,64% SS.

Valutando i lipidi, mediamente la canapa ha presentato un contenuto che è variato tra il 4,23% SS, nel 2020, e il 3,79% SS, nel 2021, rappresentando un valido sostitutivo ai più comuni mangimi utilizzati nei nostri allevamenti (Sauvant et al., 2002). La varietà che ha presentato il maggior contenuto di lipidi è stata Carmaleonte nel 2020, con il 15,03% SS, ed Eletta Campana nel 2021, con il 6,33% SS. Questi dati si discostano molto dalla media, a causa della maggiore produzione di semi che hanno avuto nelle due annate rispetto alle altre *cultivar*, che hanno avuto anche una maggiore incidenza di semi vuoti.

Tabella 12 – Analisi tipo e dell'amido della pianta intera delle diverse varietà di canapa

Varietà	SS, %		Ceneri, % SS		Proteina grezza, % SS		Lipidi, % SS		Fibra grezza, % SS		Amido, % SS	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Carmagnola selezionata	41,19	58,87	4,25	3,65	9,29	5,64	2,93	2,81	48,17	52,43	0,01	0,03
Carmaleonte	38,03	79,05	8,81	6,37	10,60	6,81	15,03	3,09	41,97	49,67	0,00	0,00
Codimono	38,39	47,28	5,77	4,98	10,75	7,30	2,95	2,99	43,98	51,11	0,75	0,02
Eletta Campana	38,40	53,97	4,25	5,25	9,23	10,60	3,89	6,77	46,71	47,42	0,58	0,02
Felina 32	38,61	76,57	6,52	7,62	9,98	10,60	2,98	4,95	41,95	44,27	1,80	0,00
Ferimon	44,65	45,01	8,69	4,62	11,14	6,33	3,08	4,29	42,73	53,24	1,08	0,00
Fibranova	38,86	48,95	6,44	6,99	11,01	10,11	4,52	3,32	44,93	40,82	0,21	0,00
Futura 75	41,33	60,98	4,67	6,62	8,08	9,06	3,10	3,92	50,25	50,11	0,06	0,08
Santhica 27	41,16	80,05	6,04	5,66	9,72	6,38	1,80	2,29	47,06	52,49	1,80	0,00
USO 31	38,59	52,22	7,08	8,65	9,72	11,29	2,04	3,52	39,21	42,51	0,00	0,00
Media	39,92	60,30	6,25	6,04	9,95	8,41	4,23	3,79	44,70	48,41	0,79	0,04
d.s.	2,12	13,52	1,64	1,50	0,95	2,14	3,87	1,30	3,37	4,45	0,72	0,03

Tabella 13 – Analisi Van Soest della pianta intera delle diverse varietà di canapa

Varietà	NDF, % SS		ADF, % SS		AIA, % SS		ADL, % SS		NSC, % SS	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Carmagnola selezionata	70,66	77,18	54,16	60,22	0,68	0,21	9,25	8,97	12,88	10,72
Carmaleonte	54,93	74,83	41,16	59,30	0,56	0,62	8,20	8,92	10,63	8,90
Codimono	67,98	76,72	51,95	60,75	0,45	0,21	9,34	9,15	12,55	8,01
Eletta Campana	70,43	60,96	53,44	46,42	0,58	0,30	9,47	9,74	12,20	16,42
Felina 32	63,98	69,13	48,35	54,82	0,41	0,24	8,74	10,42	16,54	7,70
Ferimon	59,44	76,88	45,04	61,37	0,15	0,06	9,16	9,27	17,65	7,87
Fibranova	67,41	59,45	51,92	46,48	0,15	0,09	8,90	7,14	10,62	20,13
Futura 75	69,87	75,87	54,60	60,02	0,56	0,19	8,90	9,96	14,29	4,53
Santhica 27	65,87	74,40	50,56	58,74	0,22	0,15	10,43	10,40	16,59	11,27
USO 31	67,34	65,06	52,05	50,77	0,64	0,20	10,75	9,60	13,82	11,49
Media	65,79	71,05	50,32	55,89	0,44	0,23	9,31	9,36	13,78	10,70
d.s.	5,09	6,90	4,30	5,91	0,20	0,15	0,77	0,95	2,48	4,57

Valutando le analisi degli steli, riportate in tabella 14 e tabella 15, si conferma un aumento della quantità di NDF rispetto alla pianta intera, con una media dell'80,85% SS nel 2020 e 84,28% SS nel 2021, a discapito del contenuto proteico, 4,37% SS in entrambe le annate, e del contenuto lipidico, rispettivamente 0,80 e 1,11% SS. Le varietà che hanno ottenuto un contenuto maggiore di NDF sono state Eletta Campana, con 84,88% SS nel 2020, e Carmaleonte, con 88,29% SS nel 2021, probabilmente a causa di una raccolta più tardiva. Le varietà che hanno avuto il contenuto minore di NDF sono state Ferimon, con 76,94% SS nel 2020, e USO 31, con 80,65% SS nel 2021. Le *cultivar* col maggiore contenuto di proteina grezza sono state USO 31, con 5,27% SS nel 2020, e Ferimon, con 4,92% SS nel 2021. Quelle con la minor quantità sono state Carmagnola selezionata, con 2,97% SS nel 2020, e Carmaleonte, con 2,67% SS nel 2021. Infine, Fibranova nel 2020 e Futura 75 nel 2021 sono state le varietà con la maggior quantità di lipidi, rispettivamente 1,20 e 1,79% SS; USO 31 nel 2020 e Carmaleonte nel 2021 sono invece state quelle con il minor contenuto di estratto etereo, rispettivamente 0,54 e 0,72% SS. Valutando le analisi sulle foglie, riportate in tabella 16 e tabella 17, si è evidenziato, come atteso, un aumento della proteina grezza rispetto agli steli e alla pianta intera, con una media del 20,71% SS nel 2020 e del 20,89% SS nel 2021. In questo caso, le varietà con il maggior contenuto sono state Carmaleonte nel 2020 e USO 31 nel 2021, rispettivamente con il 23,39 e 22,50% SS; quelle con la quantità minore sono state Ferimon, con il 18,10% SS nel 2020, e Felina 32, con il 19,20% SS nel 2021. Anche la frazione lipidica è aumentata, registrando come contenuto massimo un 11,51% nel 2020 e 12,73% SS nel 2021, rispettivamente nelle *cultivar* Fibranova e Codimono. Al contrario, USO 31 è stata la più carente in entrambe le annate, 4,45% SS nel 2020 e 7,48% SS nel 2021. Infine, il contenuto di NDF è calato in media a 26,10% SS nel 2020 e 29,89% SS nel 2021. In questo caso le varietà con il contenuto maggiore di fibra sono state Carmagnola selezionata nel 2020 e Santhica 27 nel 2021, rispettivamente con il 27,53 e 38,25% SS; mentre quelle minori si sono registrate con Ferimon, 23,71% SS nel 2020 e 21,26% SS nel 2021.

Tabella 14 – Analisi tipo degli steli delle diverse varietà di canapa								
Varietà	SS, %		Ceneri, % SS		Proteina grezza, % SS		Lipidi, % SS	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Carmagnola selezionata	93,56	93,57	2,46	3,26	2,97	3,29	0,78	0,85
Carmaleonte	94,09	92,96	3,95	3,63	4,90	2,67	0,86	0,72
Codimono	93,77	93,32	2,79	2,48	3,78	2,88	1,01	1,17
Eletta Campana	93,98	93,28	2,90	3,84	3,55	3,92	0,57	0,93
Felina 32	93,87	93,20	3,17	2,97	4,30	2,99	1,00	1,24
Ferimon	93,75	93,17	3,71	3,74	4,96	4,92	0,69	1,29
Fibranova	93,28	93,43	2,98	3,67	3,80	3,50	1,20	1,00
Futura 75	93,61	93,67	3,00	3,11	4,85	3,54	0,78	1,79
Santhica 27	94,06	93,06	2,85	3,09	5,32	3,52	0,58	1,13
USO 31	93,61	93,55	3,42	3,59	5,27	3,96	0,54	1,00
Media	93,76	93,32	3,12	3,34	4,37	4,37	0,80	1,11
d.s.	0,25	0,23	0,45	0,43	0,81	0,65	0,22	0,30

Tabella 15 – Analisi Van Soest degli steli delle diverse varietà di canapa								
Varietà	NDF, % SS		ADF, % SS		AIA, % SS		ADL, % SS	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Carmagnola selezionata	83,03	82,93	63,82	65,10	0,13	0,23	9,30	8,97
Carmaleonte	82,07	88,29	63,30	70,44	0,36	0,25	10,52	9,51
Codimono	79,82	83,41	60,77	66,20	0,45	0,13	7,78	9,40
Eletta Campana	84,88	84,85	64,97	66,59	0,63	0,15	9,97	10,47
Felina 32	79,58	84,56	63,43	67,78	0,24	0,15	10,45	10,11
Ferimon	76,94	83,30	60,03	67,08	0,59	0,30	9,16	9,09
Fibranova	82,49	83,37	65,02	66,43	0,51	0,04	8,45	10,39
Futura 75	82,17	85,31	63,17	46,98	0,24	0,13	9,03	9,43
Santhica 27	78,57	86,10	62,02	70,19	0,53	0,09	10,08	10,76
USO 31	78,97	80,65	61,82	65,33	0,69	0,19	9,44	9,42
Media	80,85	84,28	62,84	65,21	0,44	0,17	9,42	9,76
d.s.	2,44	2,06	1,66	6,66	0,19	0,08	0,88	0,62

Tabella 16 – Analisi tipo delle foglie delle diverse varietà di canapa										
Varietà	SS, %		Ceneri, % SS		Proteina grezza, % SS		Lipidi, % SS		Fibra grezza, % SS	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Carmagnola selezionata	91,85	91,65	11,59	16,72	20,92	19,79	11,39	11,97	11,83	10,88
Carmaleonte	92,02	90,56	18,55	20,75	23,39	19,90	7,11	10,16	10,79	14,22
Codimono	92,06	91,75	11,64	12,25	21,30	22,60	9,39	12,73	11,88	14,63
Eletta Campana	92,11	91,64	12,69	17,50	19,77	19,55	11,02	12,17	13,21	10,29
Felina 32	91,94	90,72	14,57	15,48	21,34	19,20	6,60	10,28	11,04	15,38
Ferimon	91,46	92,33	21,83	12,40	18,10	24,26	5,56	9,98	10,65	11,22
Fibranova	91,59	91,94	14,93	16,91	19,02	19,46	11,51	9,40	9,31	9,14
Futura 75	91,90	91,57	12,91	15,47	20,35	20,95	8,60	11,26	11,26	14,83
Santhica 27	91,77	90,58	15,29	15,94	21,10	20,63	8,94	9,26	9,88	16,08
USO 31	91,81	91,82	18,89	15,18	21,78	22,50	4,45	7,84	12,35	12,62
Media	91,85	91,45	15,29	15,86	20,71	20,89	8,46	10,50	11,22	12,93
d.s.	0,20	0,62	3,44	2,45	1,49	1,69	2,48	1,52	1,16	2,42

Tabella 17 – Analisi Van Soest delle foglie delle diverse varietà di canapa								
Varietà	NDF, % SS		ADF, % SS		AIA, % SS		ADL, % SS	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Carmagnola selezionata	27,53	28,56	16,48	16,17	0,22	0,32	5,42	5,28
Carmaleonte	24,30	29,93	14,70	18,64	0,28	0,51	4,95	7,18
Codimono	27,23	34,28	15,16	21,24	0,15	0,30	4,85	7,47
Eletta Campana	28,02	25,36	16,85	15,10	0,50	0,47	5,12	4,30
Felina 32	27,47	36,55	14,29	21,98	0,30	0,45	4,63	6,64
Ferimon	23,71	21,26	13,27	12,48	0,47	0,44	3,49	3,84
Fibranova	24,24	23,88	14,79	13,78	0,97	0,30	4,31	3,92
Futura 75	25,88	32,90	13,66	20,10	0,09	0,55	4,22	6,56
Santhica 27	25,45	38,25	14,22	23,37	0,30	0,62	4,02	10,36
USO 31	27,15	27,97	15,65	16,43	0,24	0,04	4,47	5,09
Media	26,10	29,89	14,91	17,93	0,35	0,40	4,55	6,06
d.s.	1,59	5,57	1,16	3,69	0,25	0,16	0,57	2,01

Per quanto riguarda i semi, si è ottenuto un 17,44 e un 19,41% SS, nel 2020 e nel 2021. Carmagnola selezionata è stata la varietà che ha ottenuto il valore più alto in entrambi gli anni, rispettivamente con 23,01 e 25,18% SS. Le varietà che hanno avuto i valori più bassi sono invece state Santhica 27 nel 2020 e USO 31 nel 2021, ognuna con il 14,05 e 14,73% SS. Si è invece ottenuta una media di 9,74% SS di lipidi nel 2020 e 9,53% SS nel 2021; in entrambe le annate, Eletta campana è stata la varietà che ha avuto il contenuto maggiore mentre Santhica 27 quello minore, rispettivamente con 20,54, 25,75, 3,87 e 3,24% SS. Questa ampia variabilità è da attribuirsi alla quantità anomala di semi vuoti. Per questo motivo, questo dato è in disaccordo con la bibliografia, dove l'estratto etereo viene quantificato nel 30% SS (Bailoni et al., 2020). L'amido è contenuto in tracce, registrando una media del 0,03% SS nel 2020 e del 0,04% SS nel 2021. Il contenuto minerale vede invece alte quantità di potassio, un discreto quantitativo di calcio, magnesio e potassio, e un livello basso di ferro. Cozzi et al. (2002) riportano che l'inserimento di alimenti solidi in diete di vitelli a carne bianca forniscono all'animale una maggiore quantità di ferro, non influenzando le performances produttive, il colore della carne e migliorando lo stato sanitario degli animali. Paragonato alle polpe di barbabietola e alla paglia, rispettivamente con 217 e 79 mg di Fe/kg SS, la canapa rappresenta una buona via di mezzo, con i suoi 147,3-170,1 mg di Fe/kg SS registrati nel 2020 e nel 2021. Le analisi tipo, dell'amido e dei minerali sono riportate in tabella 18 e tabella 19, mentre il profilo acidico è in tabella 20. In quest'ultimo, si evidenzia un discreto contenuto di acidi grassi saturi (14,85 e 15,72% degli AG totali) e monoinsaturi (14,34 e 14,60% degli AG totali), soprattutto rappresentati dall'acido palmitico, C16:0, e dall'oleico, C18:1 n-9. Sono invece ricchi di acidi grassi polinsaturi (70,81 e 69,68% degli AG totali), con prevalenza di acido linoleico, C18:2 n-6, e di acido  $\alpha$ -linolenico, C18:3 n-3. Il rapporto n-6/n-3 è ottimale, inferiore a 5 in entrambe le annate e in ogni varietà, ad esclusione di Carmagnola selezionata coltivata nel 2021 che ha registrato un valore di 6,76. Il profilo acidico rispecchia quello riportato in bibliografia (Bailoni et al., 2020).



Tabella 18 – Analisi tipo e dell'amido dei semi delle diverse varietà di canapa												
Varietà	SS, %		Ceneri, % SS		Proteina grezza, % SS		Lipidi, % SS		Fibra grezza, % SS		Amido, % SS	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Carmagnola selezionata	93,13	93,91	5,07	5,46	23,01	25,18	16,95	17,89	32,15	28,18	0,07	0,06
Carmaleonte	92,82	92,68	4,81	5,60	16,11	16,75	6,35	4,83	47,48	41,70	0,00	0,0
Codimono	92,65	92,95	4,55	4,92	17,41	19,01	6,72	8,38	43,86	37,66	0,00	0,0
Eletta Campana	93,85	94,85	4,68	5,19	22,55	24,01	20,54	25,75	32,98	25,45	0,00	0,12
Felina 32	92,94	93,22	4,36	9,35	14,47	17,63	6,91	5,60	48,22	42,07	0,00	0,01
Ferimon	92,81	93,70	4,29	5,56	15,27	21,02	8,85	3,44	47,37	36,18	0,05	n. r.
Fibranova	92,66	94,47	4,93	4,97	19,81	21,84	13,69	16,95	32,58	31,94	0,05	0,10
Futura 75	92,57	92,69	4,79	4,70	17,21	16,05	8,50	5,51	42,37	44,55	0,04	0,0
Santhica 27	92,72	92,36	3,82	4,66	14,05	17,87	3,87	3,24	50,99	43,42	0,04	n. r.
USO 31	92,74	92,54	4,16	4,21	14,53	14,73	5,06	3,71	49,43	47,99	0,04	0,00
Media	92,89	93,34	4,55	5,46	17,44	19,41	9,74	9,53	42,74	37,91	0,03	0,04
d.s.	0,37	0,86	0,39	1,44	3,30	3,48	5,49	7,84	7,44	7,43	0,03	0,05

Tabella 19 – Analisi minerale dei semi delle diverse varietà di canapa										
Varietà	K, mg/kg SS		Ca, mg/kg SS		Fe, mg/kg SS		Mg, mg/kg SS		P, mg/kg SS	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Carmagnola selezionata	9.462,16	9.434,35	3.591,83	3.967,53	179,51	194,81	3.698,69	3.681,95	7.034,57	7.037,51
Carmaleonte	9.672,93	11.279,62	4.665,85	5.067,83	172,54	156,22	3.635,07	3.985,38	5.699,67	5.879,67
Codimono	9.094,24	9.297,17	4.277,11	5.454,97	110,40	147,05	2.982,58	3.676,18	5.210,66	5.526,13
Eletta Campana	7.738,93	7.989,03	3.969,28	3.125,64	179,18	176,11	3.392,69	3.323,90	5.757,20	6.286,26
Felina 32	7.477,62	11.554,80	4.234,92	4.864,02	185,14	136,46	3.281,13	3.675,53	5.502,05	5.238,18
Ferimon	7.867,82	16.430,10	3.932,92	6.191,94	179,45	108,88	3.119,96	3.776,47	5.699,61	6.424,90
Fibranova	8.549,96	7.697,33	5.051,60	4.073,02	177,13	153,03	3.940,68	3.244,61	7.269,32	5.131,55
Futura 75	9.328,54	8.692,50	4.282,88	4.169,75	182,76	148,92	3.501,55	3.563,04	5.922,85	5.669,98
Santhica 27	7.409,09	10.343,07	4.174,58	7.009,65	144,57	135,94	3.122,05	4.019,02	4.777,27	5.354,76
USO 31	7.787,56	10.208,76	4.895,38	4.149,14	190,05	115,57	2.939,02	3.012,23	5.309,97	5.028,19
Media	8.438,89	10.292,67	4.307,64	4.807,35	170,07	147,30	3.361,34	3.595,83	5.818,32	5.757,71
d.s.	883,68	2507,22	449,57	1162,86	24,30	25,67	331,46	320,18	777,39	649,37

Tabella 20 – Profilo acido dei semi di diverse varietà di canapa, espresso come % degli AG totali													
Acidi grassi	Anno	Carmagnola Selezionata	Carmaleonte	Codimono	Eletta Campana	Felina 32	Ferimon	Fibranova	Futura 75	Santhica 27	USO 31	Media	d.s.
C16:0	2020	8,26	11,26	11,80	8,66	11,83	10,86	8,82	11,19	13,26	11,30	10,72	1,62
	2021	8,75	8,95	9,04	7,90	9,20	10,85	7,64	9,51	10,35	10,82	9,30	1,11
C18:0	2020	2,26	2,83	2,35	2,31	2,66	2,67	2,74	2,63	2,57	2,71	2,57	0,20
	2021	2,04	3,14	2,33	2,22	2,55	2,63	2,27	2,75	3,07	2,47	2,55	0,36
C20:0	2020	0,46	0,64	0,70	0,53	0,66	0,60	0,53	0,61	0,61	0,58	0,59	0,07
	2021	0,00	0,00	1,01	0,55	1,20	1,46	0,68	1,17	1,66	1,42	0,92	0,59
SFA totali	2020	11,61	15,84	15,98	12,05	16,01	14,95	12,83	15,40	17,97	15,92	14,85	2,03
	2021	11,34	16,24	15,40	12,17	16,31	18,93	13,00	16,36	18,90	18,53	15,72	2,76
C16:1 n-7	2020	0,14	0,20	0,23	0,15	0,26	0,22	0,24	0,22	0,26	0,25	0,22	0,04
	2021	0,03	0,09	0,06	0,05	0,08	0,14	0,05	0,08	0,10	0,09	0,08	0,03
C18:1 n-9	2020	11,03	16,79	15,79	10,78	14,38	12,49	11,85	14,49	11,72	16,35	13,57	2,27
	2021	12,88	18,91	12,47	11,44	13,53	14,22	11,11	13,65	13,79	13,24	13,53	2,14
MUFA totali	2020	11,63	17,26	16,39	11,41	15,24	13,50	12,86	15,18	12,91	17,00	14,34	2,17
	2021	14,55	20,90	13,36	12,15	14,44	15,33	11,66	14,49	14,78	14,38	14,60	2,51
C18:2 n-6	2020	55,34	52,97	51,92	56,08	53,65	54,64	55,44	53,78	51,02	53,30	53,81	1,60
	2021	63,85	52,03	54,40	57,39	55,04	53,09	57,34	55,31	52,81	53,39	55,46	3,46
C18:3 n-3	2020	19,52	11,74	13,48	18,40	11,62	12,59	15,87	12,74	14,03	10,78	14,07	2,95
	2021	9,31	10,73	16,70	18,13	14,05	12,35	17,87	13,64	13,29	13,45	13,95	2,90
C18:3 n-6	2020	1,00	0,97	1,16	1,23	2,35	3,23	1,97	1,86	2,81	1,69	1,83	0,78
	2021	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,17
PUFA totali	2020	76,77	66,90	67,63	76,54	68,74	71,56	74,31	69,42	69,12	67,08	70,81	3,79
	2021	74,11	62,86	71,24	75,68	69,26	65,75	75,33	69,15	66,32	67,09	69,68	4,35
n-6 totali	2020	56,40	54,05	53,17	57,37	56,11	57,97	57,48	55,71	53,95	55,10	55,73	1,64
	2021	64,48	52,10	54,50	57,50	55,15	53,30	57,42	55,42	52,93	53,52	55,63	3,59
n-3 totali	2020	19,52	11,74	13,48	18,40	11,62	12,59	15,87	12,74	14,03	10,78	14,07	2,95
	2021	9,54	10,73	16,71	18,13	14,07	12,41	17,87	13,69	13,35	13,52	14,00	2,86
n-6/n-3	2020	2,89	4,61	3,94	3,12	4,83	4,61	3,62	4,37	3,85	5,11	4,09	0,74
	2021	6,76	4,86	3,26	3,17	3,92	4,30	3,21	4,05	3,97	3,96	4,14	1,06

Sull'olio si è analizzato solo il profilo acidico, riportato in tabella 21. In questa frazione si vede un lieve calo degli acidi grassi saturi rispetto al contenuto presente nei semi, con una media di 13,28 e 11,72% degli AG totali nel 2020 e 2021, a favore di un aumento sia degli acidi grassi monoinsaturi, 15,64 e 15,85% degli AG totali, rispettivamente nelle due annate, che degli acidi grassi polinsaturi, 71,09 e 72,43% degli AG totali. L'acido grasso saturo più consistente è il palmitico, C16:0, presente in media 9,92% degli AG totali nel 2020 e 7,92% degli AG totali nel 2021. Della frazione di MUFA l'acido grasso più presente è invece l'oleico, C18:1 n-9, con 15,64% degli AG totali nel 2020 e 14,28% degli AG totali nel 2021. Infine, i PUFA più importanti sono l'acido linoleico, C18:2 n-6, con 54,59% degli AG totali nel 2020 e 55,52% degli AG totali nel 2021, e l'acido  $\alpha$ -linolenico, C18:3 n-3, con 13,72 e 15,46% degli AG totali, rispettivamente nei due anni. Il rapporto n-6/n-3 anche in questa frazione si è presentato ottimale, sotto la soglia consigliata di 5, con un'unica eccezione nel 2020 per la varietà Carmaleonte, che ha presentato un rapporto di 5,14.

Sul pannello estratto dai semi di canapa si è valutato il profilo acidico e l'analisi tipo, rispettivamente riportati in tabella 22 e tabella 23. Come per l'olio, si è registrato un calo di SFA totali, 16,34 e 13,73% degli AG totali, rispettivamente nel 2020 e 2021, a favore di un aumento sia di MUFA, 16,27 e 14,65% degli AG totali, che di PUFA, 67,39 e 71,62% degli AG totali nelle due annate. Questi valori sono coerenti con i dati riportati in bibliografia (Bailoni et al., 2020), come anche la maggior presenza nelle tre principali classi di C16:0, C18:1 n-9 e C18:2 n-6. Tuttavia, anche se mediamente il rapporto n-6/n-3 è rimasto nei valori soglia, la maggior parte delle *cultivar* ha presentato in almeno un anno un rapporto maggiore a 5 (Carmaleonte e Ferimon nel 2020, Carmagnola selezionata, Codimono ed Eletta Campana nel 2021) o addirittura a 8 (USO 31 nel 2020), nonostante sia riportato in tutti gli studi che tutti i sottoprodotti di canapa presentano sempre un rapporto ottimale per la salute umana (Bailoni et al., 2020). L'analisi tipo evidenzia invece un buon contenuto di proteina, con il 22,54 e 21,44% SS rispettivamente nel 2020 e 2021. La varietà che ha ottenuto il valore più alto è stata la Carmagnola selezionata, nel 2020 con 32,60% SS e nel 2021 con 31,33% SS, mentre Santhica 27 e Fibranova hanno raggiunto il valore minimo rispettivamente nel 2020 (13,75% SS) e nel 2021 (14,41% SS). Il contenuto lipidico, rispecchiando quello dei semi, è stato in media 14,30% SS nel 2020 e 14,62% SS nel 2021, con le stesse varietà dei semi a raggiungere i valori massimi e minimi. Tutti i dati sono coerenti con la bibliografia (Bailoni et al., 2020).

Tabella 21 – Profilo acidico dell'olio di diverse varietà di canapa, espresso come % degli AG totali										
Acidi grassi	Anno	Carmagnola Selezionata	Carmaleonte	Codimono	Eletta Campana	Ferimon	Fibranova	Futura 75	Media	d.s.
C16:0	2020	8,52	8,97	9,44	8,58	9,39	8,37	9,18	9,92	2,52
	2021	7,40	8,10	8,16	7,29	9,07	7,28	8,14	7,92	0,65
C18:0	2020	2,84	2,96	2,62	2,16	3,26	2,62	3,10	2,94	0,60
	2021	2,32	2,73	2,37	2,05	2,39	2,26	2,48	2,37	0,21
C22:0	2020	0,33	0,43	0,40	0,24	0,38	0,37	0,36	0,42	0,15
	2021	0,27	0,40	0,44	0,19	0,44	0,23	0,33	0,33	0,10
SFA totali	2020	11,68	12,36	12,46	10,99	13,03	11,35	12,65	13,28	3,19
	2021	10,99	12,54	12,27	10,28	13,22	10,67	12,08	11,72	1,09
C16:1 n-7	2020	0,24	0,14	0,13	0,15	0,25	0,16	0,15	0,18	0,05
	2021	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00
C18:1 n-9	2020	11,99	18,11	15,49	10,79	15,04	12,43	15,09	14,98	3,18
	2021	12,19	19,02	14,32	11,48	15,38	12,50	15,10	14,28	2,57
MUFA totali	2020	12,80	18,53	15,98	11,39	15,98	13,16	15,76	15,64	3,09
	2021	13,64	20,65	16,04	12,87	17,14	13,88	16,72	15,85	2,68
C18:2 n-6	2020	55,86	55,69	54,63	56,84	54,70	56,82	55,35	54,69	2,71
	2021	55,99	54,00	53,58	56,49	56,49	57,16	54,91	55,52	1,37
C18:3 n-3	2020	17,54	11,11	14,76	18,95	12,38	16,20	13,19	13,72	3,79
	2021	17,91	11,57	16,67	19,19	11,88	16,57	14,43	15,46	2,93
C18:3 n-6	2020	1,38	1,29	1,24	1,15	3,02	1,68	2,18	1,72	0,65
	2021	1,37	1,15	1,28	1,08	1,08	1,62	1,76	1,33	0,27
C20:2 n-6	2020	0,08	0,11	0,07	0,05	0,10	0,11	0,06	0,10	0,04
	2021	0,07	0,08	0,12	0,07	0,09	0,09	0,09	0,09	0,02
PUFA totali	2020	75,52	69,10	71,56	77,62	70,99	75,49	71,60	71,09	6,00
	2021	75,38	66,82	71,69	76,85	69,65	75,45	71,20	72,43	3,62
n-6 totali	2020	57,32	57,10	55,94	58,04	57,81	58,61	57,59	56,50	2,83
	2021	57,47	55,25	55,02	57,66	57,76	58,89	56,77	56,97	1,40
n-3 totali	2020	17,54	11,11	14,76	18,95	12,38	16,20	13,19	13,72	3,79
	2021	17,91	11,57	16,67	19,19	11,88	16,57	14,43	15,46	2,93
n-6/n-3	2020	3,27	5,14	3,79	3,06	4,67	3,62	4,37	4,46	1,47
	2021	3,21	4,78	3,30	3,00	4,86	3,55	3,93	3,81	0,75

Tabella 22 – Profilo acidico del pannello di diverse varietà di canapa, espresso come % degli AG totali													
Acidi grassi	Anno	Carmagnola Selezionata	Carmaleonte	Codimono	Eletta Campana	Felina 32	Ferimon	Fibranova	Futura 75	Santhica 27	USO 31	Media	d.s.
C16:0	2020	10,01	10,09	10,31	9,53	10,54	8,64	8,19	9,42	15,83	23,82	11,64	4,76
	2021	7,63	8,25	7,64	7,49	9,50	8,90	7,49	8,36	10,16	9,66	8,51	0,99
C18:0	2020	2,52	3,37	2,55	2,30	2,64	2,66	2,62	2,81	3,56	7,05	3,21	1,41
	2021	2,12	2,60	2,27	2,01	2,17	2,23	2,26	2,38	2,18	2,52	2,27	0,18
C20:0	2020	0,34	0,43	0,55	0,45	0,56	0,37	0,41	0,50	0,79	1,37	0,58	0,31
	2021	0,61	0,85	0,68	0,54	0,92	0,85	0,64	0,76	1,15	1,27	0,83	0,23
C24:0	2020	0,13	0,17	0,22	0,13	0,18	0,18	0,14	0,22	0,41	0,64	0,24	0,16
	2021	0,17	0,26	0,19	0,13	0,30	0,28	0,14	0,26	0,47	0,52	0,27	0,13
SFA totali	2020	13,44	14,60	14,18	12,79	14,58	12,32	11,77	13,49	21,73	34,57	16,34	6,98
	2021	12,44	13,44	13,00	11,66	16,11	13,15	11,16	14,10	15,27	17,01	13,73	1,90
C16:1 n-7	2020	0,17	0,22	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16	0,17	0,41	0,43	0,22	0,11
	2021	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00
C18:1 n-9	2020	11,05	18,33	15,05	10,45	13,98	12,74	12,05	14,91	15,52	30,40	15,45	5,75
	2021	11,22	18,29	11,11	11,19	13,64	14,46	12,22	14,57	13,08	14,98	13,47	2,24
MUFA totali	2020	11,72	18,87	15,61	11,04	14,77	13,65	12,82	15,68	16,76	31,73	16,27	5,92
	2021	12,12	19,12	11,66	11,91	14,55	16,51	13,69	15,43	15,55	15,94	14,65	2,36
C18:2 n-6	2020	55,30	53,82	53,58	55,88	54,93	58,08	56,48	54,59	47,48	26,83	51,70	9,17
	2021	56,11	54,93	57,34	56,63	55,67	54,39	56,54	55,43	53,74	53,68	55,44	1,25
C18:3 n-3	2020	17,48	10,46	14,57	18,49	12,32	12,11	16,51	13,14	10,28	3,46	12,88	4,36
	2021	19,24	12,29	17,87	19,76	13,55	11,93	16,81	14,98	11,64	13,15	15,12	3,08
PUFA totali	2020	74,85	66,54	70,22	76,17	70,65	74,03	75,41	70,83	61,51	33,70	67,39	12,66
	2021	75,44	67,44	75,33	76,43	69,33	70,34	75,15	70,47	69,18	67,05	71,62	3,60
n-6 totali	2020	56,65	55,09	54,85	57,03	57,35	61,14	58,14	56,82	49,86	27,86	53,48	9,45
	2021	19,24	12,31	17,87	19,76	13,57	12,62	16,81	14,98	12,30	13,23	15,27	2,92
n-3 totali	2020	17,48	10,46	14,57	18,49	12,32	12,11	16,51	13,14	10,28	3,46	12,88	4,36
	2021	2,92	4,47	3,21	2,87	4,11	4,57	3,47	3,70	4,61	4,06	3,80	0,67
n-6/n-3	2020	3,24	5,27	3,76	3,08	4,65	5,05	3,52	4,32	4,85	8,06	4,58	1,44
	2021	6,59	2,75	5,56	6,89	3,30	2,76	4,84	4,05	2,67	3,26	4,27	1,61

Tabella 23 – Analisi tipo del pannello delle diverse varietà di canapa										
Varietà	SS, %		Ceneri, % SS		Proteina grezza, % SS		Lipidi, % SS		Fibra grezza, % SS	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Carmagnola selezionata	94,40	93,96	5,61	5,10	32,60	31,33	16,25	23,70	26,97	21,93
Carmaleonte	94,51	95,34	5,11	4,93	22,67	21,89	13,76	12,56	37,41	36,11
Codimono	94,68	94,73	4,93	4,48	20,25	20,14	11,59	11,70	38,04	34,36
Eletta Campana	95,26	94,42	4,93	4,77	29,59	29,23	20,06	26,62	26,75	22,55
Felina 32	94,91	94,81	4,62	4,24	17,11	15,78	15,18	10,66	39,64	40,76
Ferimon	94,99	95,33	4,70	4,54	22,66	16,91	15,81	10,04	36,52	39,08
Fibranova	94,58	94,43	5,29	4,74	27,41	14,41	21,59	25,68	26,93	23,10
Futura 75	94,46	94,81	5,24	4,81	22,40	21,46	12,29	12,79	36,28	33,34
Santhica 27	94,64	94,16	4,33	4,02	13,75	28,15	6,91	6,03	41,91	44,52
USO 31	94,52	93,67	4,59	4,27	16,94	15,10	9,54	6,38	43,32	42,44
Media	94,70	94,57	4,93	4,59	22,54	21,44	14,30	14,62	35,38	33,82
d.s.	0,27	0,55	0,39	0,34	5,95	6,21	4,50	7,77	6,27	8,52

## 4.2. Caratteristiche fisiche delle varietà.....

L'umidità (%) contenuta nel canapulo delle 10 diverse varietà di canapa è riportata in tabella 24, sia per l'annata 2020 che 2021. Nel 2020, mediamente le varietà hanno registrato una percentuale di umidità di 7,78%, con picchi di 8,07 per USO 31 e un minimo di 7,42 per Santhica 27. Nel 2021, invece, nonostante la stessa media e la stessa varietà peggiore (USO 31 con l'8,36%), le varietà migliori sono state Eletta Campana e Felina 32, entrambe con il 7,36% di umidità.

Tabella 24 – Umidità (%) del canapulo delle diverse varietà di <i>Cannabis sativa</i> L.		
Varietà	Umidità, %	
	2020	2021
Carmagnola selezionata	7,98	7,43
Carmaleonte	7,65	7,62
Codimono	7,77	7,62
Eletta campana	8,07	7,36
Felina 32	7,69	7,36
Ferimon	7,55	8,28
Fibranova	7,89	8,04
Futura 75	7,73	7,72
Santhica 27	7,42	7,97
USO 31	8,07	8,36
Media	7,78	7,78
d.s.	0,22	0,37

Confrontando i valori con la bibliografia, Collins (2012) ha calcolato un contenuto di umidità che varia da 5,27% per la segatura di trucioli a 25,4% per la segatura non essiccata. Più nello specifico, paragonando il canapulo a uno dei materiali più utilizzabili nelle aziende zootecniche italiane, ossia la paglia di frumento, si nota un leggero miglioramento del dato, presentando questo un'umidità dell'8,44%.

La capacità di assorbimento dell'acqua ( $A_w$ ), invece, è riportata in tabella 25. In questo caso nel 2020 si è registrata una media di 254,9%, con il valore peggiore nella varietà Eletta campana (198,6%) e quello migliore per Carmaleonte (274,1%). Nel 2021 la media è stata di 248,94%, con valori che oscillano tra 205,42% di Codimono e 316,70% di USO 31.

Tabella 25 – Capacità di assorbimento dell'acqua (%) del canapulo delle diverse varietà di <i>Cannabis sativa</i> L.		
Varietà	Assorbimento di acqua, %	
	2020	2021
Carmagnola selezionata	242,45	227,65
Carmaleonte	374,15	245,77
Codimono	219,18	205,42
Eletta campana	198,57	224,24
Felina 32	355,87	280,01
Ferimon	210,56	251,68
Fibranova	260,23	240,52
Futura 75	235,71	235,03
Santhica 27	206,11	262,38
USO 31	246,33	316,70
Media	254,92	248,94
d.s.	61,31	31,58

In uno studio di Airaksinen et al. (2001), la capacità di assorbimento idrico del canapulo è risultata pari al 225%, valore molto simile alla media dei risultati di  $A_w$  ottenuti in questa tesi. I dati riportati da Collins (2012), inoltre, indicano come la segatura essiccata (704%) e gli stocchi di mais (670%) siano i materiali con più alta capacità di assorbimento, pari a 2,5-3 volte quella media dei canapuli delle 10 varietà. Tuttavia, se si valutano i dati

bibliografici relativi alla paglia, che rappresenta il materiale da lettiera più comune in Italia, si può osservare come la canapa sia in grado di assorbire la stessa quantità di acqua della paglia di frumento (210%) e della paglia di avena (244%), secondo quanto riportato da Whisenand (1918). Si può quindi concludere che, per questo parametro, il canapulo può essere considerato un buon materiale assorbente.

Infine, la capacità di assorbimento ammoniacale è riportata in tabella 26. Mediamente, nel 2020 il canapulo ha registrato un assorbimento ammoniacale del 49,5%. La varietà migliore è rappresentata da Ferimon, con 55,9%, mentre quella peggiore da Futura 75, con 44,3%. Anche nel 2021 Futura 75 e Ferimon sono state le varietà rispettivamente peggiore (35,94%) e migliore (55,22%), con una media di 50,49% tra tutte le *cultivar*.

Tabella 26 – Capacità di assorbimento ammoniacale (%) del canapulo delle diverse varietà di <i>Cannabis sativa</i> L.		
Varietà	Assorbimento ammoniacale, %	
	2020	2021
Carmagnola selezionata	49,79	51,12
Carmaleonte	49,40	50,00
Codimono	54,30	52,05
Eletta campana	46,46	48,66
Felina 32	49,59	48,13
Ferimon	55,87	55,22
Fibranova	45,45	44,50
Futura 75	44,30	35,94
Santhica 27	49,98	48,18
USO 31	51,25	52,08
Media	49,54	50,49
d.s.	3,65	3,20

I dati di assorbimento ammoniacale relativi al canapulo delle 10 varietà di canapa mostrano valori tendenzialmente più bassi (50,5 vs 60%) rispetto a quelli riportati per lo stesso materiale da Airaksimen et al. (2001). Lo stesso autore trova valori pari al 64% e 44%, rispettivamente nella segatura e nei trucioli di legno, e dati molto bassi (4%) per la paglia, che come già indicato rappresenta il materiale da lettiera più utilizzato.



## 4.3. Uso della canapa nell'alimentazione dei vitelli a carne bianca.....

### 4.3.1. Prestazioni *infra-vitam*.....

L'utilizzo della canapa nell'alimentazione dei vitelli a carne bianca non ha influenzato ( $P > 0,05$ ), considerando l'intero periodo di prova, le prestazioni produttive, tra cui l'accrescimento medio giornaliero, il consumo di sostanza secca e l'indice di conversione alimentare (ICA), come riportato nella figura 13. Questi risultati sono coerenti con quanto riportato da Gibb et al. (2005) e da Nchama et al. (2022), che però si riferiscono alle performances di vitelloni da carne. Secondo Gibb et al. (2005), un miglioramento delle performances nella fase di ingrasso sarebbe stato possibile solo attraverso un aumento della concentrazione energetica della razione, che nella sperimentazione non è avvenuto, essendo state somministrate diete isoenergetiche.

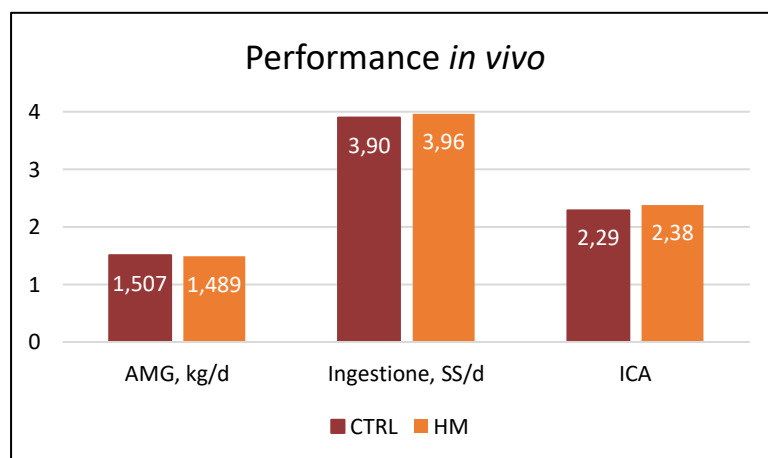


Figura 13 – Effetto della supplementazione alimentare con pannello di canapa sulle performances *infra-vitam* dei vitelli a carne bianca

Il dato relativo al peso vivo al momento della macellazione non è stato influenzato dall'inclusione della canapa, mentre è risultato significativamente più alto il peso intermedio dei vitelli del gruppo sperimentale (163,2 vs 173,1 kg;  $P < 0,05$ ), come dimostrato nella figura 14. Nelle prove effettuate sui vitelloni, si conferma l'assenza di effetti della

canapa sia sui pesi vivi finali che su quelli intermedi degli animali (Gibb et al., 2005; Nchama et al., 2022). Nel caso dei vitelli a carne bianca, il primo periodo di prova coincide con un veloce accrescimento corporeo, prevalentemente di tipo muscolare. È ipotizzabile che la maggiore velocità di crescita del gruppo di vitelli che hanno ricevuto la canapa sia legata alla qualità della proteina. Il mangime che conteneva la canapa al 3%, infatti, presentava un più equilibrato apporto di amminoacidi essenziali (Wang et al., 2008; Amirante, 2019; Ranalli, 2020; Bailoni et al., 2021), che potrebbe aver consentito una maggiore velocità di crescita, proprio nel primo periodo rispetto al gruppo di controllo.

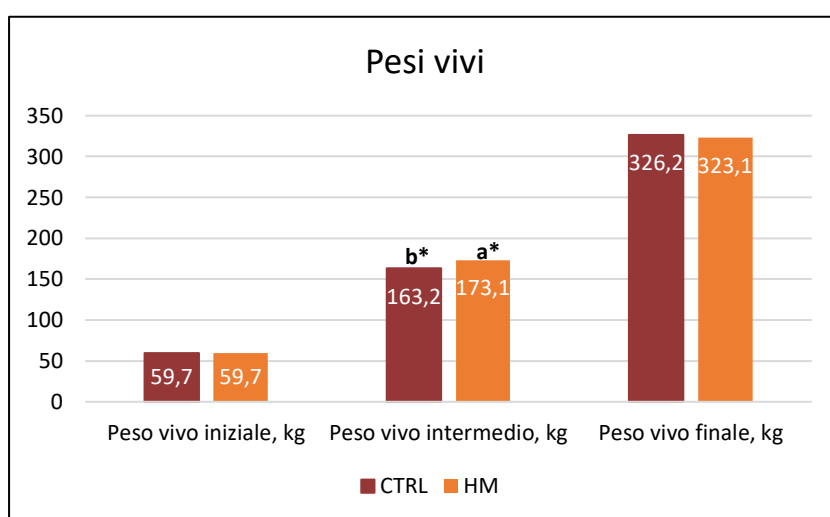


Figura 14 – Effetto della supplementazione alimentare con pannello di canapa sui pesi vivi dei vitelli a carne bianca; a\* e b\* indicano una differenza significativa  $P < 0,05$

Due vitelli, uno per ciascun gruppo sperimentale, sono deceduti durante la prova. Le morti sono legate a problemi respiratori e a una causa accidentale, rispettivamente nel gruppo CTRL e HM. Tuttavia, lo stato di salute generale dei vitelli è stato molto buono. Infatti, anche i livelli di emoglobina e ferro ematico, che se inferiori a 4,5 mmol/l (EFSA, 2006) o 7,25 g/dl (DGVA, 2006) possono determinare problemi di anemia, sono risultati ottimali in entrambi i gruppi ( $P > 0,05$ ), come riportato nella figura 15. Anche in questo caso, il risultato è coerente con i lavori di Gibb et al. (2005) e Nchama et al. (2022).

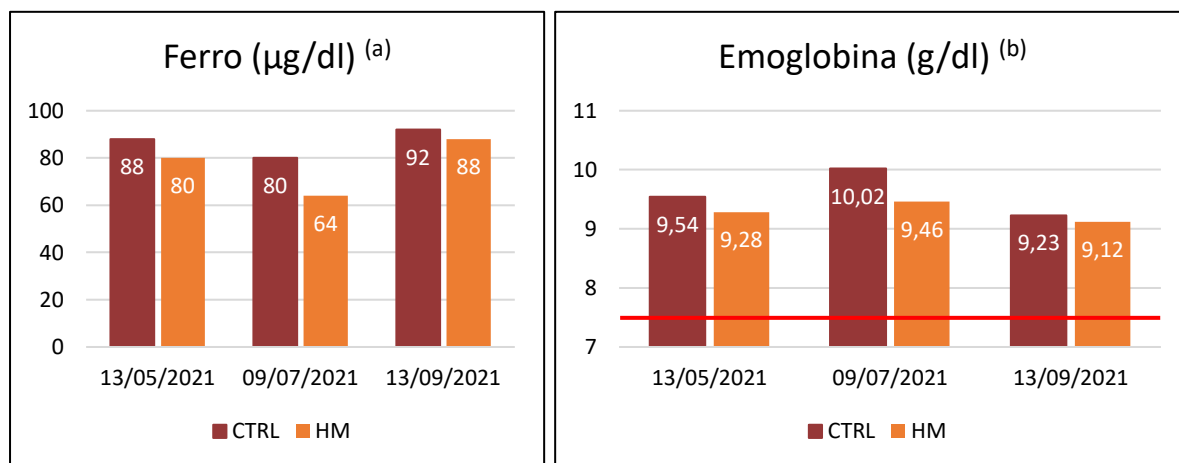


Figura 15 – Effetto della supplementazione alimentare con pannello di canapa sul ferro ematico (a) e sull'emoglobina (b) (livello minimo 7,25 g/dl) dei vitelli a carne bianca

#### 4.3.2. Resa e caratteristiche della carcassa....

Nonostante il peso della carcassa fosse simile in entrambi i gruppi, la resa percentuale a caldo è risultata significativamente più elevata nei vitelli alimentati con la canapa (49,90 vs 51,50%;  $P < 0,05$ ), come dimostrato in tabella 27. Il pH e la lunghezza della coscia non hanno mostrato differenze significative tra i due gruppi sperimentali ( $P > 0,05$ ); tuttavia la larghezza della groppa ha dimostrato una dimensione maggiore nelle carcasse provenienti dagli animali alimentati con la canapa (37,20 vs 38,38 cm;  $P < 0,05$ ). In bibliografia si riportano le stesse significatività per il peso della carcassa e la lunghezza della coscia; tuttavia, non sono state evidenziate differenze significative per la resa a caldo e per la larghezza della groppa (Gibb et al., 2005; Nchama et al., 2022).

Tabella 27 – Indici tecnici sulla carcassa; a\* e b\* indicano una differenza significativa  $P < 0,05$ ; A\* e B\* indicano una differenza significativa  $P < 0,01$

Indici	CTRL	HM	P-value
Peso vivo finale, kg	326,23	323,10	0,7218
Peso carcassa, kg	162,78	164,55	0,7644
Resa a caldo, %	49,90 <sup>A</sup>	51,50 <sup>B</sup>	0,0007
pH	5,76	5,69	0,0663
Lunghezza coscia, cm	67,92	67,81	0,9962
Larghezza groppa, cm	37,20 <sup>a</sup>	38,38 <sup>b</sup>	0,0127

### 4.3.3. Caratteristiche chimico-fisiche e nutrizionali della carne.....

I parametri del colore della carne non hanno evidenziato significative differenze fra le tesi ( $P > 0,05$ ), come riportato in tabella 28, coerentemente con la bibliografia (Nchama et al., 2022). Rispetto a quello studio, l'indice del rosso ( $a^*$ ) e l'indice di saturazione ( $C^*$ ) risultano molto differenti, perché l'obiettivo dell'allevamento a carne bianca è ottenere un prodotto il più possibile chiaro e pallido. I risultati di questa tesi riportano, infatti, valori simili ai normali parametri della carne di vitello proveniente da maschi di razza Frisona (Brugiapaglia, 2016).

Tabella 28 – Colore della carne			
Indici	CTRL	HM	P-value
Luminosità ( $L^*$ )	45,83	47,34	0,1010
Indice del rosso ( $a^*$ )	7,84	7,77	0,8834
Indice del giallo ( $b^*$ )	14,95	14,90	0,8775
Angolo di rifrazione ( $H^*$ )	62,47	62,62	0,9060
Indice di saturazione ( $C^*$ )	16,90	16,84	0,8964

Anche per quanto riguarda la composizione chimica del *Longissimus dorsi*, non sono risultate differenze statisticamente significative per il contenuto di acqua, proteina, grasso intramuscolare e contenuto di ferro, come riportato in tabella 29 e come riportato da Nchama et al. (2022). I valori di umidità e proteina sono coerenti con quanto ottenuto da Nian et al. (2018) su *Longissimus dorsi* di maschi di razza Frisona. Tuttavia, il contenuto di grasso intramuscolare rispecchia quello dei maschi castrati e risulta maggiore anche di quanto ottenuto da Catrileo nel 2014 (1,94% nei vitelli alimentati con concentrati e 0,90% in quelli alimentati con foraggi). Questo potrebbe essere dovuto a un sistema di allevamento italiano differente sia da quello irlandese che cileno. Il contenuto di ferro è coerente con quanto riportato da Brugiapaglia et al. (2016).

Tabella 29 – Caratteristiche chimiche del <i>Longissimus dorsi</i>			
Indici	CTRL	HM	P-value
Umidità (g/100 g di muscolo)	74,05	74,31	0,5847
Grasso intramuscolare (g/100 g di muscolo)	3,75	3,67	0,8911
Proteina (g/100 g di muscolo)	22,78	22,59	0,5060
Ferro (mg/kg di muscolo)	2,83	2,95	0,5128

Come riportato nella figura 16, invece, i risultati sulle perdite di cottura (29,49 vs 31,13%;  $P < 0,05$ ) e sulla resistenza al taglio (25,79 vs 36,18 N;  $P < 0,01$ ) hanno mostrato valori significativamente più elevati sui campioni del gruppo HM, peggiorando le caratteristiche qualitative della carne. In questo caso, Nchama et al. (2022), non riportano differenze nelle caratteristiche qualitative della carne tra gli animali alimentati con la canapa e gli animali in controllo. Inoltre, sebbene il valore per le perdite di cottura rispecchi il 30,9% riportato da Nian et al. (2018), quello sulla resistenza al taglio non è coerente nemmeno con il contenuto di grasso intramuscolare risultato tra i due gruppi. Essendo quest'ultimo correlato positivamente alla tenerezza della carne ed essendo risultato simile tra il gruppo HM e il gruppo CTRL, anche la resistenza al taglio avrebbe dovuto riportare risultati simili.

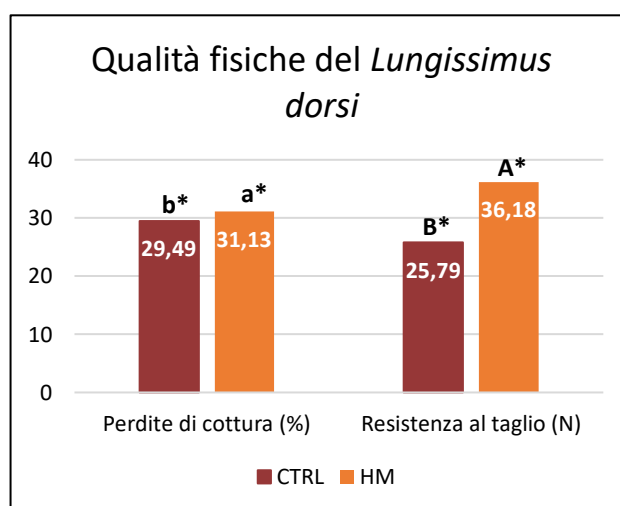


Figura 16 – Effetto della supplementazione alimentare con pannello di canapa sulle perdite di cottura (%) e sulla resistenza al taglio (N) del *Longissimus dorsi*; a\* e b\* indicano una differenza significativa  $P < 0,05$ ; A\* e B\* indicano una differenza significativa  $P < 0,01$

Il profilo acidico del *Longissimus dorsi* è riportato in tabella 30. Per entrambi i gruppi, il principale acido grasso saturo (SFA) è stato l'acido palmitico (C16:0), seguito dall'acido stearico (C18:0); l'acido oleico (C18:1 n-9) è stato, invece, l'acido grasso più consistente, sia in totale che tra i MUFA, che è risultato anche significativamente più elevato (38,94 vs 40,27% degli AG totali;  $P < 0,05$ ) nel gruppo alimentato con il pannello di canapa. Il PUFA maggiormente presente è invece stato l'acido linoleico (C18:2 n-6), seguito dall'acido  $\alpha$ -linolenico (C18:3 n-3), il quale è anche risultato inferiore (0,45 vs 0,36% degli AG totali;  $P < 0,05$ ) nel gruppo HM. Questi risultati rispecchiano quanto riportato in bibliografia, dove è stato evidenziato lo stesso ordine di grandezza dei vari acidi grassi nel profilo acidico della carne di vitelli di razza Frisona (Nian et al., 2017). Nello studio di Nchama et al. (2022), tuttavia, non sono riportate differenze significative tra il gruppo di controllo e il gruppo alimentato con la canapa, per nessun acido grasso. In quello di Gibb et al. (2005), invece, c'è stata una diminuzione significativa dell'acido palmitoleico (C16:1 cis) ed eptadecenoico (C17:1), che nella presente tesi non hanno mostrato differenze tra i due gruppi, e dell'acido oleico (C18:1 n-9), come in questa tesi; un aumento significativo è stato registrato, invece, nell'acido stearico (C18:0) e CLA (C18:2), che in questo studio non hanno mostrato significatività, e nell'acido  $\alpha$ -linolenico (C18:3 n-3), che nella presente sperimentazione è invece diminuito.

Inoltre, nonostante la supplementazione con il pannello di canapa, si è verificato un calo (0,45 vs 0,26% degli AG totali;  $P < 0,05$ ) del contenuto totale di acidi grassi n-3, che non è stato accompagnato da una diminuzione anche degli acidi grassi insaturi n-6; questo ha provocato, purtroppo, un incremento (16,77 vs 19,85;  $P < 0,05$ ) del rapporto n-6/n-3 nel gruppo HM. Mentre la prevalenza di specifici SFA e MUFA rispecchiano il profilo acidico del pannello di canapa, la minore presenza di ALA nel *Longissimus dorsi* e l'assenza di una significativa differenza tra i due gruppi nella quantità di acido linoleico dimostrano che non è avvenuto il carry-over di questi acidi grassi dal pannello di canapa alla carne.

Tabella 30 – Profilo acidico del *Longissimus dorsi*, espressi come % degli AG totali; a\* e b\* indicano una differenza significativa  $P < 0,05$ ; A\* e B\* indicano una differenza significativa  $P < 0,01$

Acidi grassi	CTRL	HM	P-value
C12:0	0,46	0,45	0,8632
C14:0	5,05	4,91	0,5377
C15:0	0,33 <sup>A</sup>	0,14 <sup>B</sup>	0,0041
C16:0	26,33	26,58	0,6835
C17:0	0,90	0,89	0,8703
C18:0	12,41	12,11	0,5490
SFA totali	45,48	45,07	0,6094
C14:1	0,67	0,72	0,3907
C16:1 n-7	3,35	3,25	0,4394
C17:1	0,79	0,61	0,0540
C18:1 n-9	38,94 <sup>b</sup>	40,27 <sup>a</sup>	0,0492
C18:1 t-11	3,06 <sup>a</sup>	2,71 <sup>b</sup>	0,0466
MUFA totali	46,81	47,55	0,2403
C18:2 n-6	7,19	7,01	0,6608
C18:2 CLA	0,08	0,01	0,1243
C18:3 n-3	0,45 <sup>a</sup>	0,36 <sup>b</sup>	0,0299
PUFA totali	7,71	7,38	0,4345
n-6 totali	7,19	7,01	0,6608
n-3 totali	0,45 <sup>a</sup>	0,36 <sup>b</sup>	0,0299
n-6/n-3	16,77 <sup>b</sup>	19,85 <sup>a</sup>	0,0157

## 5. Conclusioni.....

La *Cannabis Sativa* L. risulta una coltura con caratteristiche nutrizionali del seme e dei derivati davvero interessanti, ma anche variabili fra varietà. Tendenzialmente, ogni *cultivar* ha rispecchiato le qualità nutrizionali che caratterizzano la propria attitudine produttiva; tuttavia, l'incidenza elevata di semi vuoti ha portato alcune varietà, notoriamente utilizzate per la produzione di semi e derivati, a ottenere livelli insufficienti di olio, come Felina 32, Santhica 27 e USO 31, in cui il quantitativo non è stato addirittura sufficiente per eseguire le analisi.

La valutazione delle caratteristiche fisiche del canapulo ha invece confermato alcuni studi precedenti; il canapulo, sottoposto a macerazione, mostra caratteristiche intermedie ai più comuni materiali da lettiera presenti nelle stalle italiane e molto simile, per alcuni aspetti, alla paglia. In questi termini, il canapulo rappresenta una buona alternativa a materiali più costosi e si presta maggiormente a sistemi di allevamento che prevedano asportazioni frequenti delle deiezioni.

L'utilizzo del pannello di canapa come ingrediente sostitutivo alle fonti proteiche tradizionali nel mangime complementare di vitelli a carne bianca, infine, può essere considerato positivamente, non influenzando lo stato sanitario e le performances *in vivo* degli animali, anzi accelerando la velocità di crescita nel primo periodo e la resa della carcassa. Inoltre, la sua inclusione non provoca cambiamenti nel colore della carne, che rimane pallida e quindi ben accettata dal consumatore. Tuttavia, dai risultati emerge che la sostituzione potrebbe influenzare negativamente la qualità della carne, aumentando le perdite di cottura, la resistenza al taglio e il rapporto n-6/n-3. L'arricchimento della carne con acidi grassi n-3 tramite l'uso del pannello di canapa non ha prodotto i risultati attesi: ulteriori studi dovranno approfondire i dosaggi che, probabilmente, in questa sperimentazione erano troppo bassi.



## 6. Bibliografia.....

1. Airaksinen S., Heinonen-Tanski H. & Heiskanen M-L. (2001), *Quality of different bedding materials and their influence on the compostability of horse manure*, in Journal of Equine Veterinary Science, vol. 21, n. 3, pp. 125:130
2. Airaksinen S. (2006), *Bedding and Manure Management in Horse Stables. Its Effect on Stable Air Quality, Paddock Hygiene and the Compostability and Utilization of Manure*, ISBN 951-27-0443-9
3. Amaducci S., Errani M. & Venturi G. (1998), *Confronto tra genotipi monoici e dioici di canapa*, in Informatore agrario, vol. 54, pp. 39:42
4. Amaducci S., Zatta A., Pelatti F. & Venturi G. (2008), *Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (Cannabis sativa L.) fibre and implication for an innovative production system*, in Field Crops Research, vol. 107, pp. 161:169
5. Amaducci S., Zatta A., Raffanini M. & Venturi G. (2008), *Characterisation of hemp (Cannabis sativa L.) roots under different growing conditions*, in Plant Soil, vol. 313, pp. 227:235
6. Amirante P. (2019), *Macchine ed impianti per la coltivazione della canapa e per la trasformazione del prodotto*, in Researchgate
7. Bailoni L., Bacchin E., Trocino A. & Arango S. (2021), *Hemp (Cannabis sativa L.) seed and co-products inclusion in diets for dairy ruminants: a review*, in Animals, vol. 11, n. 856
8. Baldini M., Ferfuia C., Zuliani F. & Danuso F. (2020), *Suitability assessment of different hemp (Cannabis sativa L.) varieties to the cultivation environment*, in Industrial Crops & Products, vol. 143
9. Bedetti R., Ciarrocca R. & Ciaralli N. (1979), *The chemical characteristics of seven hemp cultivars (Cannabis sativa L.)*, in Cellulosa e Carta
10. Borhan M. S., Rahman S. & Hammer C. (2014), *Water absorption capacity of flax and pine horse beddings and gaseous concentrations*

- in bedded stalls*, in Journal of Equine Veterinary Science, vol. 34, n. 5, pp. 611:618
11. Brugiapaglia A., Destefanis G., Agosta S. & Renna M. (2016), *Colour and texture of veal as influenced by breed and ageing*, In 62<sup>nd</sup> International Congress of Meat Science and Technology, pp. 1:4
  12. Callaway J. C (2004), *Hempseed as a nutritional resource: an overview*, in Euphytica, vol. 140, n. 1, pp. 65:72
  13. Calzolari D., Rocchetti G., Lucini L. & Amaducci S. (2021), *The variety, terroir and harvest tyoes affect the yeld and the phenolic and sterolic profiles of hemp seed oil*, in Food Research International, vol. 142
  14. Camusso M., Bettinelli M. & Spezia S. (2001), *Water samples preliminary treatment for analytical determination of metals by acid digestion procedures, Trattamento preliminare dei campioni per l'analisi dei metalli mediante mineralizzazione acida*, in Notiziario dei metodi analitici, vol. 1, pp. 1:7
  15. Capasso S. (2001), *Canapicoltura: passato, presente e futuro*, Istituto di Studi Atellani, Frattamaggiore (NA)
  16. Casterline J. L., Oles C. J. & Ku Y. (1999), *Measurement of sugars and starches in foods by a modification of the AOAC total dietary fiber method*, in Journal of AOAC International, vol. 82, n. 3, pp. 759:765
  17. Catrileo A., Morales R., Rojas C. & Cancino D. (2014), *Beef production from dairy bulls under two different production system and its effect on the fatty acid profile ad beef quality*, in Chilean Journal of Agricultural Research, vol. 74, n. 3, pp. 366:370
  18. Collins B. L. (2012), *Viable alternative bedding materials for comdded pack barns*, in Kaleidoscope, vol. 10, article 6
  19. Di Candilo M., Diozzi M. & Rannalli P. (2003), *Investigation of cultivation methods for the mechanization of hemp seed harvest*, in Advances in horticultural science, vol. 17, n. 1
  20. DGSAF (2019), *Uso di canapa (Cannabis sativa) e cannabidiolo (CBD) in alimentazione animale*

21. DGVA (2006), *Nota esplicativa sulle procedure per il controllo del benessere animale negli allevamenti di vitelli – applicazione del D.Lgs. 30 dicembre 1992, n. 533 come modificato dal D.Lgs. 01 settembre 1998, n. 331*
22. Eder K. (1995), *Gas chromatographic analysis of fatty acid methyl esters*, in *Journal of Chromatography*, vol. 671, pp. 113:131
23. EFSA (2006), *Opinion on “The risk of poor welfare in intensive calf farming system. An update of the Scientific Veterinary Committee Report on the Welfare of Calves”*, in *The EFSA Journal*, vol. 366, pp. 1:36
24. Embaby M. G., Gunal M. & AbuGhazaleh A. (2019), *Effect of unconventional oils on in vitro rumen methane production and fermentation*, in *Ciencia e Investigacion Agraria*, vol. 46, n. 3, pp. 276:285
25. Eriksson M. & Wall H. (2012), *Hemp seed cake in organic broiler diets*, in *Animal Feed Science and Technology*, vol. 171, pp. 205:213
26. European Standard. UNE-EN ISO 18134-1:2016, *Solid biofuels – Determination of moisture content - Oven dry method - Part 1: Total moisture – Reference method (ISO 18134-1:2015)*, UNE-EN ISO 18134-1, 2016
27. Farinon B., Molinari R., Costantini L. & Merendino N. (2020), *The seed of industrial hemp (Cannabis sativa L.): Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition*, in *Nutrients*, vol. 12, n. 7
28. Fernandez-Tendero E., Day A., Legros S., Habrant A., Hawkins S. & Chabbert B. (2017), *Changes in hemp secondary fiber production related to technical fiber variability revealed by light microscopy and attenuated total reflectance Fourier transform infrared spectroscopy*, in *PLoS One*, vol. 12(6), e0179794.
29. Ferraz P. F. P., Ferraz S., Araujo G., Leso L., Klopčič M., Barbari M. & Rossi G. (2020), *Properties of conventional and alternative bedding materials for dairy cattle*, in *Journal of Dairy Science*, vol. 103, n. 9, pp. 8661:8674

30. Fleming M. P. & Clarke R. C. (1998), *Physical evidence for the antiquity of Cannabis sativa L.*, in Journal of the International Hemp Association, vol. 5, n. 2, pp. 80:95
31. Fleming, Hessel E. F. & Van den Weghe H. F. A. (2008), *Evaluation of factors influencing the generation of ammonia in different bedding materials used for horse keeping*, in Journal of Equine Veterinary Science, vol. 28, n. 4, pp. 223:231
32. Gibb D. J., Shah M. A., Mir P. S. & McAllister T. A. (2005), *Effect of full-fat hemp seed on performance and tissue fatty acids of feedlot cattle*, in Canadian Journal of Animal Science, vol. 85, n. 2, pp. 223-230
33. Gebreyowhans S., Lu J., Zhang S., Pang X. & Lv J. (2019), *Dietary enrichment of milk and dairy products with n-3 fatty acids: a review*, in International Dairy Journal, vol. 97, pp. 158:166
34. Honikel K. O. (1998), *References methods for the assessment of physical characteristics of meat*, in Meat Science, vol. 49, pp. 447:457
35. Hunt M. & King A. (2012), *Meat color measurement guidelines*, American Meat Science Association (AMSA), USA
36. Jing M., Zhao S. & House J. D. (2017), *Performance and tissue fatty acid profile of broiler chickens and laying hens fed hemp oil and HempOmega*, in Poultry Science, vol. 96, pp. 1809:1819
37. Karlsson L., Finell M. & Martinsson K. (2010), *Effects of increasing amounts of hempseed cake in the diet of dairy cows on the production and composition of milk*, in Animal, vol. 4, n. 11, pp. 1854:1860
38. Lips S. J., de Heredia G. M. I., den Kamp R. G. O. & van Dam J. E. (2009), *Water absorption characteristics of kenaf core to use as animal bedding material*, in Industrial crops and Products, vol. 29, pp. 73:79
39. Madia t. & Tofani C. (1998), *La coltivazione della canapa. Una semplice guida per gli agricoltori che desiderano coltivare canapa (Cannabis sativa): Coordinamento Nazionale per la Canapicoltura*
40. McPartland J. M., Guy G. W., Hegman W. (2018), *Cannabis is indigenous to Europe and cultivation began during the Copper or*

- Bronze age: a probabilistic synthesis of fossil pollen studies*, in *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 27, n. 4, pp. 635:648
41. Melosini M. (2016), *Tassonomia della Cannabis*, in *Dolce Vita Magazine*
  42. Mierlita D. (2016), *Fatty acid profile and health lipid indices in the raw milk of ewes grazing part-time and hemp seed supplementation of lactating ewes*, in *South African Journal of Animal Science*, vol. 46, n. 3, pp. 237:246
  43. Mierlița D. (2018), *Effects of diets containing hemp seeds or hemp cake on fatty acid composition and oxidative stability of sheep milk*, in *South African Journal of Animal Science*, vol. 48, n. 3, pp. 504:515
  44. Nchama C. N. N., Fabro C., Baldini M., Sacca E., Foletto V., Piasentier E., Sepulcri A. & Corazzin M. (2022), *Hempseed by-product in diets of italian Simmental cull dairy cows and its effects on animal performance and meat quality*, in *Animals*, vol. 12, n. 1014
  45. Nian Y., Allen P., Harrison S. M. & Kerry J. P. (2018), *Effect of castration and carcass suspension method on the quality and fatty acid profile of beef from male dairy cattle*, in *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 98, n. 11, pp. 4339:4350
  46. Petit J., Salentijn E. M., Paulo M. J., Thoymintot C., Jan van Dinter B., Magagnini G., Gusovius H. J., Tang K., Amaducci S., Wang S., Uhrlaub B., Mussig J. & Trindade L. M. (2020), *Genetic variability of morphological, flowering, and biomass quality traits in hemp (Cannabis sativa L.)*, in *Frontiers in plant science*, vol. 11, n. 102
  47. Potgieter F. J. & Wilke P. I. (1996), *The dust content, dust generation, ammonia production, and absorption properties of three different rodent bedding types*, In *Laboratory animals*, vol. 30, n. 1, pp. 79:87
  48. Ranalli P. (2020), *La canapa: Miglioramento genetico, sostenibilità, utilizzi, normativa di riferimento*, Edagricole, Bologna
  49. Rapetti L., Colombini S., Battelli G., Castiglioni B., Turri F., Galassi G., Battelli M. & Crovetto G. M. (2021), *Effect of linseeds and hemp seeds*

- on milk production, energy and nitrogen balance, and methane emission in the dairy goat*, in *Animals*, vol. 11, n. 2717
50. Regolamento del Consiglio Europeo (CE) n. 1099/2009 del 24 settembre 2009 relativo alla protezione degli animali durante l'abbattimento
51. Russo R. & Reggiani R. (2014), *Valutazione di farine di lino e canapa per l'alimentazione animale: contenuto di fattori antinutrizionali*
52. Salentijn E. M., Zhang Q., Amaducci S., Yang M. & Trindade L. M. (2015), *New developments in fiber hemp (Cannabis sativa L.) breeding*, in *Industrial crops and products*, vol. 68, pp. 32:41
53. Van Soest P. J., Robertson J. B. & Lewis B. A. (1991), *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition*, in *Journal of Dairy Science*, vol. 74, n. 10, pp. 3583:3597
54. Vandepitte K., Vasile S., Vermeire S., Vanderhoeven M., Van der Borgh W., Latré J., De Raeve A. & Troch V. (2020), *Hemp (Cannabis sativa L.) for high-value textile applications: the effective long fiber yield and quality of different hemp varieties, processed using industrial flax equipment*, in *Industrial Crops and Products*, vol. 158, n. 112969
55. Vodolazska D. & Lauridsen C. (2020), *Effects of dietary hemp seed oil to sows on fatty acid profiles, nutritional and immune status of piglets*, in *Journal of Animal Science and Biotechnology*, vol. 11, n. 1
56. Wang X.S., Tang C.H., Yang X.Q. & Gao W.R. (2008), *Characterization amino acid composition and in vitro digestibility of hemp (Cannabis sativa L.) proteins*, in *Food Chemistry*, vol. 107
57. West D. P. (1998), *Hemp & marijuana: myths and realities*, in *The Council*
58. Whisenand J. W. (1918), *Water holding capacities of bedding materials for livestock, amounts required to bed animals and amounts of manure saved by their use*, in *Journal of Agricultural Research*, vol. 14, n. 4, pp. 187:190

## Ringraziamenti.....

Ringrazio la professoressa Lucia Bailoni, Nadia Guzzo e Sheyla Arango per avermi aiutato durante tutto il percorso di analisi e stesura dell'elaborato, per essere state pazienti e sempre disponibili.

Un ringraziamento speciale va anche ai miei genitori, Antonino e Tiziana, che mi hanno sempre sostenuto, in ogni scelta e in ogni errore della mia vita finora. Questo lavoro è dedicato a loro, che hanno reso possibile la realizzazione di un sogno e mi hanno ispirato, con la speranza di poterli rendere sempre più orgogliosi.

Vorrei ringraziare anche la mia numerosa famiglia, da parte di mamma, di papà e di Andrea, che mi hanno sempre supportato e sopportato, consigliandomi e offrendomi ogni volta un sorriso.

Ancora, ringrazio i miei amici, che tra sfoghi, consigli e divertimento hanno sempre mostrato interesse per me e sono stati a loro volta una motivazione, a continuare il mio percorso e a migliorare me stessa.

Infine, ringrazio Andrea, un pilastro portante della mia vita. Dopo tanti anni continua a rendermi felice, a farmi sentire importante e amata. A te è dedicato ogni mio sorriso.