



## UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE E TECNOLOGIE ANIMALI

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

### Effetto della dieta a diverso contenuto di microalga clorella (*Chlorella vulgaris*) e di grasso su prestazioni produttive, digeribilità della dieta e qualità della carne di conigli in accrescimento

Docente di riferimento: DOTT. FRANCESCO BORDIGNON

Correlatore: CH.MO PROF. GEROLAMO XICCATO

Laureando: MATTEO MOLIN

Matricola n. 2044738

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

## Indice

Indice	1
Riassunto	3
Abstract	5
Introduzione	7
<i>Il coniglio da carne</i> .....	7
<i>Allevamento e razze</i> .....	7
<i>L'alimentazione del coniglio all'ingrasso</i> .....	9
Fabbisogni di accrescimento	10
Tipi di alimento, composizione e digeribilità	13
<i>Ingredienti alternativi nell'alimentazione del coniglio</i> .....	16
<i>L'utilizzo delle microalghe nei mangimi zootecnici</i> .....	20
L'utilizzo delle microalghe nell'alimentazione del coniglio	22
<i>La clorella: produzione, proprietà nutrizionali ed inclusione nei mangimi per conigli</i> .....	25
Obiettivi	31
Materiali e metodi	33
<i>Descrizione dell'allevamento</i> .....	33
<i>Animali, disegno sperimentale e fasi della sperimentazione</i> .....	35
<i>Preparazione e fornitura dei mangimi sperimentali</i> .....	38
<i>Controllo veterinario e stato di salute</i> .....	41
<i>Macellazione e dissezione</i> .....	41
<i>Preparazione dei campioni e analisi chimiche</i> .....	43
<i>Trattamento dei dati ed elaborazione statistica</i> .....	43
Risultati e discussione	45
<i>Prestazioni produttive dallo svezzamento alla macellazione</i> .....	45
<i>Digeribilità della dieta</i> .....	49
<i>Risultati di macellazione e qualità della carcassa</i> .....	50
Conclusioni	55
Bibliografia	57
Sitografia	63

## Riassunto

La presenti tesi ha inteso valutare l'effetto dell'inclusione nella dieta della microalga clorella (*Chlorella vulgaris*) (0% vs. 1% vs. 2%) in sostituzione della farina di girasole e di olio vegetale (1% vs. 3%) come fonte di proteina e energia digeribile, su prestazioni produttive, digeribilità della dieta, rese di macellazione e qualità della carcassa e della carne di conigli in accrescimento.

Nel dettaglio, 576 conigli di 33 giorni di età sono stati divisi in 6 gruppi sperimentali ottenuti dalla combinazione bi-fattoriale di 3 livelli di inclusione di clorella (C0: 0% vs C1: 1% vs C2: 2%) × 2 livelli di inclusione di olio vegetale (A: 1% vs G: 3% di olio di soia). I gruppi erano così denominati: AC0 (0% di clorella; 1% di olio vegetale), AC1 (1% di clorella; 1% di olio vegetale), AC2 (2% di clorella; 1% di olio vegetale), GC0 (0% di clorella; 3% di olio vegetale), GC1 (1% di clorella; 3% di olio vegetale) e GC2 (2% di clorella; 3% di olio vegetale). I conigli erano accasati in 72 recinti collettivi (8 conigli per recinto). In aggiunta, 72 conigli (12 per dieta) sono stati allevati in gabbie monocellulari per testare la digeribilità delle diete sperimentali. Le diete sono state somministrate dal giorno dello svezzamento (33 d di età) al giorno della macellazione (70 giorni di età) e la distribuzione dei mangimi avveniva manualmente, sia nei recinti collettivi sia nelle gabbie individuali da digeribilità.

Durante la prova, il peso dei conigli veniva misurato 2 volte a settimana (lunedì e giovedì), mentre il consumo di mangime e le condizioni ambientali (temperatura e umidità) venivano rilevati quotidianamente mediante sistemi digitali (celle di carico e termoigrometro digitale).

La macellazione commerciale dei conigli è avvenuta a 71 giorni di età e un numero rappresentativo (216 conigli; 12 per recinto e 36 per gruppo sperimentale) è stato selezionato per determinare le rese di macellazione. Tra le 216 carcasse pesate all'uscita del tunnel di refrigerazione, sono state selezionate 144 carcasse (8 per recinto e 24 per gruppo sperimentale) da sottoporre a dissezione e valutazione dei parametri di qualità della carcassa e della carne presso il laboratorio LaChi del Dipartimento DAFNAE.

Nel corso della prova lo stato di salute degli animali è stato nel complesso buono. Tuttavia, le perdite totali (animali morti + esclusi) sono state pari a 11,5%, per l'esclusione dalla macellazione finale di un certo numero di animali sottopeso (<2,2 kg).

L'inclusione di clorella nella dieta non ha modificato le prestazioni di crescita (peso vivo finale, accrescimento, consumi e indice di conversione) degli animali. Tuttavia, durante il periodo di finissaggio (65-70 giorni) i conigli alimentati con diete prive di clorella (0%) hanno mostrato un aumento (+3,3 g/d; P<0,05) dell'accrescimento medio giornaliero, ma non

sufficientemente apprezzabile considerando l'intero ciclo, dovuto al periodo troppo breve (5 giorni in totale).

Riguardo i risultati di macellazione, l'inclusione di clorella non ha modificato il peso al macello (2673 g in media), il peso della carcassa a freddo (1666 g), la resa di macellazione (61,7%), con effetti simili anche sulle caratteristiche della carcassa e i parametri di qualità della carne. Tuttavia, la luminosità della carne del muscolo *biceps femoris* è risultata più alta (+1,0 unità;  $P < 0,05$ ) negli animali alimentati con diete prive di clorella (0%).

L'aumento del contenuto di olio vegetale (olio di soia; 3%) nella dieta non ha avuto effetti significativi sul consumo medio giornaliero (159 g/d in media), ma ha influenzato l'accrescimento medio giornaliero (+1,4 g/d;  $P < 0,01$ ) e ridotto l'indice di conversione (-0,15 unità;  $P < 0,001$ ) nell'intero periodo di prova. I risultati di macellazione e i parametri di qualità (pH, luminosità, indice del rosso e indice del giallo), misurati a livello dei muscoli *longissimus lumborum* e *biceps femoris*, non sono stati influenzati in maniera significativa dall'inclusione di olio vegetale. Tuttavia, è stato riscontrato un aumento significativo delle perdite di trasporto (+0,31 punti percentuali;  $P < 0,05$ ), della proporzione della testa (+0,14 punti percentuali;  $P < 0,01$ ) e un tendenziale aumento della proporzione dei lombi (+0,39 punti percentuali;  $P = 0,062$ ) in animali alimentati con diete a basso contenuto di olio vegetale (1%). La digeribilità della sostanza secca è stata tendenzialmente migliorata ( $P = 0,07$ ) con l'inclusione di olio vegetale al 3%.

L'inclusione di clorella e olio vegetale non hanno mostrato interazioni significative sulle prestazioni produttive e i risultati di macellazione dei conigli.

In conclusione, i risultati del presente studio indicano che l'inclusione nella dieta per conigli in accrescimento di microalga clorella fino al 2% non produce effetti di rilievo sullo stato di salute, prestazioni produttive e rese di macellazione. L'impiego di elevati livelli di olio vegetale nella dieta (3%) ha permesso di migliorare gli indici di conversione e la crescita dei conigli durante il periodo di ingrasso, con conseguenti benefici sull'efficienza e sulla redditività degli allevamenti cunicoli.

## Abstract

The present thesis aimed to evaluate the effect of the dietary inclusion of *Chlorella vulgaris* (0% vs. 1% vs. 2%) and vegetable oil (1% vs. 3%) as a source of digestible protein and energy, on the productive performance, diet digestibility, slaughter yields, and carcass and meat quality of group-reared growing rabbits slaughtered at 71 days of age.

To this scope, 576 rabbits at 33 days of age (born and weaned at the experimental facilities of Experimental Farm of the University of Padova) were divided into 6 experimental groups resulting from a bi-factorial combination of 3 levels of chlorella inclusion (C0: 0% vs. C1: 1% vs. C2: 2%) × 2 levels of vegetable oil (A: 1% vs. G: 3% soybean oil). The groups were named as follows: AC0 (0% chlorella; 1% vegetable oil), AC1 (1% chlorella; 1% vegetable oil), AC2 (2% chlorella; 1% vegetable oil), GC0 (0% chlorella; 3% vegetable oil), GC1 (1% chlorella; 3% vegetable oil), and GC2 (2% chlorella; 3% vegetable oil). During the trial, 72 rabbits (12 per diet) were raised in individual cages to perform a digestibility trial. The diets were administered from weaning day (33 days of age) to slaughter day (71 days of age), and feed distribution was manual, both in collective pens and individual cages.

During the trial, rabbits were weighed twice a week (Monday and Thursday), while feed intake and environmental conditions (temperature and humidity) were recorded daily using digital systems (load cells and digital thermohygrometer).

Commercial slaughter of the rabbits took place at 71 days of age, and a representative number (216 rabbits; 12 per pen and 36 per experimental group) were selected for slaughter yields determination. Among the 216 carcasses weighed at the exit of the refrigeration tunnel, 144 carcasses (8 per pen and 24 per experimental group) were chosen for dissection and evaluation of carcass and meat quality parameters at the LaChi laboratory of the DAFNAE Department of the University of Padova.

Throughout the trial, the overall health status of the animals remained generally good. However, total losses (deceased animals + exclusions) amounted to 11.5%.

The inclusion of chlorella in the diet did not alter the growth performance (final live weight, growth rate, feed intake, and feed conversion ratio) of the animals. However, during the finishing period (65-70 days), rabbits fed diet including chlorella at 0% showed a slight increase (+3.3 g/d;  $P < 0.05$ ) in the average daily gain, which however was not significantly noticeable when considering the entire cycle.

Regarding slaughter results, the inclusion of chlorella did not affect slaughter weight (on average 2673 g), cold carcass weight (1666 g), or slaughter yield (61.7%), with similar effects on carcass

characteristics and meat quality parameters. However, the brightness of the *Biceps femoris* muscle was slightly higher (+1.0 unit;  $P<0.05$ ) in rabbits fed chlorella-free diets (0%).

The increase in vegetable oil content (soybean oil; 3%) in the diet did not have significant effects on daily average feed intake (159 g/d on average) but influenced average daily gain (+1.4 g/d;  $P<0.01$ ) and reduced feed conversion ratio (-0.15 units;  $P<0.001$ ) considering the entire trial period. Slaughter results and quality parameters (pH, brightness, redness, and yellowness indices), measured in the *Longissimus lumborum* and *Biceps femoris* muscles, were not significantly affected by the inclusion of vegetable oil. However, there was a significant increase in transport losses (+0.31 percentage points;  $P<0.05$ ), head proportion (+0.14 percentage points;  $P<0.01$ ), and a marginal increase in loin proportion (+0.39 percentage points;  $P=0.062$ ) in animals fed low vegetable oil content diets (1%). The digestibility of dry matter tended to improve ( $P=0.07$ ) with 3% vegetable oil inclusion.

The inclusion of chlorella and vegetable oil did not show significant interactions on rabbit productive performance and slaughter results.

In conclusion, the results of this study indicate that including chlorella microalgae in the diet of growing rabbits up to 2% does not have significant effects on health, productive performance, and slaughter yields. The use of high levels of vegetable oil in the diet (3%) improved feed conversion and rabbit growth during the finishing period, leading to increased efficiency and profitability in rabbit farming.

## Introduzione

### *Il coniglio da carne*

L'allevamento del coniglio, originario dell'Europa e in particolare del bacino Mediterraneo, ebbe le sue prime tracce con i Fenici in Spagna. La denominazione stessa della penisola iberica, di origine arabo-fenicia, significa "Terra dei conigli". Le prime forme di allevamento e domesticazione del coniglio risalgono all'epoca romana e si consolidarono nel Medioevo, quando i conigli venivano allevati nei monasteri. A partire dal XII secolo, l'allevamento del coniglio si sviluppò ulteriormente nelle garenne, spazi di terreno circondati da muri o fossati. Nel XVI secolo, furono create le prime conigliere, piccoli ricoveri in legno, che inizialmente erano ubicate all'interno delle garenne, consentendo agli animali di muoversi liberamente. Tuttavia, con l'abolizione del diritto di garenna, i conigli iniziarono ad essere confinati nelle conigliere, dove venivano alimentati con ortaggi, fieno e granaglie. Le prime gabbie con fondo grigliato apparvero in Inghilterra nel XIX secolo; queste gabbie, poste direttamente a terra, consentivano agli animali di pascolare. Solo nel XX secolo, soprattutto a partire dagli anni Settanta, si è sviluppato l'allevamento intensivo del coniglio, con gli animali tenuti all'interno di ricoveri chiusi e alimentati con alimenti concentrati ed elaborati, i mangimi composti, abbandonando così l'alimentazione basata su erba e fieni naturali.

### *Allevamento e razze*

Nel corso degli ultimi due secoli, come per altre specie animali, anche il coniglio è stato oggetto di selezione da parte dell'uomo, portando alla creazione di numerose razze, ognuna con le proprie caratteristiche distintive (razze da carne, razze da pelliccia, razze sportive e da hobby).

Non tutte le razze di conigli, per quanto migliorate, si adattano alle esigenze dell'allevamento intensivo, orientato ad ottenere la massima produttività a costi ridotti, combinando le caratteristiche più vantaggiose per questo tipo di allevamento come precocità, crescita rapida, buona trasformazione degli alimenti, resistenza alle malattie e prolificità (Gamberini, 2009).

Le razze da carne si distinguono dalle altre soprattutto per la loro mole elevata (razze intermedie e pesanti), una buona precocità, un rapido accrescimento, un buon indice di conversione, elevate rese di macellazione (55-60%) ed un elevato rapporto tra muscoli e ossa. Di solito, questi animali raggiungono un peso di macellazione compreso tra 2,2 e 3 kg, con un'età di macellazione attorno alle 11-13 settimane (Xiccato, 2019). Tra le razze da carne più note troviamo la Nuova Zelanda Bianca, la Californiana, l'Argentata di Champagne, il Blu di Vienna, il Fulvo di Borgogna e il Gigante di Fiandra.

Tra le razze di conigli da carne, la Bianca di Nuova Zelanda (Fig. 1a) e la Californiana (Fig. 1b), sono considerate le più conformate, produttive e resistenti. A partire dagli anni '80, queste razze hanno progressivamente soppiantato le altre e furono quelle maggiormente utilizzate nell'allevamento commerciale. Tuttavia, nel decennio successivo, sono state a loro volta soppiantate dagli ibridi commerciali (Xiccato e Trocino, 2008).



**Figura 1.** Nuova Zelanda Bianca (a); Californiana (b) (fonte: [www.anci-aia.it](http://www.anci-aia.it), 2019).

La Nuova Zelanda Bianca, selezionata negli USA, è considerata la “regina delle razze da carne”. Presenta un corpo compatto, corto e arrotondato, con masse muscolari sviluppate e distribuite uniformemente (dorso e lombi ben forniti di carne). Grazie alla presenza di pelo a ricoprire le zampe, è particolarmente adatta all'allevamento in gabbia in quanto risente poco delle piaghe podali, molto frequenti con questa forma di stabulazione. È una razza molto precoce, con un ottimo indice di conversione e, insieme alla Californiana, ha contribuito allo sviluppo della conigliicoltura industriale. Negli incroci da carne, la femmina è utilizzata per la sua grande attitudine materna.

Per quanto riguarda la Californiana, anch'essa creata negli Stati Uniti, è considerata la razza da carne per eccellenza. È stata ottenuta incrociando dapprima dei soggetti di razza Cincilla e Russo. Successivamente, i migliori maschi ottenuti da questi incroci sono stati utilizzati per l'incrocio con femmine Nuova Zelanda Bianca, dando origine a soggetti con caratteristiche morfologiche proprie del Russo. Un lungo lavoro di selezione ha poi permesso di consolidare i tratti distintivi della razza Californiana.

La Californiana è precoce, prolifica, con un ottimo indice di conversione ed elevate rese di macellazione. Presenta un corpo semi-compatto, dorso e cosce ben sviluppate e un'ossatura estremamente leggera. Per queste peculiarità, il maschio della razza viene utilizzato negli incroci per la produzione di carne, soprattutto utilizzando la Nuova Zelanda Bianca come linea materna.

In Italia, l'allevamento del coniglio è inquadrabile come un allevamento di importanza secondaria, in cui spesso convivono piccoli allevamenti rurali e moderni allevamenti professionali.

Gli allevamenti di tipo rurale sono gestiti a livello familiare, detengono un numero limitato di animali (5-50 fattrici) e forniscono una produzione destinata soprattutto all'autoconsumo. Questo tipo di allevamento è maggiormente diffuso nel Centro e nel Sud Italia.

Attualmente, la maggior parte della produzione cunicola nazionale è concentrata nelle regioni del Nord Italia (Gamberini, 1993). Queste regioni sono caratterizzate dalla presenza di allevamenti di medie e grandi dimensioni, che contano tra le 300-1000 fattrici, superando talvolta le 2-3000 fattrici. Fra le regioni del Nord, il Veneto si distingue come il principale polo dell'allevamento di conigli, con il maggior numero di allevamenti intensivi. In questi allevamenti, la gestione è di tipo commerciale e si utilizzano le tecnologie più innovative. La maggior parte di questi allevamenti adotta un sistema a ciclo chiuso, in cui la riproduzione e l'ingrasso avvengono all'interno dello stesso allevamento. Sono situati in capannoni appositamente progettati, in cui sono presenti tutte le fasi di allevamento, tra cui riproduzione, rimonta, ingrasso e quarantena (animali malati o provenienti da allevamenti esterni).

### ***L'alimentazione del coniglio all'ingrasso***

Come tutte le attività zootecniche, la produzione di carne di coniglio è influenzata da diversi "fattori di produzione" che interagiscono fra loro, tra cui gli animali (genetica), l'ambiente, lo stato sanitario e naturalmente l'alimentazione (Facchin e coll., 1993). Questi fattori, a loro volta, condizionano le diverse fasi di allevamento, come lo svezzamento, l'accrescimento e il finissaggio.

L'alimentazione rappresenta da sola circa il 60-70% dei costi di produzione, pertanto è evidente che una dieta inadeguata o poco corretta può causare una diminuzione della produzione stessa e compromettere il risultato economico aziendale. Inoltre, l'alimentazione ha un impatto significativo sullo stato sanitario degli animali e sulla qualità delle carni prodotte. (Gamberini, 2009).

In natura, il coniglio ha un regime alimentare che comprende una grande varietà di alimenti. In base al suo comportamento alimentare, il coniglio può essere classificato come un erbivoro selezionatore di concentrati. Infatti, predilige piante e vegetali caratterizzati da un basso contenuto di fibra e un alto contenuto di proteine e carboidrati digeribili, quali radici, tuberi, germogli e giovani foglie (Xiccato e Trocino, 2008).

Agli inizi dell'era della coniglicoltura industriale, gli allevatori di conigli da carne alimentavano i loro animali con una dieta basata principalmente su foraggi verdi, radici e tuberi, talvolta integrata con gli avanzi di cucina. Successivamente, con l'espansione dell'industria cunicola, sono stati

sviluppati nuovi metodi di alimentazione che hanno portato all'abbandono dei vecchi sistemi tradizionali a favore di una dieta più specializzata e bilanciata. Oggi, sia nell'allevamento intensivo che in quello semintensivo l'alimentazione è costituita da mangimi pellettati (Fig. 2), che garantiscono un apporto equilibrato di nutrienti.



**Figura 2.** Mangimi bilanciati sotto forma di pellets (fonte: agraria.org).

In un allevamento intensivo dedicato alla produzione di carne, l'alimentazione svolge un ruolo cruciale nel garantire il corretto funzionamento dell'apparato digestivo dei conigli e nell'apportare i principi nutritivi in rapporti tali da soddisfare i loro fabbisogni nelle varie fasi produttive (Xiccato e Trocino, 2008).

Oggi, l'utilizzo di mangimi pellettati rappresenta il metodo più diffuso nella produzione industriale di carne. Questi mangimi composti sono ottenuti combinando farine di cereali, foraggi disidratati e farine proteiche di origine vegetale (come semi oleosi) in proporzioni precise.

Nell'elaborazione dei piani alimentari negli allevamenti con l'obiettivo di ottenere elevate produzioni, spesso si adotta un'alimentazione che prevede l'utilizzo di diverse tipologie di mangimi, ciascuno con una composizione specifica in base allo stadio fisiologico e al livello produttivo degli animali. I principali mangimi utilizzati dagli allevatori di conigli possono essere suddivisi in:

- mangimi starter: adatti alla fase di svezzamento e nelle prime settimane dopo lo svezzamento e spesso usati per le femmine in rimonta;
- mangimi da fattrice: utilizzati soprattutto per le femmine in riproduzione;
- mangimi da ingrasso: somministrati ai conigli in accrescimento fino alla macellazione.

#### Fabbisogni di accrescimento

L'alimentazione del coniglio in accrescimento varia in base all'età dell'animale in quanto presenta diverse esigenze nutrizionali. Durante questo periodo, solitamente, si distinguono due fasi:

una fase di svezzamento e post-svezzamento (primo periodo) e una fase di ingrasso (secondo periodo) (Xiccato e Trocino, 2008).

La fase di svezzamento consiste nella separazione della fattrice dai coniglietti, quando quest'ultimi hanno raggiunto la completa autonomia e la capacità di nutrirsi da soli. Di solito, lo svezzamento inizia intorno ai 16-18 giorni di età, con l'ingestione dei primi pellet di mangime. Successivamente, a partire dai 20 giorni, il consumo di alimento solido aumenta progressivamente per compensare l'aumento dei fabbisogni alimentari e la diminuzione dell'ingestione di latte (Xiccato e Trocino, 2008). I coniglietti, con questi primi tentativi di ingerire i pellet, iniziano a modificare la popolazione batterica nell'apparato digerente, avvicinandosi alle caratteristiche proprie dell'animale adulto.

Durante il periodo di svezzamento si raccomanda la somministrazione di diete specifiche, in particolare diete ricche di fibra insolubile ( $ADF > 18-19\%$ ,  $ADL > 4,5-5\%$ ) e povere di amido ( $< 12\%$ ) (Xiccato e Trocino, 2008). Il mangime destinato alla fattrice, quindi, non è adatto ai giovani animali in quanto la madre, oltre alla fase finale della lattazione deve affrontare anche una nuova gravidanza e ha bisogno di un'alimentazione particolarmente ricca in energia e amidi. Sarà dunque necessario trovare un giusto compromesso fra queste diverse esigenze, adottando opportune tecniche di svezzamento.

In un allevamento cunicolo, è possibile adottare diversi programmi di svezzamento:

- Svezzamento precoce: prevede la separazione della fattrice dai coniglietti tra i 24 ed i 26 giorni di vita. Questo metodo può essere utilizzato negli allevamenti intensivi, dove è richiesto un forte impiego di manodopera. Durante questa fase, viene utilizzato un alimento specifico, con caratteristiche simili al latte, ricchi di proteina e lipidi.
- Svezzamento fisiologico: separazione della fattrice dai coniglietti tra i 29 ed i 35 giorni di vita dei coniglietti. Questo metodo viene utilizzato nella maggior parte degli allevamenti commerciali, in quanto non è facile trovare lo spazio nelle gabbie per accasare separatamente le fattrici e le nidiate svezzate. Durante questa fase viene somministrato un mangime pellettato da svezzamento.
- Svezzamento tardivo: la madre viene separata dai coniglietti dopo 35 giorni di vita dei coniglietti. Questo metodo viene utilizzato negli allevamenti con un ritmo produttivo semi-intensivo o estensivo, dove la fecondazione avviene poco prima o dopo lo svezzamento.

Il mangime da svezzamento contiene elevate percentuali di erba medica disidratata, con l'eventuale aggiunta di fieno e/o paglia per aumentare l'apporto di fibra insolubile (Xiccato e Trocino, 2008). È consigliabile aggiungere anche alimenti ricchi di fibra solubile come polpe secche di bietola

o pastazzo di agrumi, poiché hanno effetti positivi sulla salute intestinale dell'animale. D'altro canto, si dovrebbe limitare l'assunzione di alimenti ricchi in amido come cereali e cruscami, privilegiando in ogni caso l'orzo rispetto al mais per la maggior digeribilità dell'amido. Le fonti proteiche possono derivare da alimenti sfarinati come la farina di estrazione di soia e di girasole, utilizzati in ragione del 10-15%.

Nella pratica, l'allevatore continua a somministrare mangime da svezzamento anche dopo lo svezzamento. Ciò viene fatto per controllare l'insorgenza dei disturbi digestivi, che solitamente raggiungono la massima intensità 10-15 giorni dopo lo svezzamento (Xiccato e Trocino, 2008). Questo è un periodo molto delicato in cui gli animali devono acquisire completa autonomia sia dal punto di vista alimentare che di termoregolazione.

Il consumo alimentare in questo periodo di post-svezzamento varia dagli 80 ai 140 g/d.

Superata la fase critica, si passa alla somministrazione di un mangime da ingrasso, in cui il contenuto energetico aumenta mentre quello proteico diminuisce (Tabella 2). Ciò consente un miglioramento dell'indice di conversione alimentare e la deposizione di una quantità adeguata di grasso sulla carcassa (Xiccato e Trocino, 2008).

Nel mangime da ingrasso sarà quindi possibile aumentare l'inclusione di alimenti ricchi in amido, come cereali e cruscami, e ridurre l'apporto di fibra insolubile (come l'erba medica) e concentrati proteici. Infine, nelle ultime 2-3 settimane prima della macellazione, è possibile somministrare un mangime di finissaggio, ricco di energia (Tabella 2), che favorisce l'aumento del peso vivo degli animali e di raggiungere una sufficiente maturazione della carcassa.

Durante il periodo di ingrasso-finissaggio, il consumo alimentare varia da 130-140 g/d a 160-180 g/d (Xiccato e Trocino, 2008).

**Tabella 2.** Composizione chimica di mangimi per conigli durante le varie fasi di accrescimento (Xiccato e Trocino, 2008).

	Svezzamento e post svezzamento	Accrescimento e ingrasso	Finissaggio
<b>Composizione chimica:</b>			
Sostanza secca, %	88,5	88,7	88,5
Proteina grezza, %	16,0	15,5	14,9
Estratto etereo, %	3,9	3,4	3,4
Fibra grezza, %	16,9	15,0	13,5
NDF, %	35,0	33,4	31,7
ADF, %	20,7	18,4	16,6
ADL, %	4,3	3,9	3,6
Amido, %	8,5	14,0	18,5
Lisina, %	0,74	0,70	0,66
Metionina+cistina, %	0,51	0,51	0,50
Calcio, %	0,99	0,76	0,72
Fosforo, %	0,63	0,57	0,53
Energia digeribile, MJ/Kg	9,8	10,2	10,5
Rapporto PD/ED, g/MJ	11,4	10,6	9,9

#### Tipi di alimento, composizione e digeribilità

Negli allevamenti commerciali, i conigli vengono alimentati con mangimi composti (pellet) formulati al fine di garantire una completa copertura dei fabbisogni nutrizionali. D'altra parte, negli allevamenti estensivi, biologici o rurali, oltre alla somministrazione di mangimi composti, è comune integrare l'alimentazione a base di mangimi con fieno o paglia.

I mangimi per conigli possono contenere una vasta gamma di materie prime e integratori, con caratteristiche diverse e miscelati in proporzioni variabili, purché sia garantita la qualità nutrizionale e igienica del mangime (Xiccato e Trocino, 2008). Tuttavia, alcune materie prime sono più comunemente utilizzate nell'alimentazione dei conigli, poiché offrono un rapporto prezzo/nutrienti molto favorevole e hanno effetti positivi sulla fisiologia digestiva del coniglio (Tabella 3).

Tra le materie prime più utilizzate vi sono i fieni di erba medica (12-14% di proteina grezza) e le farine disidratate (15-17% di proteina grezza), che apportano contemporaneamente proteina di buon valore biologico e fibra insolubile. Per l'apporto energetico, si utilizzano principalmente crusconi di frumento (crusca, cruschetto e miscele) e cereali come la farina di orzo e, in minor misura, di mais, alimenti utilizzati per il loro contenuto di energia sotto forma di amido.

Le fonti proteiche derivano principalmente dalle farine di estrazione da semi oleosi, come la farina di estrazione di soia (titolo proteico 44%) e la farina di estrazione di girasole (titolo proteico

26-33%), che può essere utilizzata parzialmente o completamente in sostituzione della farina di estrazione di soia.

All'interno dei mangimi composti, possiamo trovare anche altri alimenti come i residui della lavorazione della frutta (pastazzo d'agrumi) e le polpe secche di bietola. Questi ingredienti sono in grado di aumentare il valore energetico della dieta senza apportare amido, ma piuttosto fibra solubile (pectine, beta-glucani) benefica per la salute intestinale, il che li rende di interesse nei mangimi da svezzamento. Per aumentare la concentrazione energetica del mangime, è possibile effettuare una grassatura della dieta, ovvero aggiungere dei grassi animali e/o oli vegetali. Tuttavia, questo apporto di grassi deve essere limitato (massimo 2-3%) per evitare di compromettere l'integrità dei pellet. Infine, l'integrazione di calcio, fosforo e sodio viene realizzata utilizzando carbonato di calcio, fosfato bicalcico e sale marino, rispettivamente.

È importante sottolineare che le materie prime utilizzate nelle diete dei conigli possono avere una composizione chimica molto diversa a seconda del paese di origine (Maertens e coll., 2002). Attualmente, al fine di sostenere lo sviluppo delle piccole e medie imprese e preservare la produzione cunicola in tutto il mondo, le industrie mangimistiche stanno adottando sempre più l'utilizzo di materie prime disponibili localmente.

**Tabella 3.** Composizione chimica e valore nutrizionale degli alimenti maggiormente utilizzati nei mangimi per conigli (Xiccato e Trocino, 2008).

	<i>SS %</i>	<i>ED MJ/Kg</i>	<i>PG %</i>	<i>EE %</i>	<i>FG %</i>	<i>NDF %</i>	<i>ADF %</i>	<i>ADL %</i>	<i>Amido %</i>	<i>Lis %</i>	<i>AAS %</i>	<i>Ca %</i>	<i>P %</i>
Erba medica disidratata (15-16% PG)	90	7,4	15,5	3,2	26,1	41,8	32,6	7,3	0	0,66	0,41	1,50	0,26
Erba medica disidratata (18-19% PG)	90	8,3	18,0	3,6	21,6	34,6	27,0	6,0	0	0,77	0,49	1,60	0,27
Fieno di erba medica (12-14% PG)	90	6,7	12,6	2,3	29,7	47,5	37,1	8,3	0	0,54	0,34	1,40	0,26
Paglia di frumento	90	2,7	3,6	1,2	39,5	75,0	47,4	8,0	0	0	0	0,38	0,08
Bucette di soia	90	7,2	12,2	2,0	36,5	58,8	42,6	2,1	0	0,70	0,34	0,50	0,16
Farina di orzo	88	12,9	10,3	2,0	4,6	17,5	5,5	0,9	51	0,39	0,42	0,06	0,36
Farina di mais	88	13,1	8,2	3,5	1,9	9,5	2,5	0,5	64	0,23	0,35	0,02	0,25
Polpe secche di bietola	90	10,4	9,0	1,0	18,0	42,8	21,2	1,8	0	0,53	0,31	0,76	0,10
Pastazzo di agrumi	90	11,3	5,9	2,7	13,3	22,0	15,5	1,6	0	0,20	0,15	1,59	0,12
Crusca di frumento	88	10,3	15,0	3,4	9,5	40,5	11,8	3,5	19	0,59	0,55	0,15	1,09
Cruschello di frumento	88	11,2	15,8	3,6	7,0	32,6	10,0	2,7	24	0,63	0,57	0,14	1,05
Semi integrali di soia	90	17,3	36,9	19,3	5,6	11,7	7,3	0,8	0	2,33	1,14	0,25	0,56
Semi di pisello	88	13,2	22,0	1,2	5,7	12,0	7,0	0,4	43	1,63	0,54	0,10	0,40
F.e. soia nazionale (44% PG)	90	13,3	43,2	1,8	7,7	16,1	10,0	0,8	0	2,72	1,25	0,29	0,60
F.e. soia estera (48% PG)	90	14,7	46,8	1,8	5,0	12,4	6,5	0,5	0	2,95	1,36	0,29	0,64
F.e. girasole (30% PG)	90	10,2	30,6	2,3	22,5	38,5	27,0	9	0	1,12	1,31	0,30	0,95
Grassi animali	99	33,5	0	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Olio di soia	99	35,6	0	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melasso commerciale (di canna)	75	10,1	4,5	0	0	0	0	0	0	0,02	0,04	0,74	0,09
Carbonato di calcio												38	
Fosfato bicalcico												24	18

SS: sostanza secca; ED: energia digeribile; PG: proteina grezza; EE: estratto etero; FG: fibra grezza; Lis: lisina; AAS: aminoacidi solforati (metionina+cistina); Ca: calcio; P: fosforo. Dati espressi sul tal quale.

Come accennato in precedenza, i mangimi per conigli sono solitamente prodotti sotto forma di pellet cilindrici, di diametro e lunghezza variabili. È fondamentale che il pellet sia resistente alla movimentazione, soprattutto negli impianti in cui la distribuzione del mangime avviene in modo automatico, in modo da evitare di sfaldarsi o generare polvere, che potrebbe avere effetti negativi sul sistema respiratorio degli animali (Xiccatto e Trocino, 2008). Per garantire la stabilità e la compattezza del pellet, vengono aggiunti additivi leganti o melasso al mangime in bassi dosaggi (1-2%). Ciò consente al pellet di essere più stabile e meno polveroso. La stabilità e la durezza del pellet sono anche garantite dalla pressione elevata durante il processo di pellettatura e dall'aumento di temperatura dovuto al passaggio del materiale sfarinato attraverso i fori della filiera, che comporta una parziale gelatinizzazione dell'amido presente.

Come già detto, in un moderno allevamento cunicolo, vengono utilizzati almeno tre tipi di mangimi composti: mangime da fattrice, mangime da svezzamento/post-svezzamento e mangime da ingrasso. La formulazione di questi mangimi avviene mediante l'uso di software specifici che aiutano il tecnico mangimista a selezionare le materie prime più adatte per produrre mangimi con la composizione desiderata e a ridurre al minimo i costi di produzione (Xiccatto e Trocino, 2008). Questi strumenti sono supportati da banche dati contenenti informazioni sulla composizione chimica e sui prezzi degli alimenti, nonché tabelle con standard di razionamento, con valori e intervalli dei diversi principi nutritivi. Questi dati e tabelle vengono costantemente aggiornati al fine di garantire prodotti di alta qualità a basso costo di produzione.

### ***Ingredienti alternativi nell'alimentazione del coniglio***

Come abbiamo visto in precedenza, nell'alimentazione dei conigli possono essere utilizzati diversi tipi di alimenti e additivi alimentari. Negli ultimi anni sono stati testati diversi alimenti, ognuno con caratteristiche specifiche, ed inclusi nella dieta in proporzioni variabili, valutando l'effetto su prestazioni riproduttive, crescita, caratteristiche della carcassa e qualità della carne, stato di salute e potere antiossidante (Tabella 4).

Le materie prime impiegate nell'alimentazione, sia in sostituzione ad altri alimenti sia come integrazione, possono assumere diverse forme ed avere origini diverse: estratti, farine, semi, oli, ecc.

Ad esempio, sono state condotte delle prove che hanno testato l'inclusione di farina di limone (*Citrus limon*) (Elwan e coll., 2019) e pomodoro (*Solanum Lycopersicum*) (Elwan e coll., 2019) come integratori alimentari in diete per conigli, valutandone gli effetti sulle prestazioni produttive, lo stato ossidativo e i parametri biochimici del sangue. Altri studi hanno accertato che l'inclusione di polpa, succo e farina di scorza di agrumi come additivi alimentari non influisce negativamente sulle

prestazioni degli animali. Inoltre, è stato dimostrato che l'integrazione con frutta fresca o secca contribuisce al mantenimento di uno buono stato di salute grazie alle sostanze fitochimiche presenti (Elwan e coll., 2019). I conigli alimentati con una dieta integrata al 2% di farina di limone o pomodoro hanno migliorato le prestazioni produttive e l'indice di conversione, così come è stato osservato un miglioramento del profilo ematico e un effetto antiossidante da parte degli additivi testati. La farina di pomodoro inoltre ha migliorato la risposta immunitaria attraverso un aumento della fagocitosi, della chemiotassi e dei livelli delle immunoglobuline (Tabella 4).

Un altro alimento testato, in questo caso in sostituzione alla farina di erba medica, è rappresentato dalle foglie di moringa (*Moringa oleifera*). L'impiego di parti di alberi come risorse alimentari alternative per gli animali erbivori è in aumento, soprattutto nelle regioni tropicali e subtropicali (Sun e coll., 2018). La moringa è una pianta ampiamente coltivata in Africa, le cui foglie sono la parte più utilizzata e rappresentano una preziosa fonte di nutrienti grazie alla presenza di composti bioattivi come vitamine, carotenoidi, polifenoli, e flavonoidi (Sun e coll., 2018). Un recente studio ha valutato l'effetto dell'inclusione di foglie di moringa (10, 20 e 30% in sostituzione della farina di erba medica) sulle prestazioni produttive, caratteristiche della carcassa, qualità della carne, capacità antiossidante e parametri biochimici del sangue (Sun e coll., 2018). I risultati hanno mostrato un effetto positivo sull'animale, con un aumento del peso medio giornaliero, miglioramento dell'indice di conversione e della qualità della carne con una riduzione della forza di taglio ed un effetto antiossidante. I migliori risultati sono stati ottenuti con un livello di inclusione del 20% nella dieta (Sun e coll., 2018).

Tra le materie prime recentemente testate troviamo anche i semi di cumino nero (*Nigella sativa*) e i baccelli di carruba (*Ceratonia siliqua*). Gli studi hanno valutato l'effetto della loro inclusione nella dieta sulle prestazioni di crescita, attività antiossidante, caratteristiche della carcassa e del cieco (microflora ciecale) in conigli in accrescimento (El-Gindy e coll., 2020; Hafsa e coll., 2017; Tabella 4). Inoltre, per ridurre lo stress ossidativo e migliorare l'accrescimento in conigli in accrescimento, è stato testato anche l'uso di oli vegetali ottenuti da semi di melone (*Citrullus lanatus*) (Singh e coll., 2021) e una miscela di oli di pepe nero e rosso (El-Hack e coll., 2018) (Tabella 4).

Nell'alimentazione cunicola possono essere utilizzati diversi additivi con funzioni diverse, il cui utilizzo è tuttavia soggetto a restrizioni a livello legislativo (Xiccato e Trocino, 2008). Attualmente, l'uso di promotori di crescita è vietato, mentre l'uso di antibiotici è soggetto a regolamentazioni rigorose. Queste limitazioni hanno contribuito a stimolare la ricerca sull'impiego di probiotici (microrganismi vivi) e prebiotici con l'obiettivo di controllare la microflora intestinale e migliorare lo stato di salute dei conigli, riducendo al contempo l'uso di antibiotici (Xiccato e Trocino, 2008).

I probiotici sono colture mono o miste di microrganismi vivi che influiscono positivamente sull'ospite migliorando le caratteristiche del microbiota indigeno (Oso e coll., 2013). In poche parole,

sono degli integratori che modulano la microflora intestinale e producono metaboliti specifici e intermedi che stimolano il sistema immunitario dell'animale. Studi precedenti condotti su conigli hanno dimostrato che l'integrazione alimentare di probiotici migliora la crescita e l'indice di conversione alimentare (Oso e coll., 2013). Ad esempio, è stato dimostrato che l'impiego di *Bacillus cereus* var. *toyoi* in diete per conigli migliora le performance di crescita e riduce la mortalità post-svezzamento (Trocino e coll., 2005). Altri probiotici testati sono il *Bacillus subtilis* e il *Lactobacillus acidophilus*, utilizzati in combinazione al fine di migliorare la digeribilità dei nutrienti, la fermentazione ciecale, l'efficienza alimentare e le prestazioni di crescita. Inoltre, i conigli alimentati con l'integrazione di *Lactobacillus acidophilus* hanno mostrato una riduzione delle patologie intestinali causate da *Escherichia coli* (Phuoc e Jamikorn, 2017).

I prebiotici, a differenza dei probiotici, sono ingredienti alimentari non digeribili che influiscono positivamente sulla salute dell'ospite stimolando selettivamente la crescita e/o l'attività di uno o di un numero limitato di batteri nel tratto gastrointestinale (Oso e coll., 2013). Tra i prebiotici più efficaci troviamo gli acidi grassi a corta catena (C4-C10) e gli oligosaccaridi indigeribili ma fermentabili. Oltre a probiotici e prebiotici, gli additivi più frequentemente inclusi nei mangimi per conigli sono i coccidiostatici e gli antiossidanti, aggiunti per ridurre l'alterazione delle frazioni lipidiche nelle diete grassate (Xiccatto e Trocino, 2008).

**Tabella 4.** Effetti e risultati dell'inclusione e/o della sostituzione nella dieta di ingredienti alternativi.

<i>Alimento</i>	<i>Animali, età, razza</i>	<i>Livelli inclusione</i>	<i>Durata alimentazione</i>	<i>Risultati</i>	<i>Riferimento</i>
<i>Farina di limone</i>	Prestazioni produttive, potere antiossidante, parametri ematologici	0%-1%-2%	56 giorni	Miglior ICA; effetto antiossidante. Consigliata integrazione al 2%	Elwan e coll., 2019
<i>Farina di pomodoro</i>	30 conigli di 45 giorni di età razza Nuova Zelanda	0%-1%-2%	56 giorni	Aumento peso e miglioramento ICA e profilo immunologico (IgG, IgM, IgA) ed effetto antiossidante. Consigliata integrazione al 2%	Elwan e coll., 2019
<i>Foglie di Moringa</i>	200 conigli di 50 giorni di età, razza Nuova Zelanda	0%-10%-20%-30%	30 giorni	Migliori prestazioni, ICA, qualità della carne, minor sforzo taglio. Consigliata sostituzione fino al 20%	Sun e coll., 2018
<i>Baccelli di carruba (in polvere)</i>	80 conigli svezzati di 30 giorni, razza Nuova Zelanda	0%-2,5%-5%-10%	90 giorni	Migliori prestazioni di crescita, ICA ed effetto antiossidante. Consigliata integrazione al 5%	Hafsa e coll., 2017
<i>Semi neri (Nigella sativa)</i>	54 conigli di 4 settimane di età	0-0,3%-0,6%	56 giorni	Migliori prestazioni produttive, profilo lipidico del sangue, immunità e stato antiossidante. Consigliata integrazione allo 0,6%	El-Gindy e coll., 2020
<i>Olio di semi di melone</i>	36 conigli svezzati di 5-6 settimane, razze miste	0%-0,2%-0,4%-0,6%	84 giorni	migliori prestazioni di crescita e stato antiossidante, effetto antimicrobico ed antinfiammatorio. Consigliata integrazione allo 0,6%	Singh e coll., 2021
<i>Oli di pepe nero (N) e rosso (R)</i>	100 conigli svezzati di 5 settimane, razza Nuova Zelanda	Dieta base (B), B + 0.25 di N ed R; B + 0.5 g/Kg di N ed R; B + 0.75 g/Kg di N ed R	56 giorni	Migliori prestazioni, effetto antiossidante e miglioramento stato immunitario. Dose consigliata: 0.75 + 0.75 g/Kg	El-Hack e coll., 2019

### *L'utilizzo delle microalghe nei mangimi zootecnici*

Con l'aumento della popolazione mondiale e l'aumento del reddito medio, la domanda di prodotti di origine animale come carni avicole, suine e bovine e di specie acquatiche aumenterà significativamente nei prossimi anni (Madeira e coll., 2017). Tuttavia, per soddisfare questa crescente domanda alimentare, il settore zootecnico e agricolo dovranno affrontare importanti sfide ed un incremento dei costi. L'alimentazione del bestiame richiede grandi quantità di materie prime e l'uso di tali ingredienti nei mangimi per animali spesso entra in diretta concorrenza con l'alimentazione umana. Inoltre, la produzione di foraggere e cereali richiede vaste aree ed elevato consumo idrico, spesso causando la perdita di habitat, deforestazione, e rilascio di emissioni che vanno a contribuire al cambiamento climatico (Valente e coll., 2021). L'espansione della produzione alimentare e l'intensificazione dell'agricoltura hanno comportato notevoli impatti a livello ambientale, tra cui riduzione della biodiversità degli ecosistemi naturali, erosione di suolo, eutrofizzazione e piogge acide (Kusmayadi e coll., 2021). Questa situazione rende quindi necessaria la ricerca di ingredienti alternativi più sostenibili da includere nell'alimentazione animale.

In questo contesto, l'uso delle microalghe è stato ampiamente incoraggiato nell'ultimo decennio, sia nell'alimentazione animale che umana, non solo per il loro apporto nutrizionale, ma anche per i preziosi composti bioattivi che contengono, come acidi grassi, minerali e vitamine (Tabella 5) (Valente e coll., 2021).

L'uso di microalghe da parte dell'uomo si verifica da secoli. Alcune specie di microalghe, tra cui Spirulina, Nostoc (alghe blu-verdi utilizzate dai cinesi durante il periodo di carestia) e Aphanizomenon, sono state utilizzate come fonte di cibo per migliaia di anni. Tuttavia, la coltivazione delle microalghe ha iniziato a svilupparsi solo a metà del secolo scorso (Spolaore e coll., 2006).

Le microalghe sono organismi microscopici che si trovano in vari ambienti, inclusi luoghi ostili come sorgenti termali, deserti e terre ghiacciate (Dineshbabu e coll., 2019). La maggior parte delle microalghe sono organismi autotrofi e fotosintetici, che utilizzano per la loro crescita l'anidride carbonica come fonte di carbonio e la luce solare come fonte di energia, contribuendo così alla fissazione del carbonio nella biomassa. Tuttavia, esistono anche microalghe eterotrofe che utilizzano il carbonio organico al posto della luce solare come fonte di energia (Madeira e coll., 2017). La composizione nutritiva delle microalghe è molto variabile e dipende da diversi fattori come la specie e le condizioni di coltivazione, la disponibilità di nutrienti, pH, intensità di luce e temperatura. La capacità di utilizzare i nutrienti all'interno delle microalghe varia a seconda del livello trofico della specie animale. Ad esempio, gli erbivori ed in particolare i ruminanti, utilizzano i nutrienti delle alghe in modo più efficiente rispetto alle specie monogastriche carnivore (Valente e coll., 2021).

**Tabella 5.** Composizione chimica in diverse specie di microalghe (% sulla sostanza secca) (Kusmayadi e coll., 2021; Spolaore e coll., 2006).

<i>Specie di microalghe</i>	<i>Composizione (%)</i>		
	Proteine	Carboidrati	Lipidi
<i>Botryococcus braunii</i>	40	2,38	33
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22
<i>Haematococcus pluvialis</i>	48	27	15
<i>Isochrysis galbana</i>	50-56	10-17	12-14
<i>Nannocloropsis</i>	33-44	8-14	22-31
<i>Porphyridium cruentum</i>	27,7-40,8	22,8-39,3	5,78-7,55
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	47	21-52	1,9
<i>Spirulina maxima</i>	60-71	13-16	6-7
<i>Sinecococcus</i>	63	15	11
<i>Tetraselmis maculata</i>	52	15	3

Diverse specie di microalghe presentano un contenuto proteico molto elevato, spesso uguale o addirittura superiore a quella delle farine proteiche vegetali convenzionali (Madeira e coll., 2017). Questo le rende particolarmente interessanti per la produzione di mangimi per animali.

Le microalghe sono anche un'ottima fonte di carboidrati, presenti sottoforma di amido, monosaccaridi e polisaccaridi. Nella maggior parte delle specie, costituiscono circa il 10-25% in peso secco delle microalghe e possono variare a seconda delle loro condizioni di crescita e dell'età delle colture (Dineshbabu e coll., 2019). Tuttavia, grazie alla loro elevata efficienza di fotoconversione, le microalghe possono accumulare un alto contenuto di carboidrati (fino al 50% in peso secco), i quali fungono da riserva energetica e come componente strutturale nelle pareti cellulari (Kusmayadi e coll., 2021). I carboidrati delle microalghe comprendono inoltre un'importante quota di fibre alimentari, benefiche per la salute intestinale degli animali (Madeira e coll., 2017).

Le microalghe sono inoltre una preziosa fonte di lipidi, composti soprattutto da trigliceridi e fosfolipidi ricchi in acidi grassi saturi o insaturi. Gli acidi grassi polinsaturi (PUFA: EPA- $\omega$ 3 e DHA- $\omega$ 6) sono gli ingredienti funzionali più preziosi dei lipidi microalgali. Alcuni studi hanno dimostrato che l'integrazione di mangimi con microalghe ricche di PUFA aumenta il contenuto di omega 3 dei prodotti animali (Dineshbabu e coll., 2019). Le microalghe sono ricche in minerali come rame, iodio, ferro, potassio e zinco, rendendole adatte come integratori alimentari. Inoltre, le microalghe sono una preziosa fonte di quasi tutte le vitamine essenziali, il cui contenuto varia in funzione dei fattori ambientali, del trattamento di raccolta e del metodo di essiccazione (Spolaore e coll., 2006). Infine, le microalghe sono ricche di pigmenti, ovvero sostanze chimiche colorate coinvolte nel processo di fotosintesi algale. I tre principali gruppi di pigmenti fotosintetici nelle microalghe sono i carotenoidi (liposolubili), le clorofille (liposolubili) e la ficobilina (idrosolubili) (Kusmayadi e coll., 2021).

Queste molecole svolgono un ruolo importante come antiossidanti, precursori vitaminici e stimolatori immunitari.

L'utilizzo delle microalghe come alimento per il bestiame è influenzato da diversi fattori. In primo luogo, dipende dalle specie di microalghe e dalla loro composizione chimica, in particolare i livelli di proteine, lipidi, polisaccaridi, vitamine, antiossidanti e minerali. In secondo luogo, è importante considerare l'adattamento dell'animale all'ingrediente (Madeira e coll., 2017). Lo studio delle alghe come alimento per animali ha avuto inizio negli anni '50 ed è in continua evoluzione. Verso gli inizi degli anni 2000, circa il 30% della biomassa di microalghe prodotta veniva destinata ai mangimi per animali. L'uso di microalghe nei mangimi può giovare alla salute degli animali migliorando la risposta immunitaria, la resistenza alle malattie (azione antivirale e antibatterica), e migliorare la funzione intestinale (Madeira e coll., 2017). Tuttavia, dato il gran numero di specie di microalghe disponibili, è importante selezionare accuratamente quelle più adatte all'inclusione nei mangimi. Alcune microalghe eucariotiche, ad esempio, sono dotate di pareti cellulari particolarmente resistenti, che possono ridurre la disponibilità di nutrienti preziosi nei mangimi. Per questo motivo, l'industria mangimistica dovrà quindi sviluppare nei prossimi anni delle tecnologie adeguate per migliorare la biodisponibilità dei nutrienti microalgali negli animali (Madeira e coll., 2017).

Tra le microalghe più utilizzate nelle formulazioni mangimistiche troviamo *Schizochytrium* sp., *Chlorella* sp. (considerata in molte aree un'importante fonte di nutrienti), *Arthrospira* sp., *Isochrysis* sp. (microalga con un elevato contenuto di lipidi e preziosa fonte di PUFA n-3), *Porphyridium* sp., *Pavlova* sp. e *Nannochloropsis* sp.

#### L'utilizzo delle microalghe nell'alimentazione del coniglio

Gli studi sull'uso di alimenti alternativi nell'alimentazione del coniglio sono numerosi, mentre la ricerca sugli effetti dell'inclusione di microalghe è ancora limitata (Valente e coll., 2021).

Tra le microalghe studiate come ingredienti alternativi nelle diete cunicole, *Arthrospira platensis*, *Chlorella* sp. e *Schizochytrium* sp. sono state le più analizzate negli ultimi anni, con l'obiettivo di migliorare lo stato di salute e le performance produttive nei conigli. Viceversa, gli studi riguardanti l'effetto delle microalghe sulla qualità della carne di coniglio sono ancora limitati (Valente e coll., 2021).

La spirulina (*A. platensis*) è finora la microalga più studiata nell'alimentazione del coniglio. In uno studio condotto da Pairetti e Meineri nel 2008, è stata valutata l'inclusione di spirulina come sostituto proteico alla farina di soia, con livelli di inclusione nella dieta del 5%, 10% e 15%, analizzando gli effetti sulle performance di crescita, sulla qualità della carne e sulla digeribilità apparente della dieta (Tabella 6). Con l'inclusione di spirulina, la digeribilità delle diete sperimentali

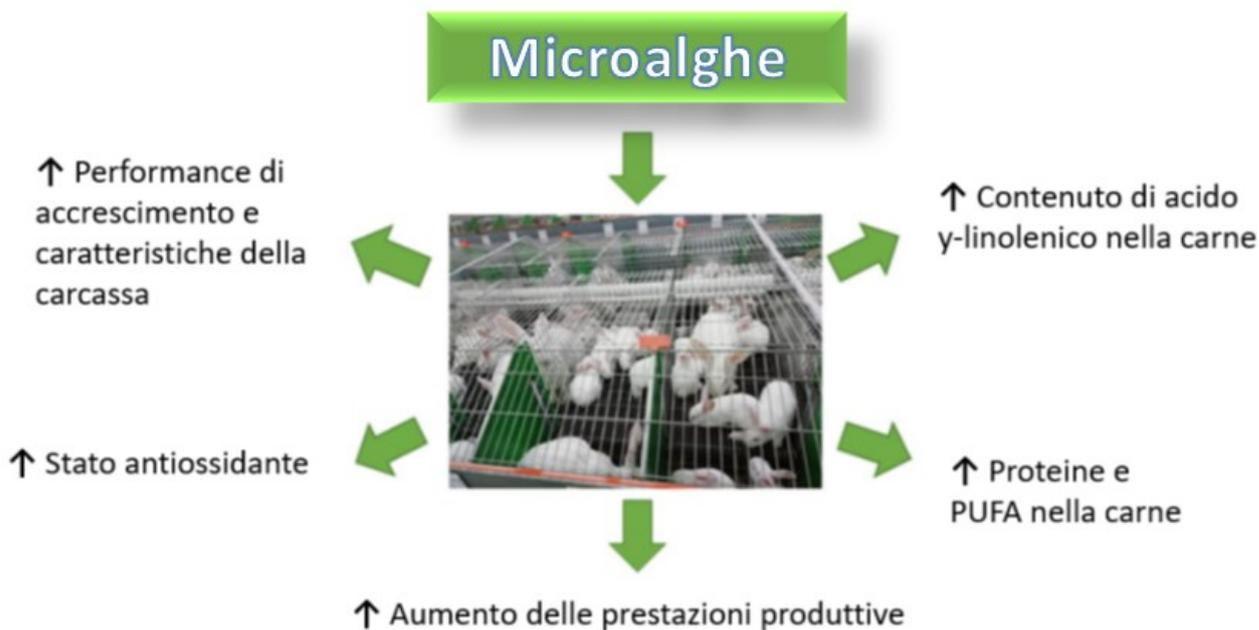
è diminuita rispetto alla dieta controllo, mentre non sono stati osservati effetti negativi sulle performance di crescita degli animali (Pairetti e Meineri, 2008). In uno studio successivo (Pairetti e Meineri, 2011), la spirulina è stata utilizzata in sostituzione alla farina di soia e erba medica, valutandone gli effetti sulle caratteristiche della carcassa e la qualità della carne di conigli in accrescimento (Tabella 6). L'inclusione di spirulina non ha influenzato significativamente la resa in carcassa, mentre ha prodotto un miglioramento degli indici aterogenici e trombogenici, con conseguenti benefici sulla qualità nutrizionale della carne di coniglio (Pairetti e Meineri, 2011).

Anche *Chlorella* sp. e *Schizochytrium* sp. sono state oggetto di interesse, tuttavia gli studi che le identificano come potenziali ingredienti o additivi alimentari nelle diete per conigli sono ancora limitati. L'inclusione di *Schizochytrium* (180, 600 e 1800 mg/kg/d) nella dieta di coniglie gestanti (Hammond e coll., 2001) non ha riscontrato segni clinici di tossicità, inoltre non ha portato ad alcun effetto negativo sul peso medio del feto/figliata o malformazioni esterne, viscerali o scheletriche. Tuttavia, un'inclusione di 1800 mg/kg/d di *Schizochytrium* nella dieta ha portato ad una riduzione del consumo di cibo, un aumento del peso corporeo e un leggero aumento degli aborti. Un altro studio con l'inclusione di *Schizochytrium* (4 g/kg) in coniglie gestanti e in lattazione (Mordenti e coll., 2010) non ha evidenziato effetti negativi né sulle performance riproduttive delle fattrici né sulle proprietà nutrizionali delle carni ottenute dalle loro nidiate, ma non ha evidenziato nemmeno effetti positivi tali da rendere interessante l'inclusione del prodotto nelle diete commerciali per conigli.

**Tabella 6.** Effetto dell'inclusione di spirulina (*Arthrospira platensis*) nelle diete per conigli.

<i>Microalga</i>	<i>Animali, età, razza</i>	<i>Livelli inclusione</i>	<i>Durata alimentazione</i>	<i>Risultati</i>	<i>Riferimento</i>
<i>Arthrospira platensis</i>	40 conigli di 9 settimane di età, razza mista	5%-10%-15%	24 giorni	Minor digeribilità rispetto alla dieta, nessun effetto negativo sulle prestazioni di crescita dovuto all'aumento dell'assunzione giornaliera media di mangime	Pairetti e Meineri, 2008
	40 conigli di 9 settimane di età, razza mista	5%-10%-15%	24 giorni	Fino al 15% di inclusione, riduzione degli indici aterogenici e trombogenici, miglior qualità della carne	Pairetti e Meineri, 2011
	20 conigli maschi di 6 settimane di età, razza Nuova Zelanda	1%-5%	56 giorni	Fino al 5% di inclusione, riduzione dei livelli di colesterolo nel sangue e protezione delle cellule dalla perossidazione lipidica	Cheong e coll., 2010
	75 conigli maschi svezzati di 35 giorni, razza Nuova Zelanda	0,05%-0,1%-0,15%	56 giorni	Fino allo 0,15%, migliori prestazioni di crescita, miglioramento profilo lipidico del sangue, immunità e stato antiossidante e riduzione della concentrazione residua di Pb nei tessuti muscolari	Aladaileh e coll., 2020

La maggior parte degli studi condotti sulle microalghe nelle diete per conigli ne consiglia l'uso come ingrediente funzionale (Valente e coll., 2021) in grado di migliorare la qualità della carne (profilo degli acidi grassi) e il sistema immunitario di questa specie particolarmente sensibile.



**Figura 3.** Principali effetti dell'uso di microalghe alimentari nelle diete dei conigli (Valente e coll., 2021).

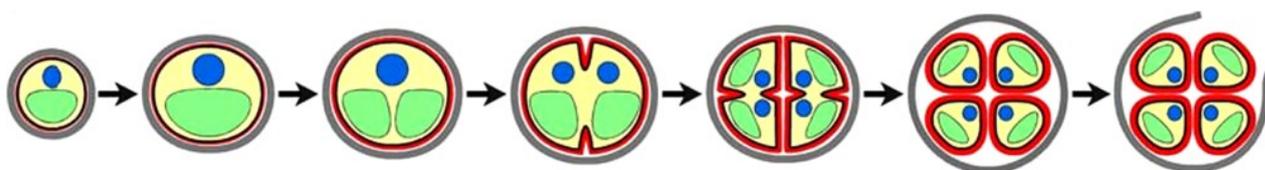
#### ***La clorella: produzione, proprietà nutrizionali ed inclusione nei mangimi per conigli***

La clorella (*Chlorella vulgaris*) è una microalga eucariotica unicellulare appartenente al gruppo delle microalghe verdi, riconoscibili per i cloroplasti presenti all'interno della cellula, che le conferiscono la caratteristica colorazione verde. Scoperta per la prima volta nel 1890 dal ricercatore olandese Martinus Willem Beijerinck, la clorella fu la prima microalga ad essere identificata come dotata di un nucleo ben definito (Safi e coll., 2014). Il nome "clorella" deriva dal greco "cloro" (Χλωρός), che significa verde, e dal suffisso latino "-ella", che significa di piccole dimensioni. La forma della clorella può essere sferica o ellissoidale con una dimensione che varia da 1 a 10 micron e con una struttura cellulare simile a quella delle piante superiori, con parete cellulare, mitocondri e cloroplasti, questi ultimi fondamentali per la fotosintesi (Coronado e coll., 2022). Agli inizi degli anni '90, la clorella ha suscitato l'interesse degli scienziati per il suo elevato contenuto proteico, che l'ha resa interessante come una nuova fonte di cibo (Safi e coll., 2014).

Oggi, il Giappone rappresenta il principale produttore e consumatore di clorella, utilizzandola nell'alimentazione umana sia come integratore alimentare ricco di proteine, sia a scopo nutraceutico, grazie alle sue proprietà immunomodulanti e antitumorali. Nel 2009, la produzione

annuale di clorella ha raggiunto le 2000 tonnellate (peso secco), e i principali produttori sono Giappone, Germania e Taiwan (Safi e coll., 2014).

La clorella è in grado di riprodursi molto velocemente e, in condizioni ottimali, si moltiplica per autosporulazione, la più comune forma di riproduzione asessuata nelle alghe. In 24 ore, una cellula di clorella è in grado di generare 4 cellule figlie, ognuna con la propria parete cellulare. Questa divisione cellulare si articola in 6 fasi (Figura 4), fino a quando la parete cellulare della cellula madre si rompe, fornendo nutrimento alle nuove cellule figlie appena formate.



**Figura 4.** Fasi della formazione delle 4 cellule figlie in *Chlorella vulgaris* (Safi e coll., 2014).

Le microalghe unicellulari d'acqua dolce del genere *Chlorella* si distinguono per la loro facilità di coltivazione e l'alta produttività di macromolecole organiche come proteine, lipidi, amido, oltre ad altri componenti utili (Kotrbaček e coll., 2015). La loro elevata resistenza alle condizioni difficili e agli organismi patogeni contribuiscono a questa elevata capacità produttiva. La crescita della clorella e la sua composizione di nutrienti sono influenzate da diversi fattori ambientali, come la composizione chimica del mezzo di coltura, il pH, la salinità, la temperatura e l'intensità/durata della luce (Ahmad e coll., 2020). Infatti, in condizioni difficili, la biomassa algale diminuisce, mentre aumentano i lipidi e il contenuto di amido. In condizioni favorevoli, invece, la biomassa aumenta insieme al suo contenuto proteico. Sulla base di questo concetto, sono state testate diverse tecniche di crescita per aumentare la produttività della biomassa e il contenuto di lipidi, proteine, carboidrati e pigmenti.

La clorella cresce sia in condizioni di crescita autotrofe, che eterotrofe o mixotrofe (Ahmad e coll., 2020). La crescita autotrofica, comunemente utilizzata in sistemi di laghetti aperti o fotobioreattori chiusi, non richiede l'aggiunta di carbonio organico (glucosio, glicerolo, glutammato, ecc...), poiché si basa sulla fissazione di CO<sub>2</sub> in presenza di luce per la fotosintesi. Tuttavia, la crescita eterotrofica ha dimostrato di produrre una maggiore resa di biomassa rispetto a quella osservata nei sistemi autotrofi (Coronado e coll., 2022). La crescita mixotrofica combina tecniche autotrofiche ed eterotrofiche, utilizzando sia la fotosintesi che i composti organici, e si è dimostrata altamente produttività in termini di biomassa secca e lipidi (Safi e coll., 2014).

La clorella possiede eccellenti proprietà nutrizionali (Tabella 7), rendendola un'opzione interessante come additivo o integratore alimentare. I primi esperimenti con la clorella

nell'alimentazione animale non hanno però avuto successo nel sostituire parzialmente o completamente le fonti proteiche a causa soprattutto dell'elevato costo di produzione delle alghe e della bassa digeribilità dovuta alla rigida parete cellulare (Kotrbaček e coll., 2015).

Nel corso degli anni, la digeribilità delle microalghe è stata notevolmente migliorata attraverso una disintegrazione meccanica delle cellule algali, mentre i costi di produzione sono stati ridotti grazie all'utilizzo di ceppi algali ad alto rendimento e una tecnologia di coltura adeguata (Kotrbaček e coll., 2015).

**Tabella 7.** Composizione chimica e nutrizionale media della clorella (*C. vulgaris*) (Abdelnour e coll., 2019).

<b>Componenti nutrizionali</b>	
Sostanza secca, %	94,8
Energia metabolizzabile, kcal/kg	3.720
Proteina grezza, %	60,6
Grasso, %	12,8
Fibra grezza, %	13,0
Ceneri, %	4,5
Calcio, %	0,01
Fosforo, %	1,06
Potassio, %	1,12
Magnesio, %	0,36
Ferro, mg/kg	224,0
Zinco, mg/kg	33,7

Un problema significativo della clorella è il suo distintivo odore algale, simile a quello del pesce, che può influire negativamente sulla sua appetibilità e quindi sull'assunzione da parte degli animali (Abdelnour e coll., 2019).

Oggi, ci sono pochi studi sull'uso della clorella nell'alimentazione dei conigli. Gli esperimenti esistenti si sono concentrati principalmente sulla valutazione dello stato di stress ossidativo, delle proprietà antiossidanti, degli indici immunologici, e infine delle caratteristiche della carcassa e delle prestazioni produttive.

Un esperimento condotto da Siriku e coll. (2019a) ha testato l'integrazione di clorella come additivo alimentare (200, 300, 400 e 500 mg/kg peso vivo) in conigli in accrescimento di razza neozelandese, valutando gli effetti sulle prestazioni di crescita, lo stress ossidativo e l'espressione di geni antiossidanti nel fegato e nelle ovaie (Tabella 8). Lo studio ha evidenziato che l'integrazione con clorella ha migliorato le performance produttive e conferito una maggior protezione contro lo stress ossidativo utero-ovarico negli animali, consigliandone l'uso anche in altre specie di mammiferi da reddito (Siriku e coll., 2019). Un altro studio condotto da Abdelnour e coll. (2019) ha testato la clorella su 100 conigli neozelandesi in accrescimento per valutarne gli effetti sulle prestazioni di

crescita, sulle caratteristiche della carcassa, sulla risposta immunitaria e sullo stato antiossidante (Tabella 8). I risultati hanno mostrato che l'integrazione con microalga clorella fino a 1 g/kg di dieta ha avuto effetti positivi sullo stato immunitario e sugli indici antiossidanti ed ematologici, suggerendo che l'uso di *Chlorella vulgaris* come integratore alimentare naturale nelle diete dei conigli possa migliorare la loro salute (Abdelnour e coll., 2019).

Un altro studio, sempre condotto da Siriku e coll., (2019b), vede l'uso di clorella come integrazione alimentare (200, 300, 400, 500 mg/kg peso vivo) in 35 conigli neozelandesi in accrescimento per valutarne le prestazioni di crescita, lo stato di stress ossidativo e le attività antiossidanti (Tabella 8). I risultati hanno evidenziato che un'integrazione di clorella migliora significativamente le prestazioni produttive, con un aumento di peso e un migliore indice di conversione alimentare, e riduce i danni provocati dallo stress ossidativo (Siriku e coll., 2019b). Infine, un ulteriore studio ha valutato l'effetto dell'inclusione nella dieta della clorella in combinazione con la spirulina, come additivi per mangimi di conigli in crescita, su digeribilità, prestazioni di crescita, caratteristiche della carcassa e alcuni parametri del sangue (Tabella 8) (Hassanein e coll., 2014). Tuttavia, il test ha dimostrato che la spirulina ha migliorato notevolmente le prestazioni di crescita e ridotto il colesterolo e la concentrazione di lipidi nel sangue dei conigli, rispetto all'integrazione con clorella (Hassanein e coll., 2014).

In conclusione, l'aggiunta di ridotte quantità di clorella all'alimentazione animale può influenzare positivamente la crescita e le prestazioni (Kotrbáček e coll., 2015). I costi di produzione rimangono elevati, tuttavia le aspettative indicano che il futuro dell'industria delle microalghe sarà fortemente competitivo a diversi livelli del mercato (Safi e coll., 2014).

**Tabella 8.** Effetto dell'inclusione di clorella (*Chlorella vulgaris*) nelle diete per conigli.

<i>Animali, età, razza</i>	<i>Livelli inclusione</i>	<i>Durata prova</i>	<i>Risultati</i>	<i>Riferimento</i>
35 conigli (femmine) svezzati, Nuova Zelanda	Dieta base (controllo) Dieta base + 200-300-400-500 mg/kg di peso vivo	120 giorni	Migliore produttività, maggiori rese di carcasse e protezione dallo stress ossidativo utero ovarico (migliore riproduzione)	Siriku e coll., 2019a
100 conigli maschi svezzati di 5 settimane di età, Nuova Zelanda	Dieta base (controllo) Dieta base + 0,5 g/kg, dieta base + 1,0 g/kg, dieta base + 1,5 g/kg	56 giorni	Risposte immunitarie, migliori indici antiossidanti ed ematobiochimici (consigliata integrazione fino a 1 g/kg)	Abdelnour e coll., 2019
35 conigli femmine di 6 settimane di età, Nuova Zelanda	Dieta base (controllo) Dieta base + 200-300-400-500 mg/kg di peso vivo	120 giorni	Migliori prestazioni di crescita, aumento del peso corporeo e migliore efficienza alimentare (ICA), protezione dallo stress ossidativo (consigliata integrazione tra 200 e 500 mg/kg/d)	Siriku e coll., 2019b
60 conigli di 5 settimane di età, Nuova Zelanda	<b>Spirulina:</b> dieta base, dieta base + 0,75 g/kg, dieta base + 1,5 g/kg <b>Clorella:</b> dieta base, dieta base + 0,75 g/kg, dieta base + 1,5 g/kg	49 giorni	Migliori prestazioni di crescita, riduzione dei livelli di colesterolo e concentrazione di lipidi totali nel sangue (effetto migliore con integrazione di spirulina in entrambi i livelli)	Hassanein e coll., 2014



## Obiettivi

Negli ultimi anni, con l'aumento della popolazione mondiale e della domanda di prodotti di origine animale, il settore zootecnico e quello agricolo dovranno far fronte ad un aumento dei costi di produzione e alle sfide di sostenibilità legate alla coltivazione e trasformazione delle materie prime. Questo problema ha portato alla ricerca di nuovi ingredienti alternativi più sostenibili da includere nelle diete animali, finalizzati al contempo al miglioramento dello stato di salute, delle prestazioni produttive e della qualità della carne.

Oggi, l'uso di microalghe nelle diete animali può rappresentare una alternativa per affrontare queste problematiche.

In bibliografia sono presenti alcuni studi riguardanti le microalghe *Arthrospira. platensis*, *Chlorella sp.*, e *Schizochytrium sp.*, come ingredienti alternativi nelle diete cunicole. Lo scopo principale di queste ricerche era quello di migliorare lo stato di salute e le performance produttive nei conigli. Tuttavia, l'uso di tali elementi e gli effetti che hanno sulla qualità della carne di coniglio sono ancora limitati.

L'obiettivo della presente tesi è quello di valutare l'effetto dell'inclusione nella dieta di clorella (*Chlorella vulgaris*) (0% vs. 1% vs. 2%) in sostituzione alla farina di girasole, e di olio vegetale (1% vs. 3%) come fonti di proteina e energia digeribile, su prestazioni produttive, digeribilità della dieta, rese di macellazione e qualità della carcassa e della carne in conigli in accrescimento.



## Materiali e metodi

### *Descrizione dell'allevamento*

La prova sperimentale è stata svolta nel periodo marzo-aprile 2023 presso la stalla per conigli dell'Azienda Agricola Sperimentale "L. Toniolo" dell'Università degli Studi di Padova.

Prima dell'inizio della prova, le gabbie e le attrezzature sono state accuratamente pulite con idropulitrice e sottoposte a trattamento disinfettante con Virkon®s (Antek International-A DuPont Company, Suffolk, UK). Anche il locale di allevamento, dopo essere stato sottoposto ad un lungo periodo di vuoto sanitario, ha seguito lo stesso trattamento.

I conigli, nati e svezzati nelle stesse strutture di allevamento da fattrici primipare e secondipare ibride "Grimaud", sono stati stabulati in recinti multipli (modello Combi-park, Meneghin S.r.l.) (Figura 5). Lo stabulario era dotato di 18 recinti (dimensioni: 216 cm × 103 cm), con pareti in rete zincata di 105 cm di altezza e privi di soffitto. Ogni recinto è stato diviso in 4 moduli singoli (box) per mezzo di divisori asportabili in rete di ferro zincato, per un totale di 72 box. Ogni modulo era dotato di una mangiatoia con pesatura automatica, due abbeveratoi a goccia e una piattaforma sopraelevata posta a 25-30 cm di altezza. La pavimentazione dei recinti e la piattaforma erano in plastica grigliata (dimensioni del foro: 12 mm × 70 mm).



**Figura 5.** Recinto (park) di stabulazione.

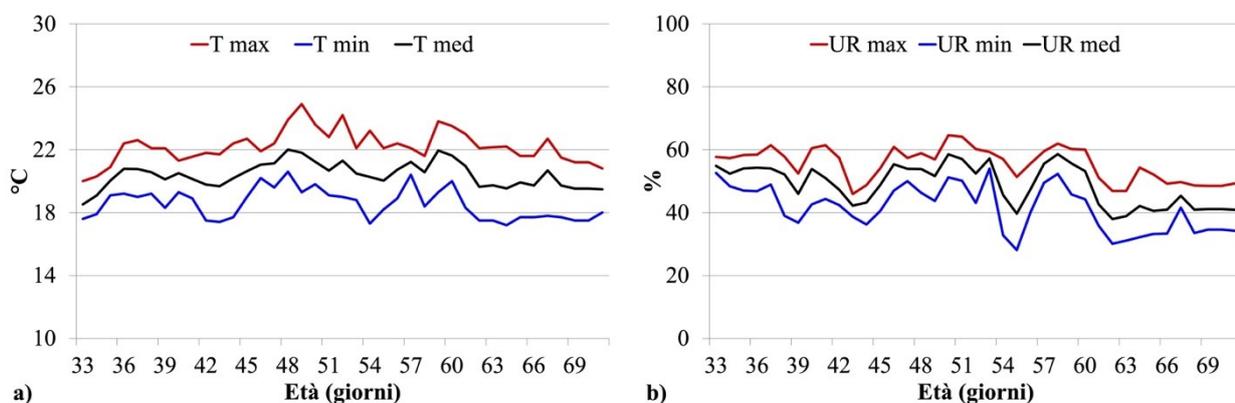
Per la prova di digeribilità, i conigli sono stati stabulati in gabbie sperimentali individuali di digeribilità (dimensioni: 25 × 44 × 28 cm). Le gabbie erano in rete metallica zincata, dotate di abbeveratoio ad ugello e mangiatoia esterna riempita manualmente (Figura 6). Per la raccolta delle

feci veniva utilizzato un cassetto in rete zincata con maglie di circa 3 mm posto al di sotto di ogni posta. Ogni cassetto era dotato di un deflettore in acciaio che impediva la contaminazione delle feci con le urine.



**Figura 6.** Gabbie individuali da digeribilità.

Durante la prova adeguate condizioni ambientali sono state garantite dagli impianti di riscaldamento automatico (sistema a convezione mediante pannelli radianti) e di ventilazione forzata (ventilatori ad estrazione). Gli andamenti della temperatura massima e minima e dell'umidità relativa massima e minima registrati giornalmente durante la prova sono riportati in Figura 7. La temperatura giornaliera media è risultata pari a 20,5°C mentre i valori medi di temperatura minima e massima si sono attestati rispettivamente a 19 e 22°C. L'umidità relativa giornaliera ha fatto registrare un valore medio del 49%, con una minima media del 41% e una massima media del 56%.



**Figura 7.** Andamento della temperatura massima, minima e media (a) e dell'umidità relativa massima, minima e media (b) registrate nel corso della prova.

### ***Animali, disegno sperimentale e fasi della sperimentazione***

Lunedì 6 marzo 2023, a 33 giorni di età, 648 coniglietti (576 stabulati nei recinti collettivi e 72 nelle gabbie individuali da digeribilità) sono stati svezzati da fattrici presenti all'interno dello stabulario per essere utilizzati nella prova sperimentale di ingrasso.

Allo svezzamento delle nidiate (33 d di età), i conigli sono stati mantenuti nelle gabbie di origine e assegnati ai nuovi gruppi sperimentali. Per la formazione dei gruppi sperimentali tutte le nidiate sono state pareggiate a 8 conigli (secondo lo schema in Figura 8), spostando 1 coniglio per gabbia nelle gabbie di digeribilità e i conigli in eccesso nelle riserve. Nei giorni precedenti lo svezzamento le mangiatoie sono state etichettate per identificare il tipo di trattamento utilizzato per gli animali in prova. Gli animali sono stati divisi in 6 gruppi sperimentali ottenuti dalla combinazione bi-fattoriale di 3 livelli di inclusione di clorella (*Chlorella vulgaris*) (C0: 0% vs C1: 1% vs C2: 2%) × 2 livelli di inclusione di olio vegetale (A: 1% vs G: 3% di olio di soia).

I gruppi sperimentali erano così denominati:

- AC0: box con 8 conigli alimentati con dieta contenente clorella pari a 0% e olio vegetale pari a 1% (12 box; 96 conigli);
- AC1: box con 8 conigli alimentati con dieta contenente clorella pari a 1% e olio vegetale pari a 1% (12 box; 96 conigli);
- AC2: box con 8 conigli alimentati con dieta contenente clorella pari a 2% e olio vegetale pari a 1% (12 box; 96 conigli);
- GC0: box con 8 conigli alimentati con dieta contenente clorella pari a 0% e olio vegetale pari a 3% (12 box; 96 conigli);
- GC1: box con 8 conigli alimentati con dieta contenente clorella pari a 1% e olio vegetale pari a 3% (12 box; 96 conigli);
- GC2: box con 8 conigli alimentati con dieta contenente clorella pari al 2% e olio vegetale pari al 3% (12 box; 96 conigli).

Le diete sono state somministrate dal giorno dello svezzamento (33 d di età) al giorno della macellazione (70 giorni di età).

I conigli di riserva hanno ricevuto i mangimi di accrescimento in modo da poter rimpiazzare, limitatamente alla prima settimana, eventuali conigli morti o defedati.

Il primo giorno di prova tutti i coniglietti sono stati identificati mediante l'applicazione di una marca auricolare numerata in plastica di 6 colorazioni differenti in base al tipo di trattamento; bianca per indicare gli animali alimentati con dieta AC0, rossa per gli animali alimentati con dieta AC1,

gialla per gli animali alimentati con dieta AC2, verde per gli animali alimentati con dieta GC0, nera per gli animali alimentati con dieta GC1, blu per gli animali alimentati con dieta GC2.

Corridoio lato finestre ovest												
Modulo/mangiatoia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Recinto	1				2				3			
Trattamento Fattrici	P1-N09	P2-N10	P1-N11	P2-N09	P1-N10	P2-N11	P1-N09	P2-N10	P1-N11	P2-N09	P1-N10	P2-N11
Trattamento Ingrasso	AC0	AC0	AC0	AC0	GC0	GC0	GC0	GC0	AC1	AC1	AC1	AC1
Trattamento Ingrasso	GC2	GC2	GC2	GC2	AC2	AC2	AC2	AC2	GC1	GC1	GC1	GC1
Trattamento Fattrici	P2-N11	P1-N10	P2-N09	P1-N11	P2-N10	P1-N09	P2-N11	P1-N10	P2-N09	P1-N11	P2-N10	P1-N09
Recinto	6				5				4			
Modulo/mangiatoia	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
Corridoio												
Modulo/mangiatoia	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Recinto	7				8				9			
Trattamento Fattrici	P1-N09	P2-N10	P1-N11	P2-N09	P1-N10	P2-N11	P1-N09	P2-N10	P1-N11	P2-N09	P1-N10	P2-N11
Trattamento Ingrasso	AC1	AC1	AC1	AC1	GC1	GC1	GC1	GC1	AC2	AC2	AC2	AC2
Trattamento Ingrasso	GC0	GC0	GC0	GC0	AC0	AC0	AC0	AC0	GC2	GC2	GC2	GC2
Trattamento Fattrici	P2-N11	P1-N10	P2-N09	P1-N11	P2-N10	P1-N09	P2-N11	P1-N10	P2-N09	P1-N11	P2-N10	P1-N09
Recinto	12				11				10			
Modulo/mangiatoia	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37
Corridoio ingresso												
Modulo/mangiatoia	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Recinto	13				14				15			
Trattamento Fattrici	P1-N09	P2-N10	P1-N11	P2-N09	P1-N10	P2-N11	P1-N09	P2-N10	P1-N11	P2-N09	P1-N10	P2-N11
Trattamento Ingrasso	AC2	AC2	AC2	AC2	GC2	GC2	GC2	GC2	AC0	AC0	AC0	AC0
Trattamento Ingrasso	GC1	GC1	GC1	GC1	AC1	AC1	AC1	AC1	GC0	GC0	GC0	GC0
Trattamento Fattrici	P2-N11	P1-N10	P2-N09	P1-N11	P2-N10	P1-N09	P2-N11	P1-N10	P2-N09	P1-N11	P2-N10	P1-N09
Recinto	18				17				16			
Modulo/mangiatoia	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61
Corridoio												
Gabbie riserva	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Trattamento Fattrici	P1-N10	P2-N10	P1-N11	P2-N11	P1-N10	P2-N10	P1-N11	P2-N11	P1-N10	P2-N10	P1-N11	P2-N11
Trattamento Ingrasso	AC2	AC2	AC2	AC2	GC2	GC2	GC2	GC2	AC0	AC0	AC0	AC0
Gabbie rimonta												
Gabbie rimonta												
Trattamento Ingrasso	GC1	GC1	GC1	GC1	AC1	AC1	AC1	AC1	GC0	GC0	GC0	GC0
Trattamento Fattrici	P2-N11	P1-N11	P2-N10	P1-N10	P2-N11	P1-N11	P2-N10	P1-N10	P2-N11	P1-N11	P2-N10	P1-N10
Gabbie riserva	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
Corridoio lato finestre est												

Porta  
ingresso

**Figura 8.** Pianta della stalla conigli con dettaglio delle strutture di allevamento (recinti modello Combi-Park e gabbie polivalenti modello Pratica, Meneghin S.r.l.) e dei gruppi sperimentali. Legenda: AC0: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta non grassata e non integrata con Clorella; AC1: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta non grassata e integrata con 1% di Clorella; AC2: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta non grassata e integrata con 2% di Clorella; GC0: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta grassata e non integrata con Clorella; GC1: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta grassata e integrata con 1% di Clorella; GC2: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta grassata e integrata con 2% di Clorella.

Durante la prova venivano effettuati controlli di:

- temperatura e umidità relativa minima, massima e istantanea rilevate quotidianamente alle ore 9,00 con termoigrometro digitale;
- peso dei conigli (dato individuale) rilevato due volte alla settimana (lunedì e giovedì) alle ore 9,00;
- consumo di mangime (dato medio di gabbia) rilevato quotidianamente alle ore 9,00 con sistema automatico (celle di carico).

I rilievi sono stati registrati su schede cartacee e trasferiti su fogli Excel.

Lo stato sanitario degli animali è stato costantemente monitorato dal personale veterinario del Dipartimento.

Lunedì 20 marzo 2023, durante la fase di ingrasso, è stata effettuata una prova di digeribilità su 12 conigli per dieta (età 49-54 d) e una macellazione intermedia (età 57 d), al termine della prova di digeribilità, a 36 conigli per valutare le fermentazioni ciecali e la morfometria della mucosa intestinale.

Per la prova di digeribilità, il giorno dello svezzamento, dopo la pesata individuale dei conigli, sono stati selezionati 72 conigli di peso e variabilità corrispondenti a quella dei gruppi sperimentali destinati alla prova di digeribilità. I conigli sono stati accasati nelle gabbie di digeribilità posizionate nella stanza adiacente (opportunamente riscaldata) (Figura 9).

La domenica precedente l'inizio della prova di digeribilità (19/03) i conigli in digeribilità sono stati pesati individualmente come pure le mangiatoie. Il giorno di avvio della prova di digeribilità, alle ore 10, le mangiatoie sono state pesate e svuotate, quindi riempite con mangime nuovo (circa 3 kg di peso lordo) che è stato campionato con piccole quantità nella fase di riempimento delle mangiatoie. I conigli in digeribilità sono stati pesati nuovamente, come pure il mercoledì e il venerdì. Il peso delle mangiatoie è stato rilevato tutti i giorni alle ore 10 fino a venerdì 24/03. Successivamente alla pesata è stata effettuata la raccolta giornaliera e individuale delle feci che venivano conservate nello stesso sacchetto in congelatore per ciascun animale.

Corridoio																		
Gabbia fattrice	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Mangime	GC2	GC2	GC2	GC2	AC0	AC0	AC0	AC0	GC0	GC0	GC0	GC0	AC2	AC2	AC2	AC2	GC2	GC2
Sotto																		
Gabbia fattrice	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55
Mangime	GC1	GC1	GC1	GC1	AC1	AC1	AC1	AC1	GC0	GC0	GC0	GC0	AC0	AC0	AC0	AC0	GC2	GC2
Sopra																		
Sopra																		
Mangime	AC2	AC2	AC2	AC2	GC1	GC1	GC1	GC1	AC1	AC1	AC1	AC1	GC2	GC2	GC2	GC2	AC2	AC2
Gabbia fattrice	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19
Sotto																		
Mangime	AC0	AC0	AC0	AC0	GC0	GC0	GC0	GC0	AC1	AC1	AC1	AC1	GC1	GC1	GC1	GC1	AC2	AC2
Gabbia fattrice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Corridoio lato finestre est																		

**Figura 9.** Pianta della stalla conigli in cui è stata svolta la prova di digeribilità con dettaglio della distribuzione dei gruppi sperimentali. Legenda: AC0: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta non grassata e non integrata con Clorella; AC1: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta non grassata e integrata con 1% di Clorella; AC2: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta non grassata e integrata con 2% di Clorella; GC0: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta grassata e non integrata con Clorella; GC1: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta grassata e integrata con 1% di Clorella; GC2: 12 moduli da 8 conigli alimentati con dieta grassata e integrata con 2% di Clorella.

Gli animali in digeribilità non sono stati considerati nei dati di prestazioni produttive e risultati di macellazione. La prova si è conclusa con la pesata finale a 70 giorni di età (giorno precedente alla macellazione).

A 71 giorni di età, i conigli sono stati avviati alla macellazione commerciale presso il macello Agricolo Tre Valli di San Giorgio in Bosco (PD). Il giorno successivo, un campione di carcasse è stato sottoposto a dissezione e ad analisi presso il laboratorio LaChi del Dipartimento DAFNAE.

### ***Preparazione e fornitura dei mangimi sperimentali***

Durante la prova sperimentale sono stati utilizzati mangimi formulati dal responsabile scientifico e prodotti dalla Veronesi. Le diete sono state formulate in modo da rispondere ai fabbisogni dei conigli in accrescimento (De Blas e Mateos, 2010; Xiccato e Trocino, 2010).

I mangimi prodotti sono stati sottoposti preliminarmente ad analisi NIRS presso il mangimificio e quindi analizzati presso il laboratorio DAFNAE prima dell'inizio della prova.

Nessun mangime utilizzato durante la prova conteneva coccidiostatico o antibiotico.

I mangimi AC0, AC2, GC0 e GC2 sono stati formulati e preparati ad hoc, mentre i mangimi AC1 e GC1 sono stati ottenuti miscelando i mangimi AC0 + AC2 (50% + 50%) e GC0 + GC2 (50% +

50%), rispettivamente. La formulazione e la composizione chimica delle diete sperimentali sono riportate in Tabella 9.

La distribuzione dei mangimi avveniva manualmente, sia nei recinti collettivi sia nelle gabbie individuali da digeribilità.

In termini di formulazione, l'inclusione del 2% di clorella (*Chlorella vulgaris*) è avvenuta in sostituzione del 4% di farina di girasole al 30% di PG al fine di sostituire la quota proteica mentre per mantenere il contenuto di fibra si è aggiunto il 2% di erba medica disidratata, aumentando leggermente il contenuto di fibra e frazioni fibrose. Dall'altra parte, l'aumento del contenuto di olio vegetale è avvenuto a fronte di una minore inclusione di orzo al fine di ottenere due distinti livelli di estratto etereo (3,2% e 5,1% per le diete A e G, rispettivamente) aumentando leggermente il contenuto di ED.

**Tabella 9.** Formulazione e composizione delle diete sperimentali da accrescimento.

	<b>Dieta AC0</b>	<b>Dieta AC2</b>	<b>Dieta GC0</b>	<b>Dieta GC2</b>
<b>Materie prime (%):</b>				
Medica disidratata 16% ( <b>PG:16,0%</b> )	19,00	19,00	16,00	16,00
Medica disidratata 14% ( <b>PG: 14,0%</b> )	11,00	13,00	11,00	13,00
Crusca di frumento ( <b>Amido 20%</b> )	24,80	24,80	24,80	24,80
Orzo nazionale ( <b>PG: 10,26%</b> )	10,00	10,00	8,00	8,00
Polpe secche di bietola ( <b>PG: 8,0%</b> )	14,00	14,00	14,00	14,00
Clorella disidratata ( <b>PG: 49%</b> )	0,00	2,00	0,00	2,00
Girasole f.e. 30% ( <b>PG: 30,0%</b> )	17,00	13,00	20,00	16,00
Olio di soia	1,00	1,00	3,00	3,00
Melasso (50% canna + 50% bietola)	1,50	1,50	1,50	1,50
Carbonato di calcio	0,65	0,65	0,65	0,65
Fosfato bicalcico	0,00	0,00	0,00	0,00
Cloruro sodico	0,40	0,40	0,40	0,40
L-lisina HCl (tit. 77%)	0,15	0,15	0,15	0,15
DL-metionina	0,10	0,10	0,10	0,10
Integratore vitaminico-minerale	0,40	0,40	0,40	0,40
<b>Composizione chimica prevista:</b>				
Sostanza secca, %	89,1	89,3	89,3	89,5
Proteina grezza, %	15,8	15,8	16,0	15,9
Estratto etereo, %	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>	<b>5,0</b>	<b>5,2</b>
Fibra grezza, %	17,6	17,2	17,5	17,1
Ceneri, %	7,9	7,8	7,8	7,7
Proteina digeribile, %	10,9	10,4	11,1	10,6
Fibra solubile, %	8,4	7,9	8,3	7,8
NDF, %	37,0	37,8	36,7	37,5
ADF, %	<b>20,3</b>	<b>22,0</b>	<b>20,2</b>	<b>21,8</b>
ADL, %	<b>5,6</b>	<b>7,7</b>	<b>5,5</b>	<b>7,7</b>
Amido, %	11,1	10,8	10,0	9,8
Lisina, %	0,76	0,75	0,77	0,75
Metionina+cisteina, %	0,66	0,65	0,67	0,66
Treonina, %	0,59	0,58	0,59	0,58
Calcio, %	0,88	0,83	0,85	0,79
Fosforo, %	0,56	0,56	0,58	0,58
Sodio, %	0,22	0,23	0,22	0,23
Energia digeribile, kcal/kg	<b>2.340</b>	<b>2.270</b>	<b>2.460</b>	<b>2.390</b>
Energia metabolizzabile, kcal/kg	2.200	2.130	2.320	2.250
Rapporto PD/ED, g/Mcal	46,5	45,8	45,1	44,4
Rapporto PD/ED, g/MJ	11,1	10,9	10,8	10,6

### ***Controllo veterinario e stato di salute***

Dall'inizio della prova lo stato sanitario degli animali è stato costantemente monitorato dal personale veterinario della Veronesi, oltre che dal personale del Dipartimento DAFANE allo scopo di individuare rapidamente l'insorgenza di malattie. Gli animali erano considerati ammalati quando mostravano gonfiore addominale e segni di diarrea o nel caso di perdita di peso vivo per due misurazioni consecutive.

### ***Macellazione e dissezione***

La macellazione commerciale è avvenuta a 71 giorni di età. Il numero di animali a inizio prova, morti, esclusi dalla macellazione per peso vivo insufficiente e avviati alla macellazione è riportato in Tabella 10.

**Tabella 10.** Numerosità dei gruppi sperimentali in prova di accrescimento nei recinti collettivi (animali iniziali, morti, esclusi dalla macellazione e avviati alla macellazione).

<b>Trattamento</b>	<b>Iniziali n.</b>	<b>Morti n.</b>	<b>Esclusi n.</b>	<b>Macellazione n.</b>
AC0	96	6	6	84
AC1	96	3	6	87
AC2	96	2	12	82
GC0	96	2	4	90
GC1	96	5	10	81
GC2	96	3	7	86
<b>Totale</b>	<b>576</b>	<b>21</b>	<b>45</b>	<b>510</b>

Il giorno prima della macellazione, in base ai pesi medi della pesata precedente, è stata effettuata la selezione (in modo da rappresentare la media e la variabilità dei gruppi sperimentali) di 216 conigli (36 per gruppo sperimentale) da monitorare individualmente al macello per determinare le perdite di trasporto e la resa di macellazione. Tra le carcasse dei 216 conigli ne sono state selezionate 144 (18 per gruppo sperimentale) da recuperare al macello e sottoporre a dissezione presso i laboratori DAFNAE.

Ai conigli è stata sospesa l'alimentazione alle ore 24, mentre l'acqua è rimasta a disposizione fino al momento del carico. Prima della partenza (h 4,00) i conigli sono stati pesati (peso partenza alla stalla). Il trasporto degli animali dalla stalla al macello è stato realizzato a cura della Veronesi con mezzi autorizzati. Tutti i conigli sono stati macellati presso il macello commerciale (Agricola Tre Valli, San Giorgio in Bosco) in modo conforme ai protocolli internazionali (Blasco e Ouhayoun, 1996) a partire dalle ore 8,00. Al momento dell'appendimento, i conigli sono stati pesati (peso al macello) per determinare le perdite di trasporto.

Le operazioni in macello erano suddivise in:

- misurazione del peso vivo prima dell'appendimento;
- stordimento;
- appendimento in catena e giugulazione dell'animale;
- scuoiatura dell'animale;
- separazione delle viscere;
- avvio delle carcasse al tunnel di refrigerazione a 4°C e permanenza in questo per 2 ore.

All'uscita dal tunnel di refrigerazione, tutte le carcasse refrigerate sono state pesate per determinare la resa di macellazione. Le prime 144 carcasse, sulla base della selezione effettuata, sono state confezionate in sacchetti di polietilene, trasportate presso il Dipartimento DAFNAE e poste in cella frigorifera a 4°C fino al mattino seguente; le rimanenti carcasse sono state lasciate al macello e destinate alla commercializzazione.

Il mattino seguente, sul muscolo *longissimus dorsi* e *biceps femoris* è stato misurato il pH in due punti ravvicinati, mediante pHmetro (Sension pH1, Hach, Loveland, USA) (Figura 10a) dotato di elettrodo a lancia con sonda termica (5050T, Hach, Loveland, USA). Sugli stessi muscoli è stato misurato il colore (Figura 10b) mediante colorimetro Minolta Spectrophotometer CM-508 C (Minolta, Milano) secondo il metodo Cie L\*a\*b\* che prevede la misura della luminosità (L\*), dell'indice del rosso (a\*) e dell'indice del giallo (b\*) (Rennere, 1982).



**Figura 10.** pHmetro (a) e misurazione del colore (b) sul muscolo *longissimus dorsi*.

Le carcasse sono state pesate e sottoposte a dissezione, conformemente al protocollo di Blasco e Ouhayoun (1996). La carcassa priva di testa, fegato, organi toracici e reni, componenti di scarso o nullo valore commerciale e nutrizionale, denominata convenzionalmente “carcassa di riferimento” (Figura 11a), è stata ulteriormente sezionata per misurare l'incidenza dell'arto posteriore e del grasso separabile (perirenale e periscapolare) (Figura 11b). Su 72 carcasse, rappresentative per peso medio e variabilità del gruppo sperimentale corrispondente, è stato effettuato lo spolpo della coscia destra

(Figura 11b) per determinare il rapporto muscoli/ossa. I muscoli longissimus dorsi, invece, sono stati separati per determinare l'incidenza sulla carcassa di riferimento (Figura 11b) e per le successive analisi di qualità della carne.



**Figura 11.** Carcassa di riferimento (a), campioni di cosce, lombi, grasso perineale e periscapolare (b).

### ***Preparazione dei campioni e analisi chimiche***

I campioni dei mangimi e delle feci sono stati macinati mediante un molino a rotore (mod. ZM 100, Retsch, Haan, Germania) con griglia di 1 mm di diametro. I campioni macinati sono stati analizzati per determinare il contenuto di sostanza secca, ceneri, proteina grezza e amido (metodo amiloglucosidasi- $\alpha$ -amilasi), con metodiche AOAC (2000) e seguendo le procedure EGRAN (2001) armonizzate a livello europeo. Il contenuto energetico dei mangimi e delle feci è stato misurato con bomba calorimetrica adiabatica (IKA C200, Staufen, Germania).

### ***Trattamento dei dati ed elaborazione statistica***

I dati relativi a prestazioni produttive (peso vivo e accrescimento) dallo svezzamento alla macellazione, rese di macellazione, caratteristiche della carcassa e qualità carne sono stati sottoposti ad analisi della varianza ANOVA utilizzando la procedura PROC MIXED del SAS (SAS, 2013) considerando come fattori di variabilità il livello di inclusione di clorella, di olio vegetale e la loro interazione, mentre il recinto è stato considerato come effetto random. I dati di box (consumo e indice di conversione) sono stati sottoposti ad analisi della varianza ANOVA utilizzando la procedura PROC GLM del SAS (SAS, 2013) considerando come fattori di variabilità il livello di inclusione di clorella, di olio vegetale e la loro interazione. Ove necessario, le medie stimate sono state confrontate utilizzando il test di Bonferroni.



## Risultati e discussione

### *Prestazioni produttive dallo svezzamento alla macellazione*

Durante la prova, lo stato di salute dei conigli è stato nel complesso buono e sono morti in totale 21 animali (6 del gruppo AC0, 3 del gruppo AC1, 2 del gruppo AC2, 2 del gruppo GC0, 5 del gruppo GC1 e 3 del gruppo GC2). Tuttavia, al momento del carico per il macello, 45 conigli sono stati esclusi dalla prova e dalla macellazione commerciale poiché non hanno raggiunto il peso vivo minimo (2,2 Kg) richiesto dal macello (6 del gruppo AC0, 6 del gruppo AC1, 12 del gruppo AC2, 4 del gruppo GC0, 10 del gruppo GC1 e 7 del gruppo GC2). Complessivamente, le perdite totali (animali morti + esclusi) sono risultate pari all'11,5%.

I dati relativi a peso vivo (g), accrescimento (g/d), consumi (g/d) e indice di conversione registrati durante il periodo di prova (da 33 giorni di età fino al giorno prima della macellazione) sono riportati in Tabella 11. All'inizio della prova, i conigli presentavano un peso vivo medio di 838 g, omogeneo in tutti i gruppi sperimentali. L'inclusione di clorella nella dieta all'1% e al 2% non ha influenzato significativamente il peso vivo degli animali durante il corso della prova. Tuttavia, l'accrescimento medio giornaliero durante il periodo di finissaggio (65-70 giorni), ha avuto un aumento significativo (+3,3 g/d;  $P < 0,05$ ) negli animali alimentati con diete prive di clorella (0%) rispetto a quelle integrate con clorella. Ad ogni modo, il periodo di finissaggio è stato molto breve (5 giorni in totale) e probabilmente non sufficiente per osservare effetti apprezzabili sul peso vivo finale degli animali alla fine del ciclo.

L'inclusione della clorella nella dieta non ha influenzato i consumi medi giornalieri nella fase di ingrasso (33-65 giorni; 157 g/d in media), finissaggio (65-70 giorni; 176 g/d in media) e nell'intero periodo di prova (33-70 giorni; 159 g/d in media).

I nostri risultati sono coerenti con quelli di Abdelnour e coll. (2019) e Hassanein e coll. (2014), i quali non hanno trovato differenze significative nel peso vivo (2153 e 1859 g in media, rispettivamente), nell'accrescimento (26,5 e 25,2 g/d), nei consumi (91 e 93 g/d), e nell'indice di conversione (4,25 e 3,72), in funzione dell'inclusione di microalga clorella in ragione di 0,5, 1,0, e 1,5 g/Kg e di 0,75 e 1,5 g/Kg rispettivamente. Al contrario, Siriku e coll. (2019) hanno osservato che un'integrazione di clorella nella dieta, tra 200 e 500 mg per Kg di peso vivo, può migliorare il peso vivo finale (2092 g in media), l'accrescimento, e l'indice di conversione (5,2 in media). Risultati simili sono stati riscontrati anche da Hassanein e coll. (2014), i quali hanno testato l'inclusione di alga spirulina e clorella come additivi nelle diete di conigli in accrescimento. Secondo questi autori, la spirulina nella dieta dei conigli ha migliorato notevolmente le prestazioni di crescita (peso vivo finale, accrescimento, consumi e indice di conversione), rispetto all'integrazione con microalga

clorella. Questi risultati sono in accordo con quelli trovati da Mousa e coll. (2018), che hanno usato una integrazione di microalga spirulina dello 0,1% e 0,2%. Tuttavia, Pairetti e Meineri (2008) hanno riferito che un'inclusione del 5%, 10% e 15% di spirulina non ha modificato il peso vivo finale, mentre un maggior consumo alimentare (+44,4 g/d) è stato osservato negli animali alimentati con una integrazione di spirulina pari al 10%. L'aumento dell'ingestione alimentare potrebbe essere spiegato dal fatto che la spirulina è ricca di vitamine (complesso B), oligomonosaccaridi e altri nutrienti che potrebbero contribuire ad aumentare l'appetibilità della dieta (Hassanein e coll., 2014).

L'inclusione di olio vegetale al 3% nella dieta ha aumentato l'accrescimento medio giornaliero nell'arco dell'intera prova (+1,4 g/d;  $P < 0,01$ ) rispetto a diete con inclusione di olio vegetale all'1%. Nel dettaglio, nel primo periodo (33-65 giorni) si sono registrati valori di +1,3 g/d ( $P < 0,05$ ), mentre nel secondo periodo (65-70 giorni) di +2,9 g/d ( $P < 0,01$ ). Contrariamente, nei gruppi alimentati con diete a basso contenuto di olio vegetale (1%), è stato osservato un peggior indice di conversione nella fase di ingrasso (+0,14 unità;  $P < 0,001$ ) e nell'intero periodo di prova (+0,15 unità;  $P < 0,001$ ) rispetto ai gruppi alimentati con diete ad alto contenuto di olio vegetale (3%).

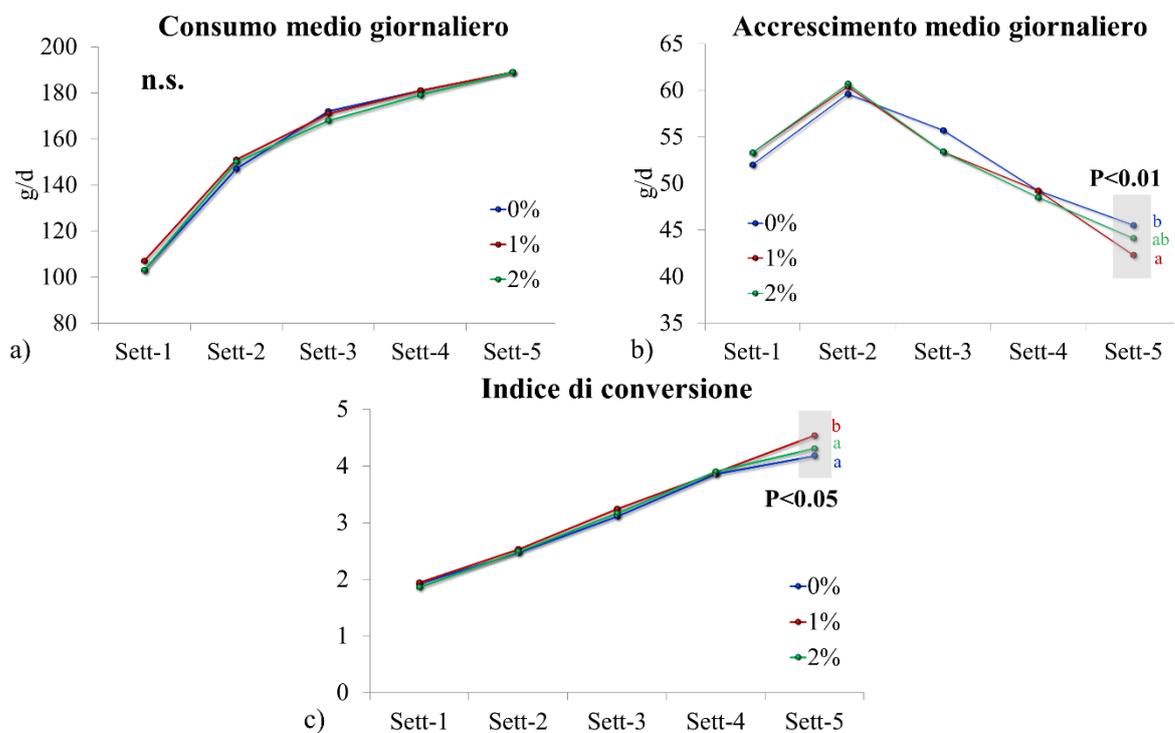
Tali effetti sono dovuti ad un aumento della concentrazione energetica della dieta conseguenti alla maggiore inclusione di olio vegetale a scapito di alimenti proteici e fieni disidratati (erba medica). L'aumento del contenuto energetico e la diminuzione di quello proteico permette un miglioramento dell'indice di conversione alimentare e la deposizione di una sufficiente quantità di grasso sulla carcassa (Xiccato e Trocino, 2008).

**Tabella 11.** Effetto dell'inclusione nella dieta di clorella (*Chlorella vulgaris*) e olio vegetale sulle prestazioni produttive di conigli in accrescimento dallo svezzamento al giorno precedente la macellazione commerciale.

	Clorella (C)			Olio vegetale (O)		Probabilità			DSR <sup>1</sup>
	0%	1%	2%	1%	3%	C	O	C×O	
<i>Conigli, n</i>	174	168	168	253	257				
<i>Box, n</i>	24	24	24	36	36				
<i>Peso vivo<sup>2</sup>, g</i>									
33 d (inizio prova)	839	834	842	840	836	0,830	0,725	0,948	137
65 d	2561	2545	2559	2537	2573	0,864	0,159	0,498	305
70 d (fine prova)	2776	2740	2762	2734	2785	0,549	0,060	0,314	311
<i>Accrescimento medio giornaliero<sup>2</sup>, g/d</i>									
Primo periodo (33-65 d)	53,5	53,2	53,3	52,7	54,0	0,904	0,042	0,290	7,13
Secondo periodo (65-70 d)	42,9 <sup>a</sup>	39,6 <sup>b</sup>	40,9 <sup>b</sup>	39,7	42,6	0,019	0,003	0,175	11,4
Totale (33-70 d)	52,1	51,3	51,6	51,0	52,4	0,482	0,009	0,131	6,43
<i>Consumo medio giornaliero<sup>3</sup>, g/d</i>									
Primo periodo (33-65 d)	157	158	156	159	155	0,859	0,166	0,309	11,7
Secondo periodo (65-70 d)	177	175	175	177	175	0,884	0,490	0,102	11,9
Totale (33-70 d)	159	160	158	161	157	0,889	0,162	0,216	10,8
<i>Indice di conversione<sup>3</sup></i>									
Primo periodo (33-65 d)	2,93	2,98	2,93	3,02	2,88	0,323	<0,001	0,515	0,14
Secondo periodo (65-70 d)	3,92	4,16	4,00	4,12	3,93	0,172	0,068	0,212	0,44
Totale (33-70 d)	3,03	3,10	3,04	3,13	2,98	0,260	<0,001	0,406	0,14

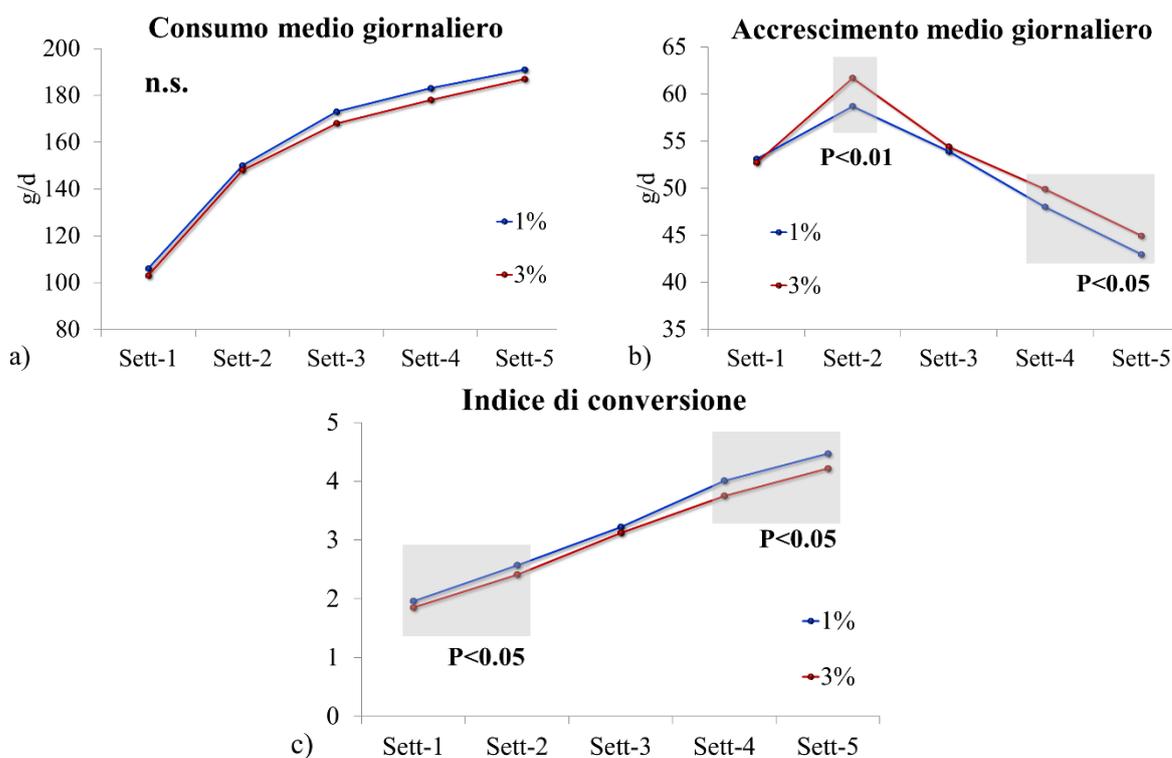
<sup>1</sup> Deviazione standard residua. <sup>2</sup> Dati individuali. <sup>3</sup> Dati medi di box. <sup>a,b</sup> Differenze significative tra le medie ( $P < 0,05$ ).

I grafici in Figura 12 riportano le prestazioni produttive settimanali dei conigli in prova alimentati a diverso contenuto di clorella (0%, 1%, 2%). Durante le 5 settimane di sperimentazione, il consumo alimentare, l'accrescimento e l'indice di conversione non hanno mostrato differenze di rilievo tra i gruppi sperimentali. Tuttavia, durante l'ultima settimana di prova, gli animali alimentati con diete prive di clorella hanno mostrato un miglioramento del tasso di accrescimento medio giornaliero (+3,2 g/d;  $P = 0,004$ ), accompagnati anche da un miglioramento dell'indice di conversione (-0,36 unità;  $P = 0,012$ ).



**Figura 12.** Consumi (a), accrescimenti (b) e indice di conversione (c) settimanali in funzione del livello di inclusione di clorella. <sup>a,b</sup>Differenze significative tra le medie ( $P < 0,05$ ).

Per quanto riguarda le prestazioni produttive settimanali in funzione dell'inclusione di olio vegetale nella dieta, alcune differenze sono state osservate tra i gruppi sperimentali. Nel dettaglio, effetti importanti sono stati rilevati sul tasso di accrescimento, ottenuti durante la seconda, la quarta e la quinta settimana di sperimentazione negli animali alimentati con le diete ad alto contenuto di olio vegetale (3%) rispetto a quelli alimentati con diete a basso contenuto di olio vegetale (1%). Analogamente, una migliore efficienza alimentare è stata ottenuta dalla prima settimana alla seconda e dalla quarta settimana in poi in animali alimentati con diete ad alto contenuto di olio vegetale (Figura 13).

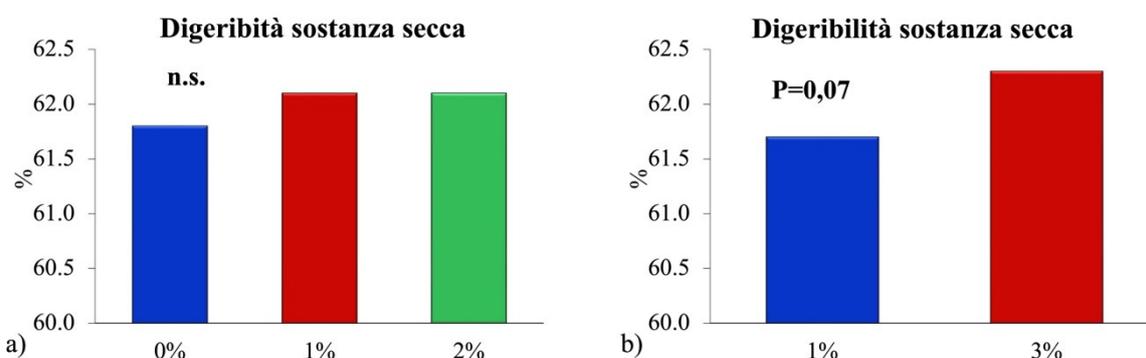


**Figura 13.** Consumi (a), accrescimenti (b), e indice di conversione (c) settimanali in funzione del livello di inclusione di olio vegetale nella dieta. <sup>a,b</sup> Differenze significative tra le medie ( $P < 0,05$ ).

### ***Digeribilità della dieta***

Durante la fase di ingrasso, è stata svolta una prova di digeribilità su 72 conigli (12 per dieta) per valutare la digeribilità apparente della sostanza secca (SS). L'inclusione di clorella non ha evidenziato differenze significative nella digeribilità della sostanza secca delle diete (Figura 14a). I nostri risultati concordano con quanto osservato da Hassanein e coll. (2014). Tuttavia, l'utilizzo di microalghe nelle diete cunicole sembra favorire un aumento della digeribilità delle diete, con effetti più importanti nei conigli rispetto ad altre specie monogastriche (Hassanein e coll., 2014). Tale miglioramento potrebbe essere collegato ad effetti positivi sull'attività microbica cecale e ciecotrofia (Hassanein e coll., 2014), meritevoli di ulteriori e futuri approfondimenti. D'altra parte, Pairetti e Meineri (2008) hanno osservato che un'alta inclusione di spirulina (15%) nella dieta di conigli ha ridotto fortemente (-13%) la digeribilità della sostanza secca.

La digeribilità della sostanza secca è tendenzialmente ( $P=0,07$ ) migliorata con l'inclusione di olio vegetale al 3% (Figura 14b). Tale miglioramento della digeribilità potrebbe essere dovuto all'aumento di grassi vegetali nella dieta, in quanto il grasso aggiunto è molto più digeribile rispetto ad altre materie prime (Xiccato e Trocino, 2008).



**Figura 14.** Digeribilità della sostanza secca delle diete da post svezzamento in funzione del livello di inclusione di clorella (a) e di olio vegetale (b) nella dieta. <sup>a,b</sup>Differenze significative tra le medie ( $P < 0,05$ ).

### ***Risultati di macellazione e qualità della carcassa***

L'inclusione di clorella nella dieta non ha influenzato in maniera significativa i risultati di macellazione (Tabella 12). Il peso vivo medio dei conigli durante il carico (peso stabulario) e lo scarico al macello sono risultati pari a 2738 g e 2673 g, rispettivamente. Mediamente, le perdite di trasporto si sono aggirate intorno al 2,38%. Il peso della carcassa a freddo si è attestato intorno ai 1666 g in media con una resa finale del 61,73%. Valori simili sono stati riscontrati anche da Abdelnour e coll. (2019) e Hassanein e coll. (2014). Tuttavia, quest'ultimi hanno registrato un peso al macello più alto negli animali alimentati con una integrazione di spirulina (0,75 g/Kg e 1,5 g/Kg) rispetto all'integrazione con clorella. Anche i risultati di Mousa e coll. (2018) mettono in luce come la spirulina, integrata allo 0,1% e 0,2%, possa di fatto migliorare il peso della carcassa (+338 e +348 grammi, rispettivamente).

Il peso della carcassa di riferimento, misurato presso i laboratori del Dipartimento DAFNAE, è risultato pari a 1406 g in media, mentre l'incidenza dei lombi, delle cosce e del grasso sono state pari a 12,4%, 33,3%, 2,3%, rispettivamente. Il rapporto muscolo/ossa calcolato sull'arto posteriore sinistro è stato pari a 4,89 in media (Tabella 12).

Anche l'inclusione di olio vegetale nella dieta non ha influenzato in maniera importante i risultati di macellazione e le caratteristiche della carcassa. Tuttavia, è stato riscontrato un aumento significativo nelle perdite di trasporto (+0,31%;  $P = 0,034$ ), nella proporzione della testa (+0,14 punti percentuali;  $P = 0,009$ ) e un tendenziale aumento nella proporzione dei lombi (+0,39 punti percentuali;  $P = 0,062$ ) in animali alimentati con diete a basso contenuto di olio vegetale (1%) rispetto a diete ad alto contenuto di olio vegetale (3%). Contrariamente, la proporzione di grasso perirenale e periscapolare è risultata più alta (+0,52 punti percentuali;  $P < 0,001$ ) negli animali alimentati con un alto contenuto di olio vegetale (3%). Questo risultato

mette in luce quanto detto riguardo all'aumento della concentrazione energetica della dieta e la conseguente deposizione di grasso nella carcassa.

I risultati relativi ai caratteri di qualità della carne (pH, luminosità, indice del rosso e del giallo) misurati sui muscoli *Longissimus lumborum* e *Biceps femoris* sono riportati in Tabella 13. L'inclusione di clorella nella dieta non ha influenzato né il pH del muscolo *Longissimus lumborum* (5,82 in media) né il pH del muscolo *Biceps femoris* (5,87 in media). Nessuna differenza è stata riscontrata anche nella luminosità, indice del rosso e indice del giallo del muscolo *Longissimus lumborum* con valori medi pari a 53,5, - 0,10, 4,04, rispettivamente. Nel muscolo *Biceps femoris* invece, la luminosità della carne degli animali alimentati con diete prive di clorella (0%) è risultata più alta (+1,0 unità; P = 0,039) rispetto ad animali alimentati con diete con l'1% e 2% di clorella. D'altra parte, l'inclusione di olio vegetale nella dieta non ha influenzato in maniera significativa le caratteristiche della carne.

**Tabella 12.** Effetto dell'inclusione nella dieta di clorella e olio vegetale su risultati di macellazione e caratteristiche della carcassa di conigli in accrescimento macellati a 71 d di età.

	Clorella (C)			Olio vegetale (O)		Probabilità			DSR <sup>1</sup>
	0%	1%	2%	1%	3%	C	O	C×O	
Conigli, n	72	72	72	108	108				
Peso stabulario, g	2752	2714	2748	2722	2754	0,533	0,300	0,505	227
Peso macello (PM), g	2682	2652	2685	2653	2693	0,614	0,188	0,690	222
Perdite di trasporto, %	2,55	2,27	2,31	2,53	2,22	0,228	0,034	0,035	1,05
Carcassa fredda (CF), g	1660	1642	1657	1638	1667	0,791	0,216	0,526	140
Resa a freddo, % PM	61,77	61,72	61,70	61,63	61,83	0,973	0,436	0,127	1,55
Testa, % CF	8,05	8,12	7,97	8,17	7,93	0,446	0,009	0,544	0,54
Fegato, % CF	4,03	4,24	4,20	4,12	4,20	0,230	0,444	0,600	0,65
Organi toracici e reni, % CF	3,15	3,15	3,13	3,15	3,14	0,903	0,789	0,319	0,28
Carcassa di riferimento (CR), g	1406	1384	1404	1384	1413	0,636	0,161	0,579	124
Grasso, % CR	2,14	2,29	2,38	2,01	2,53	0,212	<0,001	0,308	0,66
Lombi, % CR	12,53	12,37	12,43	12,64	12,25	0,801	0,062	0,638	0,87
Arti posteriori, % CR	33,23	33,30	33,48	33,53	33,15	0,711	0,148	0,623	1,10
Rapporto muscolo/ossa	4,95	4,92	4,81	4,98	4,81	0,899	0,500	0,739	1,07

<sup>1</sup> Deviazione standard residua.

**Tabella 13.** Effetto dell'inclusione nella dieta di clorella (*Chlorella vulgaris*) e olio vegetale su pH e colore di lombi (*longissimus lumborum*) e cosce (*biceps femoris*) di conigli

	Clorella (C)			Olio vegetale (O)		Probabilità			DSR <sup>1</sup>
	0%	1%	2%	1%	3%	C	O	C×O	
<i>Conigli, n</i>	48	48	48	72	72				
<i>Longissimus lumborum</i>									
pH	5,63	6,17	5,65	6,00	5,63	0,379	0,301	0,407	2,13
<i>L*</i>	53,7	53,4	53,3	53,2	53,7	0,551	0,139	0,287	2,08
<i>a*</i>	-0,06	-0,09	-0,14	0,00	-0,19	0,951	0,333	0,492	1,19
<i>b*</i>	4,44	4,08	3,60	4,26	3,82	0,251	0,286	0,822	2,47
<i>Biceps femoris</i>									
pH	5,85	5,86	5,89	5,87	5,86	0,108	0,609	0,016	0,11
<i>L*</i>	52,6 <sup>a</sup>	51,7 <sup>b</sup>	51,6 <sup>b</sup>	51,7	52,2	0,014	0,119	0,066	1,89
<i>a*</i>	-0,89	-0,86	-0,95	-0,88	-0,92	0,878	0,767	0,237	0,82
<i>b*</i>	5,25	5,21	5,17	5,06	5,35	0,967	0,287	0,127	1,61

<sup>1</sup> Deviazione standard residua. <sup>a,b</sup> Differenze significative tra le medie ( $P < 0,05$ ).



## Conclusioni

La presente tesi ha inteso valutare l'effetto dell'inclusione nella dieta di clorella (*Chlorella vulgaris*) (0% vs. 1% vs. 2%) in sostituzione alla farina di girasole, e di olio vegetale (1% vs. 3%) come fonte di energia digeribile, su prestazioni produttive, digeribilità della dieta, rese di macellazione e qualità della carcassa e della carne in conigli in accrescimento allevati in gruppo e macellati a 71 d di età.

I risultati emersi dalla presente tesi indicano che delle diete per conigli con clorella, sia all'1% che al 2%, non ha mostrato effetti rilevanti sullo stato di salute, le prestazioni produttive e le rese di macellazione dei conigli in accrescimento. D'altra parte, la luminosità della carne del muscolo *biceps femoris* è aumentata negli animali alimentati con diete prive di clorella.

L'aumento del contenuto di olio vegetale (3%) nelle diete ha prodotto risultati di accrescimento e indici di conversione migliori. L'utilizzo di diete grassate ha avuto effetti positivi sulle perdite di trasporto, mentre quelle a basso contenuto di olio (1%) sulle proporzioni della testa e, in minima parte, sulla proporzione dei lombi. Inoltre, l'inclusione di olio vegetale nella dieta non ha influenzato in maniera significativa le caratteristiche di qualità della carne.

Per quanto riguarda la digeribilità della sostanza secca, non sono emerse differenze significative nelle diete a diversa inclusione di clorella, mentre è stato osservato un tendenziale miglioramento della digeribilità con l'inclusione di elevati livelli di olio vegetale (3%).

La mortalità dei conigli durante la prova è stata molto bassa (3,6%) e non sono stati rilevati effetti dovuti all'inclusione di clorella e olio vegetale nella dieta.

In conclusione, i risultati del presente studio dimostrano che la clorella può essere inclusa nelle diete di conigli in accrescimento fino al 2% senza produrre effetti significativi su stato di salute, prestazioni produttive e rese di macellazione. Tuttavia, l'utilizzo di questa materia prima va, in ogni caso, valutato sulla base dei costi e sulle caratteristiche di composizione rispetto ad altre specie di microalghe, in quanto non ha comportato benefici in termini di prestazioni produttive e di stato di salute. D'altra parte, l'inclusione di olio vegetale al 3%, ha favorito la crescita dei conigli durante il periodo di ingrasso e ridotto l'indice di conversione, con un impatto positivo quindi sulla redditività degli allevamenti.

In futuro, saranno necessari ulteriori studi per valutare l'efficacia dell'inclusione nella dieta di clorella, testando livelli di inclusione più elevati. Inoltre, il confronto tra l'inclusione della specie clorella e altre specie di microalghe potrebbe fornire indicazioni interessanti circa la specie più indicata da utilizzare nella formulazione di diete per conigli.



## Bibliografia

- Abd El-Hack, M. E., Alagawany, M., & Abdelnour, S. (2019). Responses of growing rabbits to supplementing diet with a mixture of black and red pepper oils as a natural growth promoter. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 103, 509–517. <https://doi.org/10.1111/jpn.13045>
- Abdelnour, S. A., El-Hack, M. E. A., Arif, M., Khafaga, A. F., & Taha, A. E. (2019). The application of the microalgae *Chlorella spp.* as a supplement in broiler feed. *World's Poultry Science Journal* 75, 305–318. <https://doi.org/10.1017/S0043933919000047>
- Abdelnour, S. A., Sheiha, A. M., Taha, A. E., Swelum, A. A., Alarifi, S., Alkahtani, S., Ali, D., AlBasher, G., Almeer, R., Falodah, F., Almutairi, B., Abdel-Daim, M. M., Abd El-Hack, M. E., & Ismail, I. E. (2019). Impacts of enriching growing rabbit diets with *Chlorella vulgaris* microalgae on growth, blood variables, carcass traits, immunological and antioxidant indices. *Animals* 9, 10. <https://doi.org/10.3390/ani9100788>
- Abu Hafsa, S. H., Ibrahim, S. A., & Hassan, A. A. (2017). Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) improve growth performance, antioxidant status and caecal characteristics in growing rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 101, 1307–1315. <https://doi.org/10.1111/jpn.12651>
- Ahmad, M. T., Shariff, M., Md. Yusoff, F., Goh, Y. M., & Banerjee, S. (2020). Applications of microalga *Chlorella vulgaris* in aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 12, 328–346. <https://doi.org/10.1111/raq.12320>
- Aladaileh, S. H., Khafaga, A. F., Abd El-Hack, M. E., Al-Gabri, N. A., Abukhalil, M. H., Alfwuaires, M. A., Bin-Jumah, M., Alkahtani, S., Abdel-Daim, M. M., Aleya, L., & Abdelnour, S. (2020). *Spirulina platensis* ameliorates the sub chronic toxicities of lead in rabbits via anti-oxidative, anti-inflammatory, and immune stimulatory properties. *Science of The Total Environment* 701, 134879. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134879>
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis, 17th ed. Ass. Off. Analyst. Chemists, Arlington, VA, USA.
- Balasini, Dialma (1990). *Zootecnica speciale: principali razze di animali domestici e tecniche di allevamento per le diverse produzioni*. Edizioni Agricole, Bologna, Italia, 652 p.
- Blasco A., Ouhayoun J. (1996). Harmonisation of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Sci.* 1, 3-10.
- Cheong, S. H., Kim, M. Y., Sok, D.-E., Hwang, S.-Y., Kim, J. H., Kim, H. R., Lee, J. H., Kim, Y.-B., & Kim, M. R. (2010). *Spirulina* prevents atherosclerosis by reducing

- hypercholesterolemia in rabbits fed a high-cholesterol diet. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 56, 34–40. <https://doi.org/10.3177/jnsv.56.34>
- Coronado-Reyes, J. A., Salazar-Torres, J. A., Juárez-Campos, B., & González-Hernández, J. C. (2022). *Chlorella vulgaris*, a microalgae important to be used in biotechnology: A review. *Food Science and Technology* 42, e37320. <https://doi.org/10.1590/fst.37320>
- Dalle Zotte, A., Sartori, A., Bohatir, P., Rémignon, H., & Ricci, R. (2013). Effect of dietary supplementation of Spirulina (*Arthrospira platensis*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) on growth performance, apparent digestibility and health status of companion dwarf rabbits. *Livestock Science* 152, 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.12.017>
- De Blas J.C., Mateos G.G. (2010). Feed formulation. In: de Blas, J.C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the Rabbit*, 2nd ed. CABI Publishing. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 222-232.
- Dineshbabu, G., Goswami, G., Kumar, R., Sinha, A., & Das, D. (2019). Microalgae–nutritious, sustainable aqua- and animal feed source. *Journal of Functional Foods* 62, 103545. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103545>
- EGRAN (European Group on Rabbit Nutrition) (2001). Technical note: attempts to harmonize chemical analyses of feeds and faeces for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Science* 9, 57-64.
- El-Gindy, Y., Zeweil, H., Zahran, S., El-Rahman, M. A., & Eisa, F. (2020). Hematologic, lipid profile, immunity, and antioxidant status of growing rabbits fed black seed as natural antioxidants. *Tropical Animal Health and Production* 52, 999–1004. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02091-x>
- Elwan, H. A. M., Dawood, D. H., Abd El-Aziz El-Shafei, S. M., Abd El-Mohsen Abd El-Rahman, A., Abdel-Latif, S. A., Mohany, M., Alqahtani, F., Alqahtani, S., & Al-Rejaie, S. S. (2019). The potential role of *Citrus limon* powder as a natural feed supplement to boost the productive performance, antioxidant status, and blood biochemistry of growing rabbits. *Animals* 9, 7. <https://doi.org/10.3390/ani9070426>
- Elwan, H. A. M., Elnesr, S. S., Mohany, M., & Al-Rejaie, S. S. (2019). The effects of dietary tomato powder (*Solanum lycopersicum L.*) supplementation on the haematological, immunological, serum biochemical and antioxidant parameters of growing rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 103, 534–546. <https://doi.org/10.1111/jpn.13054>

- Facchin, E., Castellini, C., & Cappiotti, P. (1993). Dispensa di conigliocultura. *Ed Lapival, Ist Zooprof Sper Venezie*, Padova, Italy, 147 p.
- Gamberini, Angelo (1993). *Conigliocultura*. Edagricole, Bologna, Italia, 176 p.
- Gamberini, Angelo (2009). *Conigliocultura: l'allevamento professionale del coniglio da carne e da affezione* (3. Ed), Edagricole, Milano, Italia, 324 p.
- Hammond, B. G., Mayhew, D. A., Holson, J. F., Nemeč, M. D., Mast, R. W., & Sander, W. J. (2001). Safety assessment of DHA-Rich microalgae from *Schizochytrium sp.* *regulatory toxicology and pharmacology* 33, 205–217. <https://doi.org/10.1006/rtp.2001.1459>
- Hassanein, H., Arafa, M. M., Abo Warda, M. A., & Abd-Elall, A. (2014). Effect of using spirulina platensis and *Chlorella vulgaris* as feed additives on growing rabbit performance. *Egyptian Journal of Rabbit Science* 24, 413–431. <https://doi.org/10.21608/ejrs.2014.47489>
- Kotrbaček, V., Doubek, J., & Doucha, J. (2015). The chlorococcalean alga *Chlorella* in animal nutrition: A review. *Journal of Applied Phycology* 27, 2173–2180. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0516-y>
- Kusmayadi, A., Leong, Y. K., Yen, H.-W., Huang, C.-Y., & Chang, J.-S. (2021). Microalgae as sustainable food and feed sources for animals and humans – Biotechnological and environmental aspects. *Chemosphere* 271, 129800. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129800>
- Madeira, M. S., Cardoso, C., Lopes, P. A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N. M., & Prates, J. A. M. (2017). Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. *Livestock Science* 205, 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.09.020>
- Maertens, L., Pérez, J. M., Villamide, M., Cervera, C., Gidenne, T., & Xiccato, G. (2002). Nutritive value of raw materials for rabbits: Egran tables 2002. *World Rabbit Science* 10, 4. <https://doi.org/10.4995/wrs.2002.488>
- Mordenti, A. L., Sardi, L., Bonaldo, A., Pizzamiglio, V., Brogna, N., Cipollini, I., Tassinari, M., & Zaghini, G. (2010). Influence of marine algae (*Schizochytrium* spp.) dietary supplementation on doe performance and progeny meat quality. *Livestock Science* 128, 179–184. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.12.003>
- Oso, A. O., Idowu, O. M. O., Haastrup, A. S., Ajibade, A. J., Olowonefa, K. O., Aluko, A. O., Ogunade, I. M., Osho, S. O., & Bamgbose, A. M. (2013). Growth performance, apparent nutrient digestibility, caecal fermentation, ileal morphology and caecal microflora of

- growing rabbits fed diets containing probiotics and prebiotics. *Livestock Science* 157, 184–190. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.06.017>
- Peiretti, P. G., & Meineri, G. (2008). Effects of diets with increasing levels of *Spirulina platensis* on the performance and apparent digestibility in growing rabbits. *Livestock Science* 118, 173–177. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.04.017>
- Peiretti, P. G., & Meineri, G. (2011). Effects of diets with increasing levels of *Spirulina platensis* on the carcass characteristics, meat quality and fatty acid composition of growing rabbits. *Livestock Science* 140, 218–224. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.031>
- Phuoc, T. L., & Jamikorn, U. (2017). Effects of probiotic supplement (*Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*) on feed efficiency, growth performance, and microbial population of weaning rabbits. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 30, 198–205. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0823>
- Portsmouth, J. I. (1973). *Coniglicoltura moderna: Trattato per l'allevatore del coniglio da carne / J.I. Portsmouth; traduzione del dott. Giovanni Paglia* (3. ed). Edagricole, Bologna, Italia, 237 p.
- Rennere M., 1982. La couleur de la viande et sa mesure. Bulletin Technique C.R.Z.V 47, 47-54.
- Safi, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P.-Y., & Vaca-Garcia, C. (2014). Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 35, 265–278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.007>
- SAS, 2013. Statistical Analysis System Institute. SAS/STAT(R) 9.2 User's Guide, 2nd edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. Accessibile al sito: [http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#glm\\_toc.htm](http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#glm_toc.htm).
- Singh, A.S., Alagbe, J.O., Sharma, S., Oluwafemi, R.A., & Agubosi, O.C.P. (2021). Effect of dietary supplementation of melon (*Citrullus Lanatus*) seed oil on the growth performance and antioxidant status of growing rabbits. *Indonesian Journal of Innovation and Applied Sciences (IJIAS)*, 1(2), 134-143. <https://doi.org/10.47540/ijias.v1i2.175>
- Sikiru, A. B., Arangasamy, A., Alemede, I. C., Guvvala, P. R., Egena, S. S. A., Ippala, J. R., & Bhatta, R. (2019a). *Chlorella vulgaris* supplementation effects on performances, oxidative stress and antioxidant genes expression in liver and ovaries of New Zealand White rabbits. *Heliyon* 5, e02470. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02470>

- Sikiru, A. B., Arangasamy, A., Alemede, I. C., Egena, S. S. A., & Bhatta, R. (2019b). Dietary supplementation effects of *Chlorella vulgaris* on performances, oxidative stress status and antioxidant enzymes activities of prepubertal New Zealand White rabbits. *Bulletin of the National Research Centre* 43, 162. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0213-8>
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., & Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 101, 87–96. <https://doi.org/10.1263/jbb.101.87>
- Sun, B., Zhang, Y., Ding, M., Xi, Q., Liu, G., Li, Y., Liu, D., & Chen, X. (2018). Effects of *Moringa oleifera* leaves as a substitute for alfalfa meal on nutrient digestibility, growth performance, carcass trait, meat quality, antioxidant capacity and biochemical parameters of rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 102, 194–203. <https://doi.org/10.1111/jpn.12678>
- Trocino, A., Xiccato, G., Carraro, L., & Jimenez, G. (2005). Effect of diet supplementation with Toyocerin® (*Bacillus cereus* var. *toyoi*) on performance and health of growing rabbits. *World Rabbit Science* 13, 17–28.
- Valente, L. M. P., Cabrita, A. R. J., Maia, M. R. G., Valente, I. M., Engrola, S., Fonseca, A. J. M., Ribeiro, D. M., Lordelo, M., Martins, C. F., Falcão e Cunha, L., de Almeida, A. M., & Freire, J. P. B. (2021). Chapter 9—Microalgae as feed ingredients for livestock production and aquaculture. In C. M. Galanakis (A c. Di), *Microalgae* (pp. 239–312). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821218-9.00009-8>
- Xiccato G., Trocino A. (2008b). Coniglicoltura. Nutrizione e alimentazione. In: Romboli I., Marzoni Fecia di Cossato M., Schiavone A., Zaniboni L., Cerolini S. (Eds.) Avicoltura e Coniglicoltura. Point Veterinaire Italie, Milano, Italy. 481–494.
- Xiccato G., Trocino A., (2010). Energy and protein metabolism and requirements. In: De Blas C. and Wiseman J. (Eds.) *The Nutrition of the Rabbit*, 2nd Edition. CABI Publishing. Wallingford Oxon, UK, 83–118.
- Xiccato, G., Trocino, A. (2020). Energy and protein metabolism and requirements. *Nutrition of the rabbit* (3. Ed), (pp. 89–125), Wallingford UK: CABI. <https://doi.org/10.1079/9781789241273.0089>
- Yasmeen Mousa, I.M., Abdel-Monem, U.M., Bazid A.I. (2018). Effect of spirulina and prebiotic (Inmunair 17.5®) on New-Zealand white rabbits performance. *Journal of Agricultural Research* 45, 385–393. <https://doi.org/10.21608/zjar.2018.50070>



## Sitografia

albertomonteverdi. (2019, agosto 31). *Lo standard italiano delle razze cunicole*. Raggio Di Sole Industrial. <https://raggiodisole.biz/industrial/focus/lo-standard-italiano-delle-razze-cunicole/>

*Alimentazione del coniglio da carne*. (s.d.). Recuperato 28 luglio 2023, da <https://www.agraria.org/conigli/conigliadacarne/alimentazione.htm>

*Allevamento del coniglio da carne*. (s.d.). Recuperato 28 luglio 2023, da <https://www.agraria.org/conigli/conigliadacarne/allevamento.htm>

*Chlorella vulgaris*. (2023). In *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Chlorella\\_vulgaris&oldid=1166149114](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Chlorella_vulgaris&oldid=1166149114)

*Chlorella vulgaris: La microalga dal grande potenziale*. (s.d.). Recuperato 28 luglio 2023, da <https://www.microbiologiaitalia.it/alghe/chlorella-vulgaris/>

*Coniglicoltura*. (2021). In *Wikipedia*. <https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Coniglicoltura&oldid=119451754>

*Coniglio: Tecniche di allevamento, alimentazione, razze, patologie, riproduzione, ecc.* (s.d.). Recuperato 28 luglio 2023, da <https://www.agraria.org/conigli.htm>

*ecosostenibile*. (2020, settembre 5). *Chlorella vulgaris: Sistematica, Etimologia, Habitat, Coltivazione ... Un Mondo Ecosostenibile*. <https://antropocene.it/2020/09/05/chlorella-vulgaris/>

*Registro Anagrafico*. (s.d.). *ANCI*. Recuperato 28 luglio 2023, da <https://www.anci-aia.it/registro-anagrafico/>

*Zoocolture 2019-2020—Prof. Gerolamo Xiccato: Unità 20 (Lezione)*. (s.d.). Recuperato 28 luglio 2023, da <https://samv.elearning.unipd.it/mod/resource/view.php?id=86016>

*Zoocolture 2019-2020—Prof. Gerolamo Xiccato: Unità 21 (Lezione)*. (s.d.). Recuperato 28 luglio 2023, da <https://samv.elearning.unipd.it/mod/resource/view.php?id=86017>

<https://www.docenti.unina.it/webdocenti-be/allegati/materiale-didattico/34197558>