



Alternative all'abbattimento dei pulcini maschi - Sintesi

IL PROBLEMA

Si stima che a livello mondiale **ogni anno si abbattano 6,5 miliardi di pulcini maschi appena nati** per macerazione o per asfissia (gassificazione), quando non, in assenza di norme specifiche, attraverso metodi ancora più crudeli; non essendo integrabili nel sistema produttivo, infatti, questi animali vengono considerati uno scarto. Tale pratica non solo pone un problema etico spinoso per l'industria delle uova ma si associa a una serie di questioni più ampie relative alla selezione di razze avicole specializzate per una maggiore produzione di carne o di uova, con tutte le ricadute che ciò comporta per il benessere animale. Il diffondersi di una crescente consapevolezza tra i consumatori ha indotto Germania, Francia e Italia a vietare per legge l'abbattimento selettivo dei pulcini maschi e si discute dell'introduzione di un divieto in tutta l'Unione europea. Urge introdurre delle alternative a questa pratica crudele.

RACCOMANDAZIONI

Compassion lavora attivamente per mettere fine all'abbattimento dei pulcini maschi di un giorno di vita e raccomanda quanto segue:

- **Pratica raccomandata:** utilizzo di **razze a duplice attitudine** con buoni risultati di benessere, che consentano l'allevamento dei pulcini maschi per la produzione di carne.
- Qualora ciò non sia possibile, è accettato il ricorso al **sessaggio in ovo** e alla distruzione delle uova che contengono embrioni maschi prima che questi diventino senzienti.
- ✓ **Il sessaggio deve avvenire prima che l'embrione sia in grado di provare dolore** secondo quanto stabilito dalle ricerche scientifiche più aggiornate. Stando agli studi disponibili al momento, la percezione del dolore non è fisicamente possibile prima del giorno embrionale 7 (GE7). Sugeriamo quindi di adottare metodi di sessaggio che si possano eseguire **entro il giorno embrionale 7 (GE7)** non appena saranno disponibili in commercio. Fino a quel momento, si dovrebbero prediligere i metodi utilizzabili quanto più tempestivamente possibile (oggi al giorno embrionale 9, GE9).*
- ✓ Sono da preferire i metodi meno invasivi in assoluto. Inoltre, la pratica scelta non deve danneggiare gli embrioni che sopravvivono fino a diventare senzienti; soprattutto, non deve provocare la morte o pregiudicare il benessere dei pulcini dopo la schiusa.
- ✓ Il metodo di sessaggio impiegato deve avere un tasso di accuratezza elevatissimo (vale a dire, almeno del 98,5% rispetto al sessaggio dopo la schiusa).
- ✓ Tutti i maschi nati per un errore di sessaggio devono essere allevati in sistemi che rispettino i migliori requisiti di benessere animale (cioè conformi almeno ai criteri dello [European Chicken Commitment](#)).
- ✓ Il metodo di sessaggio deve essere scalabile e adatto all'impiego a livello commerciale.
- **L'allevamento dei maschi di razze da uova per la produzione di carne** in sistemi con migliori requisiti di benessere, dotati di spazi sufficientemente ampi e di arricchimenti, è un'altra possibile soluzione. Tuttavia, prima che la si possa considerare un'alternativa accettabile all'abbattimento, occorre comprendere più a fondo le implicazioni di benessere dell'allevamento di questi animali.

* Confermiamo il nostro sostegno a quanti hanno pionieristicamente adottato metodi di sessaggio in ovo praticabili fino al giorno embrionale 14 (GE14).



Alternative all'abbattimento dei pulcini maschi - Revisione scientifica

IL PROBLEMA

Per effetto della selezione di razze avicole specializzate per un'alta produzione di uova e di carne operata nell'ultimo secolo, allevare i pulcini maschi nati nella filiera delle uova per destinarli alla produzione di carne è diventato poco conveniente sul piano economico. Infatti, i maschi di razze ovaiole non possono produrre uova, come è ovvio, ma non possono neppure competere con le razze da carne in termini di velocità di accrescimento, perciò sono considerati uno scarto dall'industria alimentare. A livello mondiale, si stima che **ogni anno negli incubatoi si abbattano 6,5 miliardi' di pulcini maschi di un giorno di vita (330 milioni solo nell'Ue²; 38,2 milioni nel Regno Unito³)**. Nell'Ue i metodi di abbattimento permessi sono la macerazione e l'asfissia (gassificazione) ma altrove, in assenza di norme, è possibile che si impieghino metodi ancora più crudeli.

L'uccisione di massa di pulcini maschi di un giorno di vita è un problema etico molto grave per l'industria delle uova⁴. Anche i metodi di abbattimento impiegati suscitano preoccupazioni per il benessere di questi animali. In un report del 2019 sull'abbattimento dei polli⁵, l'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA) elenca una serie di potenziali problemi associati ai diversi metodi di abbattimento dei pulcini maschi, tra cui stress da freddo, dolore, paura, distress respiratorio e stordimento inefficace. Quando si ricorre alla macerazione, errori del personale e/o impostazioni errate dei macchinari possono pregiudicare gravemente il benessere. Quanto alla gassificazione, l'esposizione alla CO₂ ad alte concentrazioni provoca effetti fortemente avversi⁵.

Oltre a comportare l'abbattimento dei pulcini maschi nati nella filiera delle uova, **la selezione di razze da uova e da carne altamente specializzate è una delle cause principali della scarsa qualità di vita degli animali negli allevamenti avicoli (sia per le galline ovaiole sia per i polli da carne)**. La selezione di razze da carne a crescita rapida e con una maggiore resa dal petto ha determinato un aumento dell'incidenza di svariate problematiche di benessere. Infatti, i polli a rapido accrescimento non solo presentano un'alta incidenza di deformazioni delle zampe e di problemi cardiovascolari, oltre che un'elevata mortalità, ma presentano pochi indicatori di benessere positivo rispetto alle razze a crescita più lenta^{6,7}. Per ciò che riguarda le galline ovaiole, la selezione di genetiche molto produttive si associa a una scarsa salute delle ossa e a un'alta incidenza di fratture dello sterno^{8,9}, che non solo provocano dolore¹⁰ ma limitano la mobilità e causano stati emotivi negativi¹¹. L'EFSA considera le lesioni ossee, e in particolare le fratture dello sterno, come una delle principali problematiche di benessere per le galline ovaiole¹².

L'abbattimento dei pulcini maschi suscita una diffusa disapprovazione tra i consumatori che vengono a conoscenza del ricorso a questa pratica¹³⁻¹⁶. Soprattutto, ed è l'aspetto più importante, **da studi condotti in Svizzera e nei Paesi Bassi è emersa la disponibilità a spendere di più per prodotti avicoli che permettano di evitare l'uccisione dei pulcini**^{14,15}.

La crescente consapevolezza da parte dei consumatori ha portato all'introduzione di alcune novità legislative in Europa e ha incentivato la ricerca per individuare alternative valide. Nell'Ue, l'abbattimento selettivo dei pulcini maschi è già vietato in Germania e in Francia a partire dal gennaio del 2022, mentre l'Italia ha pubblicato un Decreto Legislativo a dicembre 2023 per mettere al bando questa pratica entro il 2027 (per i dettagli, si rimanda alla Tabella 1). Non è escluso che si arrivi a vietarla in tutta l'Ue.

Esistono varie alternative all'uccisione dei pulcini maschi di un giorno, come la selezione di razze a duplice attitudine, che permette di allevare i maschi per la produzione di carne e le femmine per la



produzione di uova, oppure l'allevamento dei maschi di razze ovaiole per la produzione di carne; inoltre, si può ricorrere al sessaggio in ovo, in modo da identificare e distruggere le uova che contengono embrioni maschi prima della schiusa, oppure intervenire alterando la proporzione tra i sessi a favore di quello femminile^{4,17}. Di seguito si passano in rassegna i vantaggi di ciascuna di queste opzioni.

Tabella 1. Norme sull'abbattimento dei pulcini maschi in alcuni paesi dell'Ue

Germania	
L'abbattimento dei pulcini maschi è vietato dal 1° gennaio 2022 • Dal 1° gennaio 2024: il sessaggio in ovo va eseguito entro il giorno 13. • In caso di errori di sessaggio, i pulcini maschi devono essere allevati per almeno 10-14 settimane. • Le norme si applicano soltanto ai pulcini maschi di razze ovaiole.	Deroghe: nessuna
https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2023/0201-0300/273-23.html	
Francia	
L'abbattimento dei pulcini maschi è vietato dal 1° gennaio 2023 • Il sessaggio in ovo va eseguito entro il giorno 16. • Le norme si applicano soltanto ai pulcini maschi di razze ovaiole.	Deroghe: • Pulcini destinati alla riproduzione. • Pulcini usati a scopo di ricerca. • Pulcini usati per produrre mangime. • Pulcini da razze a piumaggio bianco. • Pulcini maschi nati a seguito di un errore di sessaggio.
https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000045124750 https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000046704513	
Italia	
L'abbattimento dei pulcini maschi sarà vietato dal 31 dicembre 2026, in seguito al decreto attuativo pubblicato il 10 settembre 2023. • Il sessaggio in ovo va eseguito entro e non oltre il 14esimo giorno. • Le norme si applicano soltanto ai pulcini maschi di razze ovaiole.	Deroghe: • Pulcini destinati alla riproduzione. • Pulcini usati a scopo di ricerca. • Pulcini per i quali non sia stato possibile rilevare in tempo utile il sesso o nati a seguito di un errore di sessaggio. • Nei casi in cui l'abbattimento è necessario a causa di: ○ Una situazione di emergenza. ○ Spopolamento. ○ Focolaio di malattie infettive contagiose.
https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2023/12/23/23G00212/SG	
Austria	
La pratica "assurda" di uccidere i pulcini maschi è vietata dal 1° gennaio 2022.	Deroghe: • Pulcini usati per produrre mangime.
https://ktn.lko.at/m%C3%A4nnliche-legek%C3%BCken-sinnvoll-verwenden+2400+3554268	

LE SOLUZIONI

ALLEVARE I MASCHI PER LA PRODUZIONE DI CARNE

Si può evitare di uccidere i pulcini maschi di un giorno allevandoli per la produzione di carne. Le strade possibili sono due: o utilizzare razze a duplice attitudine, destinando i maschi alla produzione di carne e le femmine alla produzione di uova, oppure, semplicemente, allevare i maschi di razze da uova.

RAZZE A DUPLICE ATTITUDINE

Allevare razze a duplice attitudine consente di destinare le femmine alla produzione di uova e i maschi alla produzione di carne. Essendo il risultato di una selezione più equilibrata, queste genetiche presentano livelli di produttività moderati, una caratteristica che permette di affrontare molti dei problemi di benessere associati ai sistemi di produzione di uova e di carne. Possono essere razze autoctone, cioè non selezionate per una produzione particolare, oppure razze commerciali come la Lohmann Dual create appositamente incrociando linee da carne e da uova selezionate¹⁸.

La letteratura scientifica sui risultati di benessere ed economici delle razze a duplice attitudine è piuttosto limitata e gli studi disponibili riguardano perlopiù la Lohmann Dual. Le altre razze commerciali autoctone sono a oggi ancora meno studiate, sicché è difficile sbilanciarsi e generalizzare sulla loro adeguatezza alla produzione commerciale.

Per quello che riguarda il benessere delle galline ovaiole, i dati disponibili indicano che la selezione per ottenere una maggiore produzione di uova si associa a un rischio più alto di fratture dello sterno^{19,20}. Per contro, se allevate in strutture mobili, le galline di razze a duplice attitudine presentano un'incidenza inferiore di deformazioni dello sterno (~10%)¹⁸. In alcune razze autoctone la prevalenza di fratture dello sterno risulta molto bassa nelle femmine e pari a zero nei maschi, almeno nei sistemi in gabbia²¹. La pica aggressiva delle piume è una problematica di benessere importante, perché provoca ferite e dolore, ed è considerata una possibile conseguenza dello stress di gruppo¹². Le galline di razza Lohmann Dual presentano livelli di gran lunga inferiori di pica aggressiva delle piume rispetto alle ovaiole convenzionali^{22,23}; inoltre, sono meno spaventate dalle novità e dalle persone, a indicare che probabilmente sono meno stressate dalle attività di gestione²⁴.

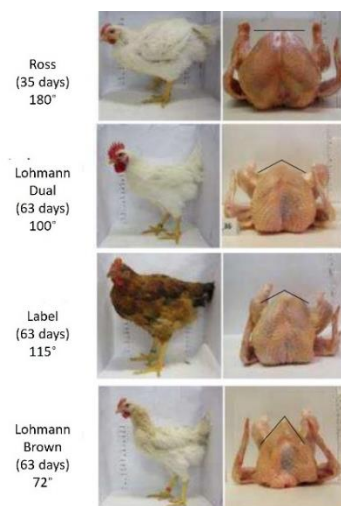
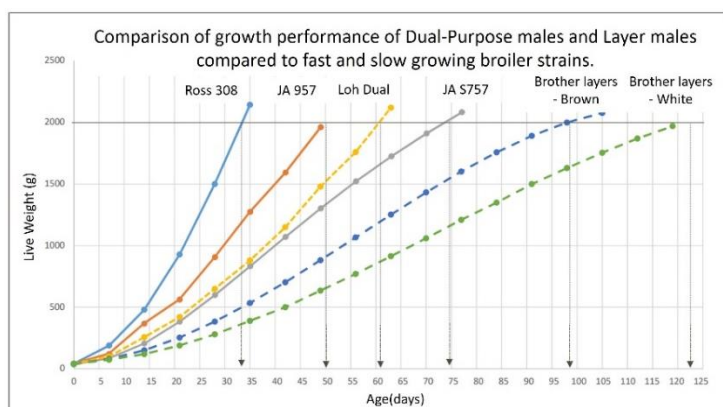
Si è visto che i giovani galli di genetiche a duplice attitudine selezionate presentano risultati migliori rispetto alle genetiche a rapido accrescimento in termini di capacità di locomozione, salute plantare e condizioni delle piume²⁵, paragonabili ai risultati di benessere dei polli da carne a crescita più lenta²⁶. Si è notato inoltre che durante il periodo pre-cova i maschi di razza Lohmann Dual in giovane età evidenziano una maggiore paura rispetto ai maschi di razze da uova convenzionali, mentre in età più adulta è vero il contrario²⁴.

Spesso le razze avicole a duplice attitudine hanno un minore fabbisogno di proteine, il che rappresenta un vantaggio perché si possono scegliere formulazioni di mangimi più economiche; per esempio, si può sostituire la farina di soia con prodotti alternativi disponibili a livello locale, non solo ricavandone ovvi vantaggi economici e ambientali ma anche creando nuove opportunità commerciali^{28,29}. Da una sperimentazione condotta di recente in Germania è emerso che una varietà locale di fave è un'alternativa adeguata alla farina di soia per l'alimentazione di tre genetiche a duplice attitudine³⁰.



Va osservato che il passaggio alle razze a duplice attitudine comporterebbe un incremento del numero di animali allevati per ottenere la produzione di uova e carne sufficiente a soddisfare la domanda attuale. D'altro canto, bisogna rilevare un crescente interesse dei consumatori per le fonti proteiche alternative di origine vegetale, oltre che una tendenza generale a ridurre il consumo di alimenti di origine animale. Il passaggio a razze a duplice attitudine, associato a un calo del consumo di alimenti di origine animale, comporterebbe un notevole miglioramento del benessere di galline e polli, incentivando al tempo stesso l'indispensabile transizione verso un sistema alimentare più sostenibile.

Sul piano economico, le razze a duplice attitudine sono considerate meno efficienti rispetto alle razze specializzate, infatti comportano costi di allevamento maggiori. Si prevede, per esempio, che i costi del mangime per la Lohmann Dual sarebbero superiori del 50% rispetto ai costi per le razze ovaiole commerciali¹⁷. Inoltre, le performance di deposizione delle razze a duplice attitudine sono più modeste rispetto a quelle delle ovaiole convenzionali, e lo stesso vale per la produzione di carne rispetto alle genetiche a rapido accrescimento. A quanto risulta, entro le 72 settimane di vita le galline Lohmann Dual depongono 282 uova di peso più leggero rispetto a quelle deposte dalle razze commerciali (Lohmann Brown – 321 uova entro le 72 settimane di vitaⁱ). Questo comporta una perdita di guadagno pari a 6 euro per animale rispetto alle ovaiole di razza Lohmann Brown³¹. Le razze commerciali a duplice attitudine evidenziano risultati di crescita migliori rispetto alle razze autoctone^{32,33}, ma comunque inferiori a quelli delle genetiche di polli da carne a rapido accrescimento³³. Possono tuttavia rappresentare un'alternativa valida a livello commerciale perché, se alimentati con una dieta adeguata ai polli da carne, presentano una crescita paragonabile ad alcune genetiche ad accrescimento più lento (Figura 1) e una migliore produzione di uova³³. **Secondo i risultati di una ricerca condotta in Germania nel 2017, l'allevamento a terra di animali a duplice attitudine si associava a un aumento dei costi di produzione pari a 0,02 euro per uovo³⁴.** La Bruderhahn Initiative tedesca ha lanciato la proposta di prevedere un sovrapprezzo di 0,04 euro per ogni uovo e usare il ricavato per coprire i costi di allevamento e commercializzazione dei maschi di razze ovaiole allevati in sistemi biologici³⁵.



From Müller et al., Poultry Science 2018

Figura 1. Risultati di crescita e aspetto della carcassa di razze a duplice attitudine e di maschi di razze da uova a confronto con genetiche ad accrescimento rapido e più lento. Materiale presentato in occasione di un webinar tenuto in Francia sulle alternative all'abbattimento dei pulcini maschi nel novembre 2022³⁶ e adattato da Müller et al. (2018)³³.

ⁱ www.lohmann-breeders.com

Riguardo alla percezione dei consumatori, da sondaggi condotti nei Paesi Bassi e in Germania è emerso che il 23-29% e il 27% degli intervistati, rispettivamente, indicava l'allevamento di razze a duplice attitudine come alternativa preferita all'abbattimento dei pulcini maschi^{15,37}. Un altro studio tedesco ha messo in luce l'importanza di curare la strategia di marketing dei prodotti derivati da razze a duplice attitudine: in genere i consumatori le conoscono poco ma, disponendo di maggiori informazioni in merito, le considerano per la maggior parte un'alternativa positiva¹⁶. Analogamente, la disponibilità dei consumatori svizzeri a scegliere prodotti derivanti da razze a duplice attitudine aveva una correlazione con la conoscenza delle dinamiche del sistema produttivo¹⁴.

Avendo il potenziale per affrontare i principali problemi di benessere nelle filiere delle uova e della carne di pollo, oltre che per eliminare la pratica dell'abbattimento dei pulcini maschi, l'allevamento di razze a duplice attitudine è sia la migliore pratica sia l'alternativa preferibile, oltre che l'opzione che probabilmente si rivelerà più adatta al futuro.

MASCHI DI RAZZE OVAIOLE

Sebbene sia convinzione diffusa che allevare i maschi di razze da uova per la produzione di carne è poco conveniente sul piano economico e questo tipo di produzione rimanga marginale, per effetto delle pressioni dell'opinione pubblica e delle leggi approvate in alcuni paesi per vietare l'uccisione dei pulcini maschi, in anni recenti si è registrata una tendenza crescente a tentare anche questa via. In Germania, per esempio, si stima che nel 2018 circa 270.000 maschi di razze ovaiole sono stati allevati in sistemi biologici³⁸; inoltre, secondo le stime, dopo l'entrata in vigore del divieto di abbattere i pulcini maschi di un giorno all'inizio del 2022, il 74% di tutti i pulcini maschi nati nei primi cinque mesi dell'anno sono stati allevati per la produzione di carne³⁹.

Le ricerche pubblicate sul benessere dei maschi di razze da uova sono piuttosto scarse. Dalle poche disponibili risulta che i tassi di mortalità si aggirano intorno all'1-2% per gruppo e che le pododermatiti non rappresentano un problema significativo³⁸. Secondo osservazioni non confermate, nelle fasi di crescita più avanzate si registra una maggiore aggressività, e quindi un maggiore bisogno di arricchimenti; inoltre, dato il prolungarsi del ciclo di vita, potrebbe rendersi necessario ripetere le vaccinazioni, operazione che naturalmente comporta nuove manipolazioni degli animali³⁸. Al raggiungimento della maturità sessuale, intorno alle 13 settimane di vita, si evidenzia un rischio più alto di aggressioni e lesioni. In Germania, dove l'allevamento dei maschi di razze da uova è diventato più comune a seguito del divieto di abbattimento dei pulcini maschi, la carenza di strutture adeguate all'allevamento e all'abbattimento di questi animali ha creato altri problemi di benessere (per esempio legati a lunghi spostamenti verso strutture adatte prima per l'allevamento, poi per l'abbattimento)⁴⁰.

Da uno studio sulla possibilità di utilizzarli per la produzione di galletti (in genere, polli giovani macellati a un peso inferiore a 750 grammi) è risultato che i maschi di diverse razze da uova raggiungevano più lentamente il peso di macellazione di 650 grammi rispetto ai polli da carne di razze convenzionali a rapida crescita (polli da carne: 19 giorni; maschi di razze da uova: 47-49 giorni), presentavano un indice di conversione alimentare maggiore (polli da carne: 1:1,2; maschi di razze da uova: 1:2,5) e fornivano una percentuale più bassa di tagli pregiati, cioè petto e cosce (polli da carne: 65%; maschi di razze da uova: 62%)⁴¹. Allevare i maschi di razze da uova fino al raggiungimento di un peso maggiore (1,3-1,5 kg) determinava indici di conversione alimentare addirittura più alti (tra 4 e 10³⁸), con un incremento dei costi di produzione di cinque volte rispetto alla produzione di polli da carne convenzionali⁴².

Questa soluzione può essere vantaggiosa per l'industria perché non incide negativamente sulla produzione di uova. Resta il fatto che la si può perseguire solo se esiste un mercato per la carne ricavata da maschi di razze da uova. **Stando ai dati disponibili, in Germania il settore**



dell'allevamento biologico intende passare alle razze a duplice attitudine^{38,39}, mentre il settore convenzionale probabilmente opterà per il sessaggio in ovo³⁹.

C'è tuttavia un aspetto importante in termini di benessere animale sul quale soffermarsi, vale a dire che l'allevamento dei maschi di razze da uova per la produzione di carne non ha alcuna ricaduta positiva sulle pratiche convenzionali di allevamento che determinano una scarsa qualità di vita per le galline ovaiole e i polli da carne (come illustrato sopra). Inoltre, questa alternativa può essere sensata solo a fronte di una crescita del mercato europeo per i prodotti derivanti dai maschi di razze da uova. Ammesso che ciò si verifichi, bisognerebbe affrontare i potenziali problemi derivanti dalla maggiore aggressività e dalla carenza di strutture adeguate all'allevamento e all'abbattimento. D'altro canto, bisogna sottolineare che, non soffrendo dei problemi causati dalla crescita eccessiva, i maschi di razze da uova presentano un potenziale di benessere maggiore, se gestiti adeguatamente in un sistema che ne soddisfi i bisogni comportamentali specifici. Su questi ultimi e su come assicurare ai maschi di razze ovaiole una buona qualità di vita in un sistema commerciale occorre approfondire e ampliare le ricerche.

SESSAGGIO IN OVO

L'abbattimento dei pulcini maschi di un giorno si può evitare accertando il sesso degli embrioni e distruggendo prima della schiusa le uova che contengono embrioni maschi.

Se è utile ad affrontare i problemi di benessere specifici causati dall'uccisione dei pulcini maschi di un giorno, questo metodo di fatto non ha alcuna ricaduta positiva sulle questioni più ampie che invece dipendono dalla selezione genetica mirata a incrementare la produttività. Oltretutto, lo si può considerare migliore rispetto alle pratiche in uso solo se le uova vengono distrutte prima che il pulcino sia senziente e capace di provare dolore e se il metodo di sessaggio non compromette il benessere delle uova destinate alla schiusa. Affinché tutte le uova che contengono embrioni maschi vengano identificate e distrutte, rendendo del tutto superfluo l'abbattimento dopo la schiusa, la tecnica impiegata deve essere molto precisa e avere un tasso di accuratezza che sia almeno equivalente o maggiore rispetto a quello del sessaggio dopo la schiusa, che è del 98,5%.

La percezione del dolore da parte dell'embrione non è possibile prima del giorno embrionale 7 (GE7), perché fino a quel momento i neuroni afferenti, che trasmettono i dati sensoriali, non sono collegati al corno dorsale⁴³. Da una rassegna delle prime ricerche sullo sviluppo neurale negli embrioni di pollo condotta da Mellor nel 2007⁴⁴ emergeva che tramite elettroencefalogramma non si rileva attività cerebrale prima del giorno embrionale 13, ma le ricerche recenti in merito sono scarse. Alla luce dell'assenza di dati sperimentali, il Ministero federale dell'agricoltura e dell'alimentazione tedesco ha di recente commissionato uno studio sulla percezione del dolore in ovo⁴⁵. Nel rapporto basato sui risultati dello studio si conclude che la percezione del dolore non è possibile fino al giorno embrionale 12 compreso (GE12). È tuttavia una conclusione da accogliere con cautela, perché gli studi sperimentali cui il rapporto attinge non sono stati ancora sottoposti a revisione indipendente. Bisogna anche verificare se e in che misura questi risultati siano generalizzabili, dato che gli esperimenti sono stati condotti su una sola razza (Lohmann Selected Leghorn) e su un numero relativamente basso di uova per ciascun gruppo sperimentale⁴⁶⁻⁴⁸. Pertanto, finché questi studi non saranno pubblicati e non saranno disponibili ulteriori conferme da sperimentazioni su altre razze, per avere la certezza che la procedura non provochi sofferenze agli embrioni si dovrebbe operare secondo un principio di precauzione, effettuando il sessaggio e la distruzione delle uova entro il giorno embrionale 7. A ogni modo, i metodi disponibili in commercio al momento sono utilizzabili solo a partire dal giorno embrionale 9 (GE9) (Tabella 2).



Sul piano strettamente economico, conviene eseguire il sessaggio delle uova il prima possibile. Infatti, il sessaggio precoce riduce i costi di incubazione; l'ideale sarebbe praticarlo prima dell'incubazione perché, anziché scartarle, si potrebbero vendere le uova per il consumo umano. Oltre a questo, perché lo si possa adottare su scala commerciale, il metodo di sessaggio deve essere rapido, esatto e accurato, applicabile a razze (o, ancora meglio, specie) diverse, a un costo accettabile per gli incubatoi e per i consumatori¹⁷.

Sondaggi condotti in diversi paesi europei dimostrano che il sessaggio in ovo è una pratica che può incontrare il favore dei consumatori: nei Paesi Bassi, più della metà degli intervistati lo indicava come l'alternativa preferita all'abbattimento dei pulcini maschi¹⁵; in Germania, invece, sull'accettazione del sessaggio incidono anche altri fattori, come il metodo impiegato e il giorno di esecuzione della pratica^{13,49}. Né in caso né nell'altro, però, si faceva riferimento ai problemi di benessere causati dalla specializzazione della filiera delle ovaiole e dei polli da carne, sicché non è chiaro se questo elemento avrebbe inciso in qualche modo sulle preferenze degli intervistati.

Di seguito si passano in rassegna gli studi condotti su svariati metodi di sessaggio in ovo. La Tabella 2 presenta invece un riepilogo dei metodi in via di messa a punto e già disponibili in commercio.

METODI OTTICI

Per stabilire il sesso dell'embrione all'interno dell'uovo si possono impiegare tecniche ottiche e di imaging. La spettroscopia è lo studio dell'interazione tra le onde elettromagnetiche (la luce e altri tipi di radiazioni) e la materia. Osservando gli effetti di questa interazione sulle onde elettromagnetiche, si possono ricavare informazioni preziose sulla composizione, la struttura e le proprietà fisiche delle sostanze. Per ciò che riguarda i metodi di sessaggio in ovo, la spettroscopia viene impiegata per individuare differenze specifiche tra i sessi dal mutare delle onde elettromagnetiche a seguito dell'interazione con l'embrione. Alcuni metodi si possono eseguire lasciando intatte le uova, mentre per applicarne altri occorre forare il guscio.

- **Imaging iperspettrale:** è una tecnologia che misura e analizza i segnali lungo l'intero spettro elettromagnetico⁵⁰, fornendo sia informazioni sul colore della luce sia dati spaziali e sulla profondità di assorbimento della luce, e consentendo così di ricavare informazioni molto dettagliate su un oggetto. Ai fini del sessaggio in ovo, si usano una fonte di luce per illuminare l'uovo e una telecamera iperspettrale per misurare i segnali prodotti. È un metodo non invasivo, perché non occorre forare il guscio. Impiegato per individuare differenze specifiche tra i sessi sulla base del colore delle piume su uova marroni al giorno embrionale 14, l'imaging iperspettrale ha evidenziato un'accuratezza del 97-99%^{51,52}. Sono in corso tentativi di impiegare questa tecnologia per individuare altre caratteristiche che possono variare in base al sesso in una fase molto più precoce, ma al momento della pubblicazione di questo documento non sono disponibili studi scientifici pubblicati in merito.
- **Spettroscopia puntiforme:** è tecnica non invasiva simile all'imaging iperspettrale, rispetto al quale fornisce un segnale meno dettagliato ma più chiaro, e quindi potenzialmente più accurato. È stato dimostrato che la spettroscopia puntiforme nel vicino infrarosso visibile (vis-NIR) non solo è più accurata rispetto all'imaging iperspettrale nell'individuare le differenze di colore delle piume nelle uova marroni al giorno embrionale 13, ma presenta costi minori; inoltre, potrebbe avere un rendimento maggiore senza pregiudicare l'accuratezza⁵².
- **Spettroscopia Raman e spettroscopia di fluorescenza:** la spettroscopia Raman fornisce una misura dell'energia vibrazionale emessa dalle componenti di un oggetto analizzandone la luce diffusa. Da ogni molecola si ricava uno spettro Raman unico nel suo genere. Si è scoperto che esiste una differenza nella composizione biochimica del sangue tra le cellule dei pulcini maschi e dei pulcini femmine: infatti, nei maschi il contenuto di emoglobina è maggiore e lo si può rilevare mediante la spettroscopia Raman al giorno embrionale 3,5^{17,53,54}. Associando la



spettroscopia Raman e la spettroscopia di fluorescenza (una tecnica che permette di ricavare informazioni dall'assorbimento e dall'emissione di luce di una specifica lunghezza d'onda), il tasso di accuratezza aumenta dal 90⁵⁴ al 93%⁵⁵. Più di recente, con una tecnica spettroscopica di fluorescenza si è ottenuto un tasso di accuratezza del 96% tra i giorni embrionali 3,5 e 5⁵⁶. Si tratta tuttavia di un metodo invasivo, perché richiede di forare il guscio, ma mantenendo intatta la membrana interna⁵³.

- **Risonanza magnetica (MRI):** mediante questa tecnica non invasiva è possibile rilevare determinate caratteristiche all'interno dell'uovo, che però non risultano correlate al sesso dell'embrione⁵⁷. A livello industriale si è sviluppato un metodo di sessaggio in ovo mediante risonanza magnetica (si veda la Tabella 2), ma non sono ancora disponibili informazioni dettagliate in proposito.

METODI NON OTTICI

Si è valutata l'adeguatezza all'uso per il sessaggio in ovo di diversi metodi non ottici, basati sulle differenze nella morfologia, nella concentrazione di ormoni e nel DNA delle cellule ematiche e tissutali.

- **Analisi dei biomarcatori:** si effettua prelevando un campione di sangue, tessuto o liquido dall'interno dell'uovo per esaminare fattori misurabili dai quali ricavare una previsione accurata sul sesso dell'embrione. Si è visto che l'analisi di un campione di liquido allantoico permette di distinguere i maschi dalle femmine: in particolare, al giorno embrionale 9, si rilevano livelli più alti di estrone solfato nei campioni prelevati da uova con embrioni femmine, con un'accuratezza elevata (superiore al 98%). Altre tecniche si basano sull'individuazione di geni specifici del cromosoma sessuale W/Z in un piccolo campione di sangue⁵⁹. Il prelievo di un campione dall'interno dell'uovo, tuttavia, è invasivo e può incidere sul tasso di schiusa.
- **Editing dei geni:** grazie ai recenti progressi dell'ingegneria genetica, è ora possibile rimuovere, aggiungere o modificare porzioni di DNA in modo specifico e mirato. In particolare, il metodo CRISPR-Cas9 si può impiegare per stabilire il sesso degli embrioni, per esempio, aggiungendo una proteina fluorescente alla sequenza di DNA dei cromosomi maschili, in modo da poterli individuare prima della schiusa⁶⁰. Un altro metodo consiste nel modificare il cromosoma Z (il cromosoma maschile) nelle galline riproduttrici per poi esporre le uova deposte alla luce blu durante l'incubazione, causando la morte dell'embrione maschio omozigote, ma non dell'embrione femmina eterozigote⁶¹. A condizione che ulteriori ricerche non evidenzino eventuali ripercussioni negative sul benessere, questo metodo può essere applicabile commercialmente.

In linea generale, Compassion si oppone all'editing dei geni degli animali d'allevamento, se non nelle circostanze più eccezionali e a fronte di una valutazione d'impatto dalla quale risulti che:

- non ci sono effetti negativi sulla salute e sul benessere degli animali;
 - non è disponibile nessun altro metodo meno invasivo per raggiungere l'obiettivo desiderato;
 - l'obiettivo desiderato non è agevolare i sistemi di allevamento industriali, che hanno un'ampia gamma di ripercussioni negative sulla qualità di vita degli animali.
- **Differenze morfologiche:** i tentativi di individuare il sesso degli embrioni sulla base delle caratteristiche morfologiche dell'uovo (come lunghezza, diametro, ampiezza della forma e volume)^{62,63} hanno prodotto finora risultati discordanti.

Alcuni dei metodi descritti sono stati sviluppati ulteriormente dall'industria (si veda la Tabella 2).

ALTRI APPROCCI

Si è cercato di influenzare la proporzione tra i sessi nelle uova durante lo sviluppo embrionale. La letteratura scientifica in proposito è molto scarsa, ma l'industria ha sviluppato un metodo che permetterebbe di alterare lo sviluppo sessuale degli embrioni geneticamente maschi attraverso l'esposizione a vibrazioni sonore in un ambiente a umidità controllata. Secondo gli sviluppatori, per effetto di questo trattamento gli embrioni geneticamente maschi svilupperebbero caratteristiche sessuali femminili – cioè ovaie anziché testicoli – e sarebbero in grado di deporre uova nelle stesse quantità degli animali geneticamente femmine⁶⁴. A causare il processo sarebbero le alterazioni del gene DMRT1⁶⁵. Non sono disponibili dati indipendenti a conferma di queste affermazioni; in ogni caso, se è vero che le mutazioni del gene DMRT1 possono determinare lo sviluppo delle ovaie anziché dei testicoli in animali geneticamente maschi, questi non hanno la capacità di ovulare né di deporre uova una volta raggiunta la maturità sessuale⁶⁶.

CONCLUSIONI

L'abbattimento dei pulcini maschi di un giorno è una pratica ormai ritenuta inaccettabile dai consumatori, per motivi etici e per l'impatto sul benessere animale. L'alternativa migliore per garantire una buona qualità di vita agli animali è allevare razze a duplice attitudine con buoni risultati di benessere, destinando i maschi alla produzione di carne. Nei casi in cui questa opzione non si possa attuare, un'alternativa accettabile è il sessaggio in ovo e la distruzione delle uova con embrioni maschi prima che questi diventino senzienti, nel rispetto dei seguenti criteri: la distruzione deve avvenire prima che l'embrione sia in grado di provare dolore (la percezione del dolore non è fisicamente possibile prima del giorno embrionale 7); inoltre, il metodo scelto deve essere accurato, non invasivo, e non deve incidere sul benessere degli embrioni che continuano a svilupparsi fino alla schiusa. Un'altra possibilità è quella di allevare i maschi di razze da uova per la produzione di carne, ma occorre approfondire gli studi per comprendere come garantirne il benessere.



RACCOMANDAZIONI

Compassion lavora attivamente per mettere fine all'abbattimento dei pulcini maschi di un giorno di vita e raccomanda quanto segue:

- **Pratica raccomandata:** utilizzo di **razze a duplice attitudine** con buoni risultati di benessere, che consentano l'allevamento dei pulcini maschi per la produzione di carne.
- Qualora ciò non sia possibile, è accettato il ricorso al **sessaggio in ovo** e alla distruzione delle uova che contengono embrioni maschi prima che questi diventino senzienti.
- ✓ ***Il sessaggio deve avvenire prima che l'embrione sia in grado di provare dolore*** secondo quanto stabilito dalle ricerche scientifiche più aggiornate. Stando agli studi disponibili al momento, la percezione del dolore non è fisicamente possibile prima del giorno embrionale 7 (GE7). Sugeriamo quindi di adottare metodi di sessaggio che si possano eseguire **entro il giorno embrionale 7 (GE7)** non appena saranno disponibili in commercio. Fino a quel momento, si dovrebbero prediligere i metodi utilizzabili quanto più tempestivamente possibile (oggi al giorno embrionale 9, GE9).*
- ✓ Sono da preferire i metodi meno invasivi in assoluto. Inoltre, la pratica scelta non deve danneggiare gli embrioni che sopravvivono fino a diventare senzienti; soprattutto, non deve provocare la morte o pregiudicare il benessere dei pulcini dopo la schiusa.
- ✓ Il metodo di sessaggio impiegato deve avere un tasso di accuratezza elevatissimo (vale a dire, almeno del 98,5% rispetto al sessaggio dopo la schiusa).
- ✓ Tutti i maschi nati per un errore di sessaggio devono essere allevati in sistemi che rispettino i migliori requisiti di benessere animale (cioè conformi almeno ai criteri dello [European Chicken Commitment](#)).
- ✓ Il metodo di sessaggio deve essere scalabile e adatto all'impiego a livello commerciale.
- **L'allevamento dei maschi di razze da uova per la produzione di carne** in sistemi con migliori requisiti di benessere, dotati di spazi sufficientemente ampi e di arricchimenti, è un'altra possibile soluzione. Tuttavia, prima che la si possa considerare un'alternativa accettabile all'abbattimento, occorre comprendere più a fondo le implicazioni di benessere dell'allevamento di questi animali.

* Confermiamo il nostro sostegno a quanti hanno pionieristicamente adottato metodi di sessaggio in ovo praticabili fino al giorno embrionale 14 (GE14).



Tabella 2. Tecnologie di sessaggio in ovo, già disponibili in commercio e in fase di sviluppo. Le caratteristiche in verde sono conformi alle raccomandazioni di CIWF

Tecnologia	Metodo	Giorno del sessaggio	Invasività	Tasso di accuratezza riferito	Razza	Velocità	Stadio
OTTICA							
Spettroscopia Raman, AAT	Determinazione del sesso sulla base dello spettro di assorbimento. Differenze nel contenuto di emoglobina nei vasi sanguigni.	Giorno 5	Parziale: si fora l'uovo mediante laser CO ₂ , ma la membrana interna rimane integra		Tutte		In fase di sviluppo
Hypereye	Imaging iperspettrale: differenze di sesso rilevate dal disco germinativo	Prima dell'incubazione	No (nessuna verifica indipendente)	99%	Tutte	Stimata: 50.000 uova all'ora	In fase di sviluppo
CHEGGY, AAT	Imaging iperspettrale	Giorno 13	Non invasiva – nessun impatto sul successo di schiusa	>96%	Solo razze marroni	Al momento: 20.000 uova all'ora	Disponibile in commercio
Genus Focus, Orbem	Risonanza magnetica (MRI) leggibile in tempi più rapidi grazie a tecnologie di IA	Giorno 12	Non invasiva – nessun impatto sul successo di schiusa	> 98%	Tutte	Al momento: fino a 24.000 uova all'ora	Disponibile in commercio
NON OTTICA							
Ella, In Ovo	Analisi dei biomarcatori	Giorno 9	Sì: prelievo di un campione dall'uovo mediante un ago		Tutte		Disponibile in commercio
Plantegg	Individuazione dei geni specifici del cromosoma W/Z mediante PCR	Giorno 9	Parziale: richiede il prelievo di un campione di liquido allantoico	99,5%	Tutte	Al momento: 3000 uova all'ora	Disponibile in commercio
Seleggt	Biomarcatore: rilevazione dei livelli di estrone solfato, che differiscono tra maschi e femmine	Giorno 9	Parziale: richiede il prelievo di un campione di liquido allantoico	98,5%	Tutte	Al momento: 3600 uova all'ora	Disponibile in commercio
EDITING DEI GENI							
eggXYt	Metodo CRISPR: posizionamento di un biomarcatore fluorescente sul cromosoma maschile	Prima dell'incubazione	Non invasiva	100%	Tutte		In fase di sviluppo
Huminn	Attivazione con luce blu di una mutazione letale sul cromosoma Z	Prima dell'incubazione	Non invasiva	100%	Tutte		In fase di sviluppo



RIFERIMENTI

1. What the poultry sector is doing to address male chick culling - Farmers Weekly. <https://www.fwi.co.uk/livestock/poultry/layers/what-the-poultry-sector-is-doing-to-address-male-chick-culling>.
2. European Parliament Research Service (2022) *Male chick culling*. <http://www.europarl.europa.eu/thinktank>
3. DEFRA. UK chick and poultry placings - monthly dataset.
4. Gautron, J., Réhault-Godbert, S., van de Braak, T. G. H. & Dunn, I. C. (2021) Review: What are the challenges facing the table egg industry in the next decades and what can be done to address them? *Animal* 15, 100282
5. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) (2019) Killing for purposes other than slaughter: poultry *EFSA Journal* 17, 11.
6. Hartcher, K. M. & Lum, H. K. (2019) Genetic selection of broilers and welfare consequences: a review. <https://doi.org/10.1080/00439339.2019.1680025> 76, 154–167.
7. Rayner, A. C., Newberry, R. C., Vas, J. & Mullan, S. (2020) Slow-growing broilers are healthier and express more behavioural indicators of positive welfare. *Scientific Reports* 2020 10:1 10, 1–14.
8. Fernyhough, M., Nicol, C. J., van de Braak, T., Toscano, M. J. & Tønnessen, M. (2020) The Ethics of Laying Hen Genetics. *J Agric Environ Ethics* 33, 15–36.
9. Toscano, M. (2018) Skeletal problems in contemporary commercial laying hens. *Advances in Poultry Welfare* 151–173 doi:10.1016/B978-0-08-100915-4.00008-7.
10. Nasr, M. A. F., Nicol, C. J. & Murrell, J. C. (2012) Do Laying Hens with Keel Bone Fractures Experience Pain? *PLoS One* 7, e42420.
11. Riber, A. B., Casey-Trott, T. M. & Herskin, M. S. (2018) The influence of keel bone damage on welfare of laying hens. *Front Vet Sci* 5, 6.
12. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) (2023) Welfare of laying hens on farm. *EFSA Journal* 21, e07789.
13. Reithmayer, C., Danne, M. & Mußhoff, O. (2021) Societal attitudes towards in ovo gender determination as an alternative to chick culling. *Agribusiness* 37, 306–323.
14. Gangnat, I. D. M. *et al.* (2018) Swiss consumers' willingness to pay and attitudes regarding dual-purpose poultry and eggs. *Poult Sci* 97, 1089–1098.
15. de Haas, E. N., Oliemans, E. & van Gerwen, M. A. A. M. (2021) The Need for an Alternative to Culling Day-Old Male Layer Chicks: A Survey on Awareness, Alternatives, and the Willingness to Pay for Alternatives in a Selected Population of Dutch Citizens. *Front Vet Sci* 8, 381.
16. Busse, M., Kernecker, M. L., Zscheischler, J., Zoll, F. & Siebert, R. (2019) Ethical Concerns in Poultry Production: A German Consumer Survey About Dual Purpose Chickens. *J Agric Environ Ethics* 32, 905–925.
17. Krautwald-Junghanns, M. E. *et al.* (2018) Current approaches to avoid the culling of day-old male chicks in the layer industry, with special reference to spectroscopic methods. *Poult Sci* 97, 749–757.
18. Lambertz, C., Wuthijaree, K. & Gauly, M. (2018) Performance, behavior, and health of male broilers and laying hens of 2 dual-purpose chicken genotypes. *Poult Sci* 97, 3564–3576.
19. Eusemann, B. K. *et al.* (2018) Radiographic examination of keel bone damage in living laying hens of different strains kept in two housing systems. *PLoS One* 13, e0194974.
20. Eusemann, B. K. *et al.* (2020) The Role of Egg Production in the Etiology of Keel Bone Damage in Laying Hens. *Front Vet Sci* 7, 81.
21. Kittelsen, K. E. *et al.* (2020) A Descriptive Study of Keel Bone Fractures in Hens and Roosters from Four Non-Commercial Laying Breeds Housed in Furnished Cages. *Animals* 10, 2192.
22. Giersberg, M. F., Spindler, B., Rodenburg, B. & Kemper, N. (2019) The Dual-Purpose Hen as a Chance: Avoiding Injurious Pecking in Modern Laying Hen Husbandry. *Animals* 10, 16.
23. Rieke, L., Spindler, B., Zylka, I., Kemper, N. & Giersberg, M. F. (2021) Pecking Behavior in Conventional Layer Hybrids and Dual-Purpose Hens Throughout the Laying Period. *Front Vet Sci* 8, 386.
24. Giersberg, M. F., Spindler, B. & Kemper, N. (2020) Are dual-purpose hens less fearful than conventional layer hybrids? *Veterinary Record* 187, e35–e35.
25. Malchow, J. & Schrader, L. (2021) Effects of an Elevated Platform on Welfare Aspects in Male Conventional Broilers and Dual-Purpose Chickens. *Front Vet Sci* 8, 497.
26. Baldinger, L. & Bussemas, R. (2021) Dual-purpose production of eggs and meat — Part 1: cockerels of crosses between layer and meat breeds achieve moderate growth rates while showing unimpaired animal welfare. *Organic Agriculture* 11, 489–498.
27. Meuser, V., Weinhold, L., Hillemacher, S. & Tiemann, I. (2021) Welfare-Related Behaviors in Chickens: Characterization of Fear and Exploration in Local and Commercial Chicken Strains. *Animals* 11, 679.
28. Nolte, T. *et al.* (2020) Growth Performance of Local Chicken Breeds, a High-Performance Genotype and Their Crosses Fed with Regional Faba Beans to Replace Soy. *Animals* 10, 702.
29. Urban, J., Röhe, I. & Zentek, J. (2018) Effect of protein restriction on performance, nutrient digestibility and whole body composition of male Lohmann Dual chickens. *European Poultry Science* 82.



30. Escobedo Del Bosque, C. I., Grahl, S., Nolte, T. & Mörlin, D. (2022) Meat Quality Parameters, Sensory Properties and Consumer Acceptance of Chicken Meat from Dual-Purpose Crossbreeds Fed with Regional Faba Beans. *Foods* 11, 1074.
31. LOHMANN DUAL – Layer and Broiler at the very same time - Lohmann Breeders. <https://lohmann-breeders.com/lohmann-dual-layer-and-broiler-at-the-very-same-time/>.
32. Tiemann, I., Hillemacher, S. & Wittmann, M. (2020) Are Dual-Purpose Chickens Twice as Good? Measuring Performance and Animal Welfare throughout the Fattening Period. *Animals*, 10, 1980.
33. Mueller, S. et al. (2018) Carcass and meat quality of dual-purpose chickens (Lohmann Dual, Belgian Malines, Schweizerhuhn) in comparison to broiler and layer chicken types. *Poult Sci* 97, 3325–3336.
34. Diekmann, J., Hermann, D. & Mußhoff, O. (2017) Wie hoch ist der Preis auf Kükenabtötungen zu verzichten? Bewertung des Zweinutzungshuhn- und Bruderhahnkonzepts als wirtschaftliche Alternative zu Mast- und Legehybriden. *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* doi:10.12767/BUEL.V95I1.147.
35. Bruderhahn Initiative (2022) Bruderhahn-Aufzucht in der BID - Informationen für Erzeuger:innen. https://brudertier.bio/sites/default/files/2022-03/PB_BID_Bruderhahn_Infoblatt_1.1.pdf.
36. ITAVI : Alternatives à l'élimination des poussins Mâles de la filière ponte | diaporama. <https://www.itavi.asso.fr/publications/alternatives-a-l-elimination-des-poussins-males-de-la-filiere-ponte-diaporama>.
37. Reithmayer, C. & Mußhoff, O. (2019) Consumer preferences for alternatives to chick culling in Germany. *Poult Sci* 98, 4539–4548.
38. Giersberg, M. F. & Kemper, N. (2018) Rearing Male Layer Chickens: A German Perspective. *Agriculture*, 8, 176
39. German Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (Federal Information center for agriculture) (2022) Was ist ein Bruderhahn? <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/haetten-sies-gewusst/tierhaltung/was-ist-ein-bruderhahn/>.
40. Animal Society (2022) *The Way Out: A report on ending chick killing in the European Union*.
41. Koenig, M., Hahn, G., Damme, K. & Schmutz, M. (2010) Utilization of laying-type cockerels as coquelets: growth performance and carcass quality. *Fleischwirtschaft* 90, 92–94.
42. Kaufmann, F. & Andersson, R. (2012) Eignung männlicher Legehybriden zur Mast (Suitability of egg-type cockerels for fattening purposes). Report
43. Bjørnstad, S., Austdal, L. P. E., Roald, B., Glover, J. C. & Paulsen, R. E. (2015) Cracking the Egg: Potential of the Developing Chicken as a Model System for Nonclinical Safety Studies of Pharmaceuticals. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 355, 386–396.
44. Mellor, D. J. & Diesch, T. J. (2007) Birth and hatching: Key events in the onset of awareness in the lamb and chick. <http://dx.doi.org/10.1080/00480169.2007.36742> 55, 51–60.
45. MRI (2023). *Schmerzempfinden bei Hühnerembryonen*. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2023/036-schmerzempfinden-huehnerembryonen.html>.
46. Weiss, L. et al. (preprint) Nociception in chicken embryos, Part I: Analysis of cardiovascular responses to a mechanical noxious stimulus. *bioRxiv* 2023.04.14.536899 doi:10.1101/2023.04.14.536899.
47. Kollmansperger, S. et al. (preprint) Nociception in chicken embryos, Part II: Embryonal development of electroencephalic neuronal activity in ovo as a prerequisite for nociception. *bioRxiv* 2023.04.14.536947 (2023) doi:10.1101/2023.04.14.536947.
48. Süß, S. C. et al. (preprint) Nociception in chicken embryos, Part III: Analysis of movements before and after application of a noxious stimulus. *bioRxiv* 2023.04.20.537674 doi:10.1101/2023.04.20.537674.
49. Bruijn, M. R. N., Blok, V., Stassen, E. N. & Gremmen, H. G. J. (2015) Moral "Lock-In" in Responsible Innovation: The Ethical and Social Aspects of Killing Day-Old Chicks and Its Alternatives. *J Agric Environ Ethics* 28, 939–960.
50. Adegbenjo, A. O., Liu, L. & Ngadi, M. O. (2020) Non-Destructive Assessment of Chicken Egg Fertility. 20, 5546.
51. Göhler, D., Fischer, B. & Meissner, S. (2017) In-ovo sexing of 14-day-old chicken embryos by pattern analysis in hyperspectral images (VIS/NIR spectra): A non-destructive method for layer lines with gender-specific down feather color. *Poult Sci* 96, 1–4.
52. Corion, M., Keresztes, J., De Ketelaere, B. & Saeys, W. (2022) In ovo sexing of eggs from brown breeds with a gender-specific color using visible-near-infrared spectroscopy: effect of incubation day and measurement configuration. *Poult Sci* 101, 101782.
53. Galli, R. et al. (2018) Sexing of chicken eggs by fluorescence and Raman spectroscopy through the shell membrane. *PLoS One* 13, e0192554.
54. Galli, R. et al. (2016) In Ovo Sexing of Domestic Chicken Eggs by Raman Spectroscopy. *Anal Chem* 88, 8657–8663.
55. Galli, R. et al. (2017) In ovo sexing of chicken eggs by fluorescence spectroscopy. *Anal Bioanal Chem* 409, 1185–1194.
56. Preuß, G. et al. (2023) Highly sensitive and quick in ovo sexing of domestic chicken eggs by two-wavelength fluorescence spectroscopy. *Anal Bioanal Chem* 415, 603–613.

57. Davenel, A., Eliat, P. A., Quéllec, S. & Nys, Y. (2015) Attempts for early gender determination of chick embryos in ovo using magnetic resonance imaging. in *XVIII European Symposium on the Quality of Poultry Meat and XII European Symposium on the Quality of Eggs Egg Production* 2–5.
58. Weissmann, A., Reitemeier, S., Hahn, A., Gottschalk, J. & Einspanier, A. (2013) Sexing domestic chicken before hatch: A new method for in ovo gender identification. *Theriogenology* 80, 199–205.
59. Clinton, M. *et al.* (2016) Real-Time Sexing of Chicken Embryos and Compatibility with in ovo Protocols. *Sexual Development* 10, 210–216.
60. Doran, T. J. *et al.* (2017) Sex selection in layer chickens. *Anim Prod Sci* 58, 476–480.
61. Gene-edited hens may end cull of billions of chicks - BBC News. <https://www.bbc.com/news/science-environment-63937438>.
62. Imholt, D. (2010) Morphometrische Studien an Eiern von Hybrid- und Rassehühnern mit Versuchen zur Detektion einer Beziehung zwischen der Form von Eiern und dem Geschlecht der darin befindlichen Küken: Eine oologische und mathematische Studie. Doctoral dissertation, Universitätsbibliothek Giessen
63. Yilmaz-Dikmen, B. & Dikmen, S. (2013) A morphometric method of sexing white layer eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science* 15, 203–210.
64. SOOS – Egg Sex Determination. <https://www.soos.org.il>.
65. The Guardian (2021) Is it possible to change a chicken's sex before it hatches?. <https://www.theguardian.com/food/2021/jan/31/good-vibrations-sound-waves-eggs-ethical-slaughter-male-chicks>.
66. Ioannidis, J. *et al.* (2021) Primary sex determination in birds depends on DMRT1 dosage, but gonadal sex does not determine adult secondary sex characteristics. *Proc Natl Acad Sci U S A* 118, e2020909118.