



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI

# UTILIZZO DEL BBQ NELL’AFFUMICATURA

USING BBQ IN SMOKING  
TIPO TESI: Compilativa

Studente:  
VERONICA MARANCA

Relatore:  
PROF. DANIELE DUCA

Correlatore:  
DOTT. ALESSIO ILARI

ANNO ACCADEMICO 2024-2025

Alla mia famiglia, ai miei genitori, mia sorella e mio fratello.

# SOMMARIO

## Sommario

ELENCO DELLE TABELLE .....	5
ELENCO DELLE FIGURE .....	6
CAPITOLO 1 INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI .....	7
CAPITOLO 2 CARATTERISTICHE DEL BARBECUE .....	9
2.1 Tecniche di cottura .....	11
2.2 Categorie di barbecue .....	12
2.2.1 Offset verticale .....	12
2.2.2 Offset orizzontali .....	15
2.2.3 Differenze tra offset a flusso normale e a flusso inverso .....	19
2.2.4 Smoker orizzontali tipo non offset .....	19
CAPITOLO 3 CARATTERISTICHE DEI COMBUSTIBILI PER BARBECUE .....	21
3.1 Legna per barbecue .....	22
3.1.1 Il potere calorifico .....	23
3.1.2 Determinazione analitica del potere calorifico .....	24
3.1.3 Combustione di legna .....	27
3.2 Pellet per barbecue .....	28
CAPITOLO 4 AFFUMICATURA .....	30
4.1 Tipi di affumicatura .....	31
4.1.1 Affumicatura a freddo .....	31
4.1.2 L'affumicatura a caldo .....	31
4.1.3 Altri tipi di affumicatura .....	31
4.2 Fumo liquido .....	32
4.3 Fumo di legno e i suoi composti .....	33
4.3.1 Idrossi-composti .....	33
4.3.2 Composti carbonilici .....	35
4.3.3 Acidi organici .....	36

4.3.4	Terpeni .....	36
4.3.5	Idrocarburi aromatici policiclici.....	36
4.4	Rischi per la salute.....	37
4.5	Vantaggi dell'affumicatura .....	38
CONCLUSIONI .....		39
BIBLIOGRAFIA .....		41

## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1 - Variazione del PCI in funzione del suo contenuto idrico (w%) .....	24
Tabella 2 - Potere calorifico e peso specifico di alcune specie legnose.....	26
Tabella 3 - Confronto tra le affumicature a caldo e a freddo .....	31

## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1 - Previsioni di crescita del mercato dei barbecue .....	7
Figura 2 - Barbecue da tavola in stile giapponese.....	9
Figura 3 - Sistema Kamado.....	10
Figura 4 - Modello di barbecue da esterni .....	11
Figura 5 - Barbecue con affumicatore verticale .....	12
Figura 6 - Offset verticale alimentato a carbone .....	13
Figura 7 - Affumicatore elettrico ad acqua .....	14
Figura 8 - Offset orizzontale con camino.....	15
Figura 9 - Tipiche forme della camera di cottura per affumicatori offset.....	16
Figura 10 - Posizionamento del camino: in alto, al centro e in basso .....	16
Figura 11 - Offset orizzontale a flusso standard .....	17
Figura 12 - Offset orizzontale a flusso inverso .....	17
Figura 13 - Offset a flusso standard e a flusso inverso a confronto .....	18
Figura 14 - Funzionamento di un barbecue a pellet.....	19
Figura 15 - Segmentazione del mercato dei barbecue per tipo di carburante .....	21
Figura 16 - Produzione delle bricchette di carbone.....	22
Figura 17 - Potere calorifico del legno in funzione del contenuto idrico.....	25
Figura 18 - Affumicatore con cloche .....	32
Figura 19 - Anello benzoico e cinque anelli benzonici condensati del benzo(a)pirene .....	37

# Capitolo 1

## INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Secondo i dati di Maximize Market Research [1] il mercato globale delle griglie per barbecue vale 4,59 miliardi di USD nel 2022 e si stima che crescerà a un tasso di crescita del 5,6% all'anno tra il 2023 e il 2029, per una dimensione complessiva del mercato pari a circa 7,12 miliardi di USD prevista per il 2029.

A livello regionale, il Nord America, in particolare gli Stati Uniti, detiene la quota di mercato più importante grazie alla forte cultura del barbecue e allo stile di vita all'aria aperta. L'Europa ha un mercato diversificato, con paesi come Germania, Regno Unito e Francia che sono di spicco. L'Asia-Pacifico sta vivendo una rapida crescita, alimentata dalla crescente popolarità della cucina all'aperto e dall'urbanizzazione. Le regioni dell'America Latina e del Medio Oriente e Africa sono considerate mercati emergenti, con un crescente interesse dei consumatori per le grigliate all'aperto e le attività ricreative.

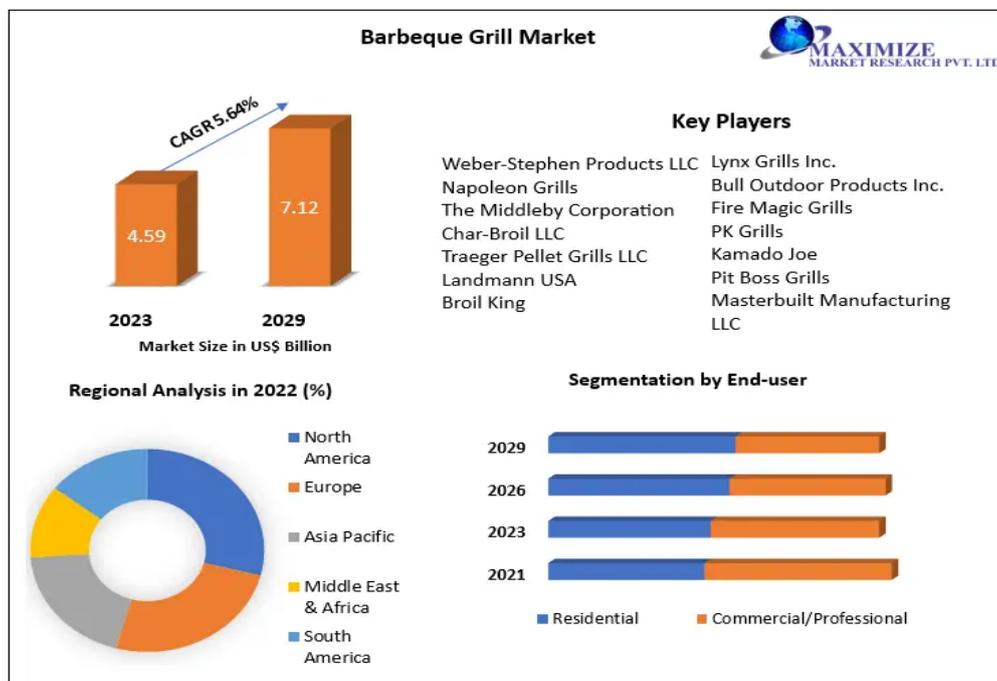


Figura 1 - Previsioni di crescita del mercato dei barbecue

Il segmento della clientela retail, ovvero la quota di dispositivi per uso residenziale, guidata dai consumatori che cercano esperienze di intrattenimento all'aperto a casa, deterrà entro il 2029 la quota di mercato maggiore rispetto al segmento della clientela commerciale e professionale quali ristoranti, hotel, servizi di catering e sedi per eventi all'aperto.

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è fornire informazioni sui diversi dispositivi di barbecue, le loro diverse tipologie e i loro processi di funzionamento e come utilizzarli nell'ambito delle varie tecniche di affumicatura.

## Capitolo 2

### CARATTERISTICHE DEL BARBECUE

Il barbecue, anche noto con la sua sigla BBQ, è un metodo di cottura su una griglia, con fuoco vivo e fumo per cuocere gli alimenti. È usato per cuocere varie tipologie di carni e altri cibi come pesce e verdure. Con il termine barbecue si intende però anche il nome del dispositivo utilizzato per cucinare, e ne esistono di una grande varietà di dimensioni e tipologie, quali:

- da abitazione, derivante dalla tradizione giapponese: si utilizzano direttamente in tavola e sono quindi di piccole dimensioni. Come si vede dall'esempio in Figura 2, sono costituiti da una griglia superiore per le vivande, da un braciere di ghisa e da un portabracci sul fondo. I fori con chiusura regolabile condizionano la combustione attraverso l'afflusso dell'aria.



*Figura 2 - Barbecue da tavola in stile giapponese*

Per questa versione, che assomiglia più ad una cottura alla griglia, esiste un sistema professionale e moderno chiamato Kamado (rappresentato in Figura 3) nel quale la tradizionale griglia è chiusa e quindi risulta possibile sia la cottura rapida che la finitura e l'affumicatura a caldo.



*Figura 3 - Sistema Kamado*

- da giardino o terrazzo: sono in genere fissi, di maggiori dimensioni e con gambe di sostegno. La graticola può essere orizzontale o rotante a 90° su di un perno, in modo da poter mettere il portabracci in posizione verticale e permettere la cottura allo spiedo per irraggiamento. Esistono modelli dotati di tettoia, camini, paravento, ruote, piani d'appoggio integrati e taglieri; i materiali di cui sono fatti sono acciaio inossidabile, lamiera verniciata, ferro battuto o alluminio. Ci sono anche modelli da esterno pieghevoli e scomponibili, ripiegabili in una valigetta, oppure dei modelli a palla fatti da due semisfere apribili per consentire una cottura indiretta o di riverbero. Un esempio di modello di barbecue da esterno è riportato in Figura 4.



*Figura 4 - Modello di barbecue da esterni*

## 2.1 Tecniche di cottura

Le tecniche di cottura tipiche del barbecue sono:

- **per irraggiamento**, o indiretta, dove la cottura è effettuata principalmente dalla radiazione infrarossa (calore) emessa dal combustibile, e più indirettamente attraverso il fumo e l'aria calda; con questa tecnica il carbone viene disposto ai lati, o comunque a una certa distanza dalla grata. Molti considerano questo metodo una tecnica specifica dell'affumicatura, mentre negli stati del Sud e nel Midwest degli Stati Uniti questo viene considerato il *barbecue* vero e proprio. La cottura con questa tecnica risulta essere molto lenta, anche fino a 12 ore; a seconda della temperatura utilizzata questa è detta "*Low & Slow*" (100-120 °C), oppure *indiretta* (120-160 °C).
- **per contatto**, o diretta, dove si utilizzano delle piastre di vario tipo (ad esempio, le tipiche lose in pietra) o griglie arroventate (*grilling*) riscaldate elettricamente o da carbone/legna. Il cibo da cuocere viene disteso sopra tali elementi. La tecnica risulta essere veloce in quanto utilizza delle temperature di cottura elevate (superiori a 160 °C).

## 2.2 Categorie di barbecue

In base alla disposizione dell'affumicatore possiamo distinguere due grandi categorie di barbecue: con *affumicatore verticale* o con *affumicatore orizzontale*. Questi prendono genericamente il nome di *offset*, in quanto il fuoco è spostato, solitamente lateralmente, in modo da ottenere calore indiretto. Generalmente questi barbecue sono grandi e robusti composti da una o più camere distinte e collegate tra loro.

### 2.2.1 Offset verticale

Gli affumicatori verticali, come il modello di Figura 5, sono dotati di una camera verticale in cui la fonte di calore è posizionata in basso, divisi tra una “ciotola” che impedirà che il calore arrivi in modo diretto al cibo da affumicare, con più griglie per affumicare il cibo posizionate sopra di essa. Gli affumicatori verticali si distinguono per:

- **Circolazione efficiente del calore:** gli affumicatori verticali eccellono nella circolazione del calore, grazie al loro design. Il calore sale dal basso, avvolgendo uniformemente il cibo su ogni ripiano. Ciò garantisce temperature di cottura costanti durante tutto il processo di affumicatura;
- **Design salvaspazio:** gli affumicatori verticali hanno un ingombro compatto, il che li rende ideali per spazi esterni più piccoli o cortili in giardino. Nonostante le dimensioni



*Figura 5 – Barbecue con affumicatore verticale*

ridotte, possono comunque contenere una quantità significativa di cibo, il che li rende perfetti per l'uso domestico;

- **Facilità d'uso:** gli affumicatori verticali sono adatti ai principianti e semplici da usare, in genere richiedono regolazioni minime una volta impostata la temperatura.

Un affumicatore verticale a carbone, come quello illustrato in Figura 6, è composto da:

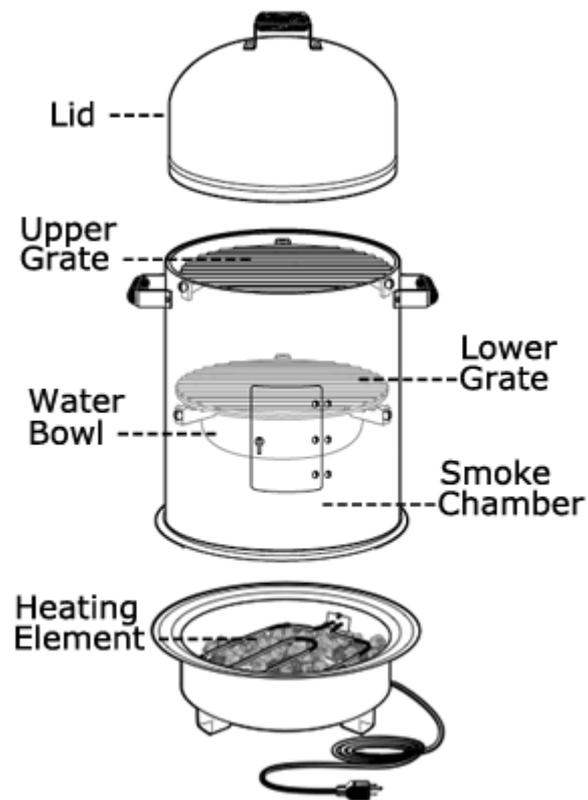
- un cesto per carbone, chiamato *charcoal basket*, in grado di contenere una buona quantità di carbone e garantire le lunghe cotture.
- un deflettore (la “ciotola”), che serve a schermare il calore diretto e quindi permettere l'affumicatura e cottura indiretta; può essere riempito di acqua o sale grosso in base alle esigenze che, oltre a creare umidità fungono da volano termico per stabilizzare con più facilità la temperatura;
- una o due griglie di cottura per affumicare comodamente anche grosse di quantità di cibo contemporaneamente su più livelli.

Questi componenti sono racchiusi in una lamiera con aperture regolabili inferiori (*vent in*) per regolare l'entrata di ossigeno e un'apertura superiore (*vent out*) per regolare l'uscita del fumo. La regolazione della temperatura invece avviene regolando entrata e uscita in modo sinergico [2].



**Figura 6 - Offset verticale alimentato a carbone**

Infine, gli affumicatori verticali elettrici, noti anche come affumicatori elettrici ad acqua, sono semplici e diretti: come si vede dallo schema di Figura 7, l'elemento elettrico si trova nella base dell'affumicatore, solitamente su un letto di roccia lavica. La sezione centrale, che comprende la maggior parte della camera di fumo, è appoggiata sulla base, mentre il coperchio si adatta alla parte superiore della sezione centrale. La temperatura della camera di affumicatura è compresa tra 100 e 115 °C [3], ma può essere influenzata negativamente dal vento e dalla temperatura esterna.

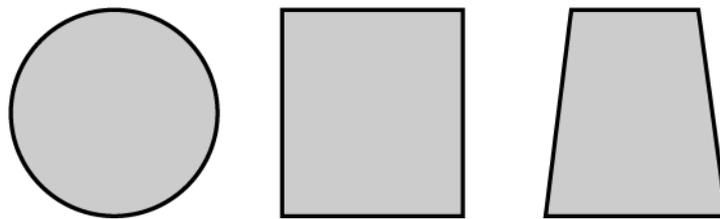


*Figura 7 - Affumicatore elettrico ad acqua*



acceso il carbone o legna all'interno in modo da far scaldare tutto l'affumicatore, si regolano le prese d'aria in entrata e l'apertura del camino per l'uscita del fumo. La combinazione tra la quantità di aria in entrata e la velocità di uscita regolerà la temperatura dello smoker per cuocere lentamente e affumicare [2].

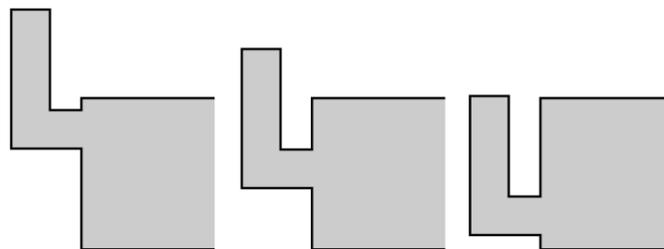
Il fumo e l'aria calda fluiscono nella *cooking chamber*, dove le correnti di convezione naturali fanno circolare il fumo e il calore, così da dare sapore, colore e cuocere il cibo all'interno, inoltre sono presenti diverse griglie a diversi livelli. In Figura 9 sono riportate le forme più tipiche di queste camere di cottura. La temperatura può essere controllata o regolata con uno sportello per la regolazione dell'ingresso dell'aria, un coperchio della camera di combustione, uno sportello di regolazione del camino e un termometro bimetallico controlla sempre la temperatura della griglia.



**Figura 9 - Tipiche forme della camera di cottura per affumicatori offset**

Il calore e il fumo vengono naturalmente trascinati attraverso la camera di cottura verso il camino che si trova all'estremità opposta al focolare. Ciò consente al calore e al fumo di muoversi attraverso l'intera camera di cottura prima di uscire.

La maggior parte dei camini di fumo si trovano in cima a un'estremità della camera di cottura, oppure sono centrati verticalmente, come illustrato negli schemi di Figura 10. Il posizionamento del camino del fumo è importante perché in un affumicatore offset c'è molta aria calda che si muove ad un ritmo costante: salendo si sposterà nella parte alta della camera di cottura.

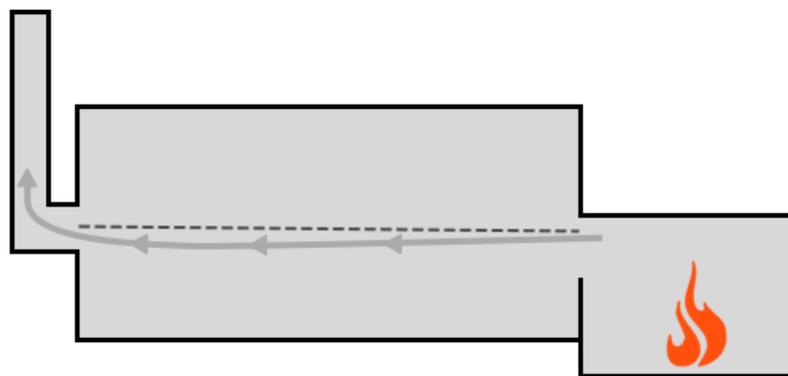


**Figura 10 - Posizionamento del camino: in alto, al centro e in basso**

Posizionando il camino del fumo più in basso sulla camera di cottura, il flusso di aria calda verrà temporaneamente ridotto (quando forzato verso il basso), facendo sì che parte dell'aria calda trasferisca il suo calore nella camera di cottura e quindi riduca leggermente le differenze di temperatura.

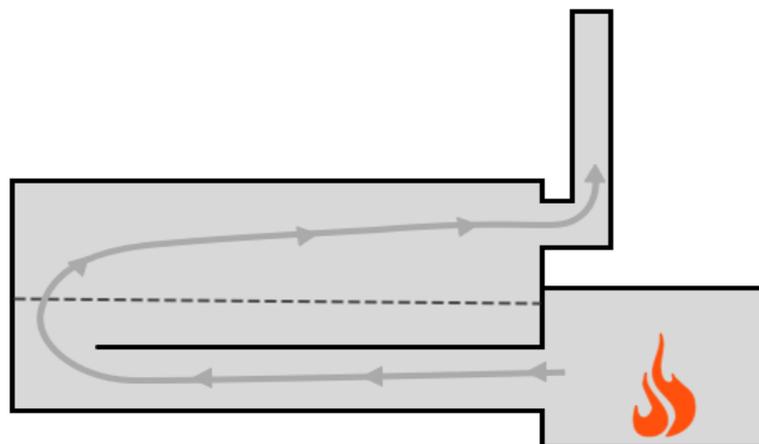
Gli offset orizzontali si suddividono inoltre in offset a *flusso standard* e a *flusso inverso*:

- nell'offset a *flusso standard* il fuoco è nel focolare sulla destra, l'aria calda e il fumo attraversano la *cooking chamber*, e fuoriescono attraverso il camino, come schematizzato in Figura 11;



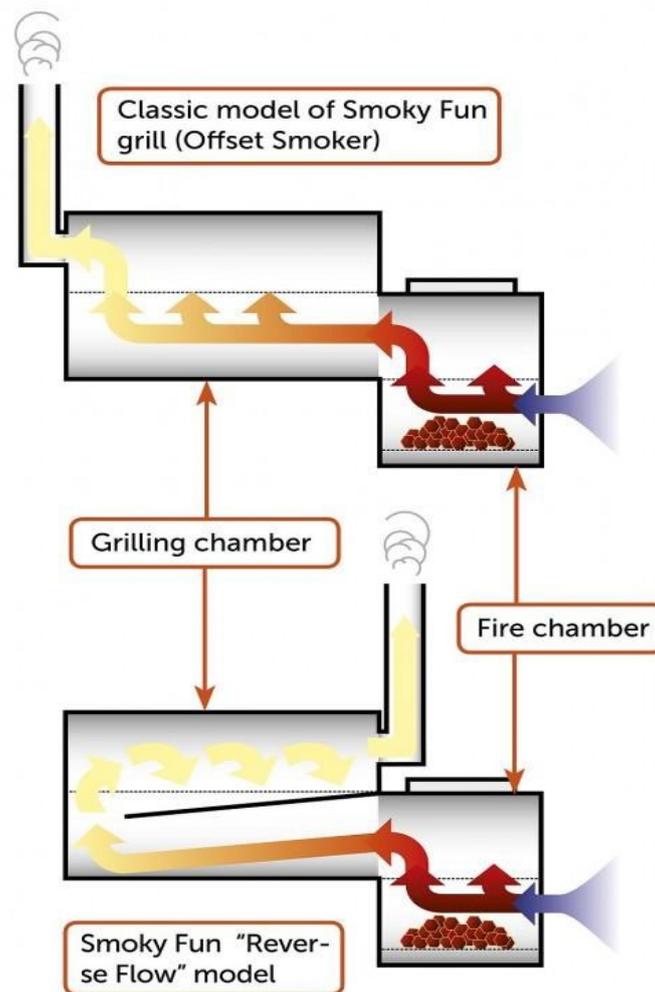
**Figura 11 - Offset orizzontale a flusso standard**

- gli offset a *flusso inverso* sono dotati di una piastra metallica, chiamata deflettore, all'interno della camera di cottura, che spinge l'aria calda e il fumo attraverso la parte



**Figura 12 - Offset orizzontale a flusso inverso**

inferiore della camera di cottura e poi di nuovo all'indietro nella parte superiore, invertendo il flusso dell'aria per farla uscire attraverso il camino situato sul lato della camera di combustione, come illustrato in Figura 12. La piastra deflettrice è un solido pezzo di metallo posizionato sopra il focolare che si estende attraverso la camera di cottura. Questa impedisce al calore diretto di cuocere troppo la carne più vicina al focolare, fungendo anche da dissipatore di calore. In generale gli offset a flusso inverso sono progettati per garantire una distribuzione uniforme del calore e del fumo in tutta la camera di cottura.



*Figura 13 - Offset a flusso standard e a flusso inverso a confronto*

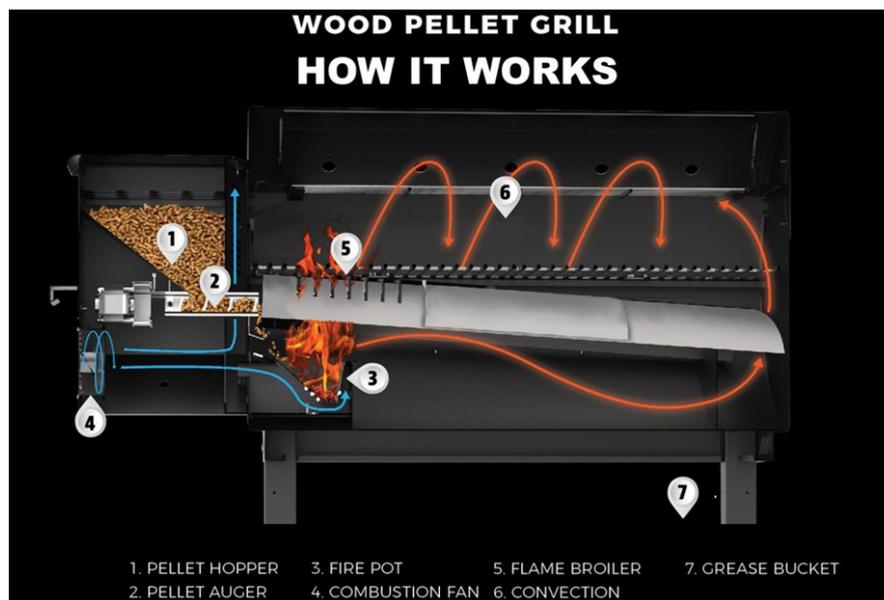
### 2.2.3 Differenze tra offset a flusso normale e a flusso inverso

Le principali differenze tra un affumicatore a flusso standard e uno a flusso inverso si riducono al tempo di riscaldamento, al tempo di combustione e al sapore di fumo [4] [5]:

- **Tempo di riscaldamento:** un offset a flusso inverso impiegherà più tempo per riscaldarsi rispetto ad un offset a flusso standard, dovuto alla necessità del calore di circolare sotto il deflettore e risalire nella camera di cottura;
- **Tempo di combustione:** una volta che gli affumicatori sono alla stessa temperatura, un affumicatore a flusso inverso consentirà di chiudere le prese d'aria un po' di più rispetto ad un affumicatore a flusso standard, in modo da bruciare il carbone più lentamente e di conseguenza usare meno combustibile per mantenere la temperatura costante.
- **Sapore di fumo:** l'offset a flusso inverso ottiene anche il massimo sapore dal fumo. Ciò accade perché il fumo si muove più lentamente e trascorre più tempo nella camera di cottura, dove esalta il sapore della carne.

### 2.2.4 Smoker orizzontali tipo non offset

All'interno del variegato panorama dei barbecue esiste una terza categoria di *smoker*, che presenta caratteristiche ibride tra gli affumicatori verticali e quelli orizzontali con offset: si tratta degli



*Figura 14 - Funzionamento di un barbecue a pellet*

*smoker* alimentati a pellet. Come mostrato in Figura 14, questi presentano esteriormente le caratteristiche di un BBQ orizzontale con offset, ma in questo caso l'offset non è la camera di combustione bensì la tramoggia e il sistema di alimentazione del combustibile che si protende fino al centro della camera di cottura, dove è presente il vero e proprio braciere. La camera di affumicatura/cottura è invece del tutto analoga ad un sistema orizzontale a flusso inverso nel quale però il deflettore è utilizzato per smorzare il calore diretto della fiamma e deviare il fumo sui margini della camera per avere un contatto indiretto con il cibo.

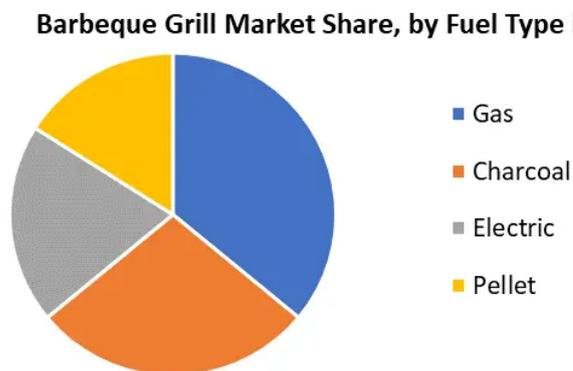
## Capitolo 3

### CARATTERISTICHE DEI COMBUSTIBILI PER BARBECUE

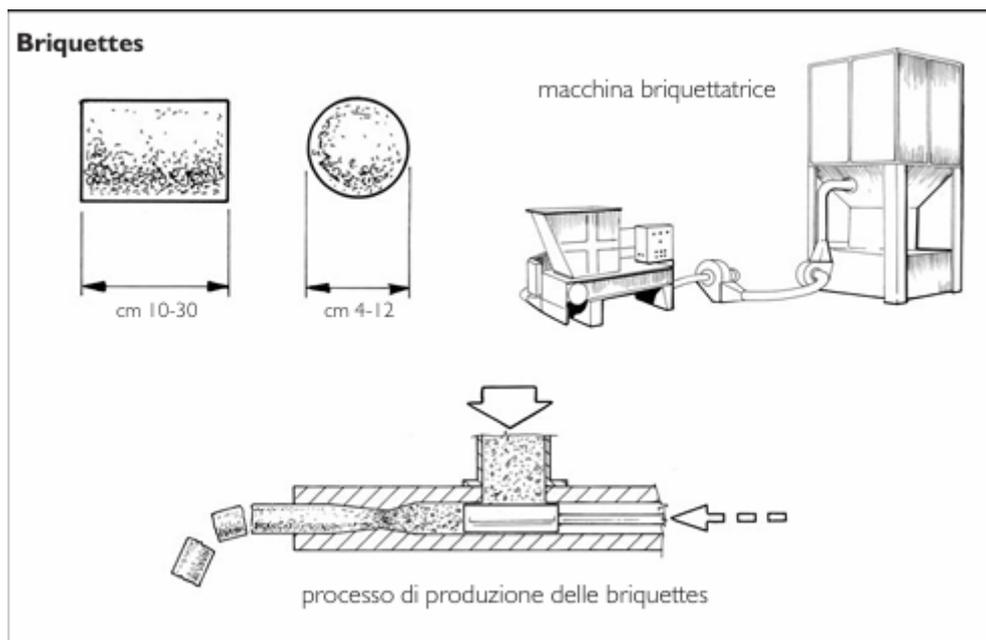
Le tipologie di barbecue si dividono anche in base all'alimentazione: gas, carbone, elettrico e pellet sono i segmenti principali nel mercato delle griglie per barbecue in base al tipo di carburante. Le rispettive quote di mercato a livello mondiale sono riportate in Figura 15, secondo i dati di Maximize Market Research [1].

Le griglie a gas detengono una quota di mercato significativa grazie alla loro praticità, accensione rapida e controllo preciso della temperatura. Si utilizzano propano, butano o gas naturale come fonte di combustibile; la fiamma prodotta cuoce in modo diretto il cibo oppure riscalda gli elementi della griglia, che a loro volta irradiano il calore necessario alla cottura del cibo. Una piccola "scatola affumicatrice" di metallo contenente trucioli di legno può essere utilizzata su una griglia a gas per conferire un sapore affumicato ai cibi grigliati.

Le griglie alimentate a carbone o carbonella sono preferite dagli appassionati per il loro sapore affumicato e la tradizionale esperienza di grigliatura. Le griglie a carbone utilizzano bricchette di carbone o carbone naturale in pezzi come fonte di combustibile, che bruciando irradia il calore necessario per cucinare gli alimenti. La Figura 16 illustra il processo produttivo delle bricchette di carbone per barbecue [6].



*Figura 15 - Segmentazione del mercato dei barbecue per tipo di carburante*



**Figura 16 - Produzione delle bricchette di carbone**

Esistono inoltre diverse tipologie di griglia alimentate a carbone: queste possono essere quadrate, rotonde o rettangolari, e possedere o meno un coperchio o uno sfiato per regolarizzare il calore.

Le griglie elettriche offrono facilità d'uso e versatilità interna/esterna, si riscaldano tramite un elemento riscaldante elettrico (resistenza), quindi senza l'ausilio di bricchette e carbone, mentre le griglie a pellet, sebbene sviluppate negli Stati Uniti già dagli anni '80, sono la tipologia più "innovativa" almeno in Europa. Grazie al loro funzionamento conferiscono il sapore del forno a legna e hanno il controllo automatizzato della temperatura, con una cottura a fiamma diretta o per irraggiamento e convezione dei fumi caldi. Inoltre, controllando la temperatura, è possibile utilizzarle come dei veri e propri affumicatori a caldo.

### **3.1 Legna per barbecue.**

Molto diffuso è anche l'uso, del barbecue alimentato a legna o chunk di legno, che conferisce un sapore più aromatizzato alla carne, rispetto alla carbonella o al carbone.

Il legno, ovvero il tessuto vegetale che costituisce il fusto delle piante, è composto principalmente da cellulosa, lignina (polimero organico) e emicellulosa. A seconda dell'uso a cui è destinato il legno viene chiamato:

- **legna** se usato come combustibile;
- **legname** se usato come materiale da costruzione.

Il legno è usato anche in ambito alimentare per ottenere il fuoco, e di conseguenza “le braci”, che il barbecue utilizza per cucinare i cibi. Non tutti barbecue possono usare la legna come alimentazione: questa sviluppa infatti temperature molto elevate e difficili da gestire, oltre a rilasciare aroma affumicato per tutta la cottura. Elementi fondamentali che contraddistinguono i diversi combustibili sono:

- Il **potere calorifico**: definisce indirettamente la temperatura massima a cui è possibile cuocere in quanto esprime il contenuto di energia per unità di massa del combustibile.
- I rapporti atomici **H/C** e **O/C**: parametri descritti dal diagramma di Van Krevelen, il quale evidenzia la “stabilità in combustione” e la concentrazione energetica di un combustibile solido.

### 3.1.1 Il potere calorifico

Il potere calorifico di una sostanza combustibile esprime la quantità di energia che può essere ricavata dalla combustione di un'unità di massa dello stesso combustibile in diverse condizioni. Considerando che i barbecue e le griglie vengono alimentate da biocombustibili solidi legnosi (o derivati di questi) si può considerare che una certa quantità di acqua (umidità) e ceneri (residuo inorganico) siano sempre presenti. L'umidità del legno modifica, riducendolo, il potere calorifico del legno.

Parte dell'energia liberata nel processo di combustione è infatti assorbita sia per il riscaldamento dell'acqua (calore sensibile) che per la sua evaporazione (calore latente), quindi non è disponibile per l'uso termico desiderato. Il calore sensibile dell'acqua è circa  $4\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$  in condizioni specifiche di  $25^{\circ}\text{C}$  e 1 atm. L'evaporazione “consuma” 2,44 MJ ogni kg di acqua (0,68 kWh) [6] e considerando la rilevanza dell'acqua (contenuta nei biocombustibili sia come acqua libera che acqua legata) si distinguono, a livello energetico:

- **Potere calorifico superiore (PCS)**: parametro misurato che esprime la massima energia liberata dalla completa combustione di una sostanza in condizioni di eccesso di ossigeno; viene espresso come J (o cal o Wh) per kg di sostanza secca;
- **Potere calorifico inferiore (PCI)**: parametro calcolato a partire dal PCS e da analisi elementari CHNO, ed esprime il quantitativo di energia effettivamente disponibile dal combustibile, essendo al netto del calore latente di condensazione che viene rilasciato

dall'acqua di combustione (acqua legata) il quale sarebbe normalmente perso a camino. Questo parametro viene espresso su massa di sostanza secca;

- **Potere calorifico netto (PCN):** rappresenta l'energia effettivamente disponibile da una unità di massa di combustibile umido. In questo caso viene sottratto dal PCI il calore latente di evaporazione, ovvero l'energia necessaria per evaporare l'umidità presente. Il parametro è espresso su sostanza tal quale e rappresenta la misura più attendibile nel caso di biocombustibili solidi come legno, pellet, carbone, e simili.

Se riferito all'unità di peso, il potere calorifico del legno nelle diverse specie, a parità di contenuto idrico, varia molto poco. Tuttavia, risulta che il legno di latifoglie ha un potere calorifico allo stato anidro leggermente inferiore a quello delle conifere: Giordano [7] [8], per il legno anidro, riporta 18,1 MJ/kg e 17,6 MJ/kg, rispettivamente per le conifere e le latifoglie. Jonas [9] e Hartmann [10] indicano, per il legno anidro, un solo valore valido sia per le conifere che per le latifoglie pari a, rispettivamente, 19 MJ/kg e 18,5 MJ/kg. Le lievi differenze di potere calorifico medio riscontrabili tra le varie specie sono da imputarsi alla composizione del legno: la lignina ha un potere calorifico circa 1,5 volte superiore alla cellulosa [6]. Ancora superiore è quello delle resine, lipidi, cere e gomme.

### 3.1.2 Determinazione analitica del potere calorifico

La formula per il calcolo del PCI di un legno generico ad un certo contenuto idrico (w%) è riportata in Hartmann [10] e rappresentata in Figura 17. L'aumento del contenuto idrico (w) dell'1% comporta una diminuzione del potere calorifico di circa 0,21 MJ/kg = 0.0583 kWh/kg.

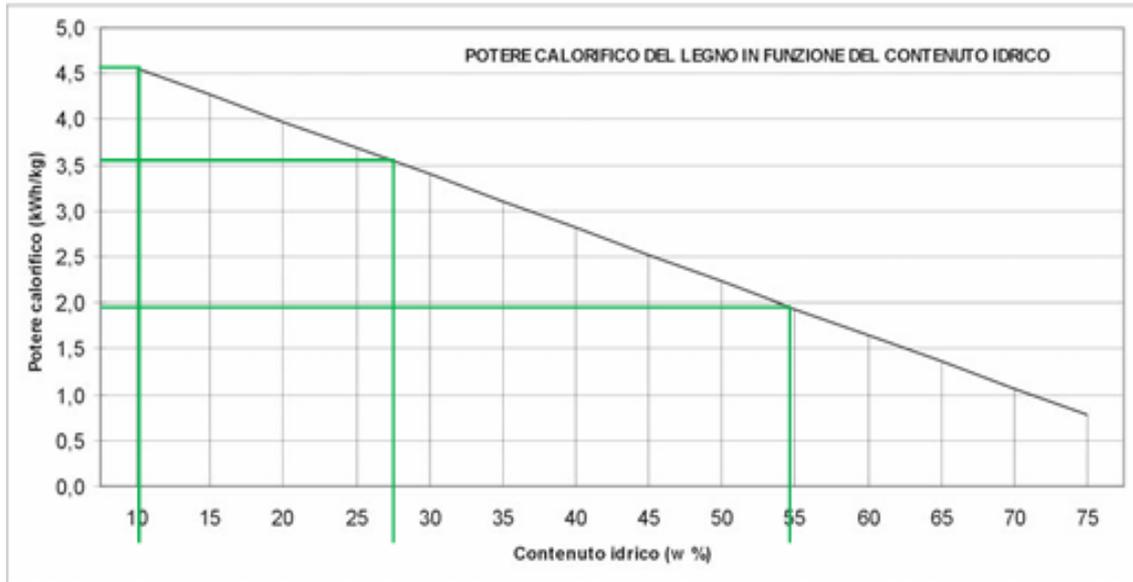
w%	0	10,7	15,3	20	25,9	33,3	42,9	50	60
PCI (MJ/kg)	18,5	16,3	15,3	14,3	13,7	11,5	9,53	8,03	5,94
PCI (kWh/Kg)	5,14	4,53	4,25	3,98	3,81	3,2	2,65	2,23	1,65

**Tabella 1 - Variazione del PCI in funzione del suo contenuto idrico (w%)**

Dai valori di riferimento riportati nella Tabella 1, ricavati dal grafico di Figura 17, si può rilevare che il calo del contenuto idrico dal 50% (facilmente riscontrabile nei legni leggeri allo stato fresco) al 20% (valore medio per la legna ben stagionata in legnaia) fa aumentare il potere calorifico del 78%. Il potere calorifico del legno, infatti, dipende a seconda della specie (composta da lignina, cellulosa resine, oli ecc.) e dal tenore idrico, cioè quanta acqua è presente all'interno

del legno. La Tabella 2 riporta i valori di potere calorifico e peso specifico di alcuni tipi di legno [6].

$$PCI_w = \frac{18,5*(100-w) - 2,44*w}{100} * 0,278 [kWh/kg]$$



**Figura 17 - Potere calorifico del legno in funzione del contenuto idrico**

Il legno adatto all'uso alimentare e usato per il barbecue non deve aver subito trattamenti con sostanze chimiche, (legno vergine), perché con la combustione queste sostanze verranno rilasciate, o modificate in sostanze ancora più nocive. Anche la presenza di corteccia, resine, muffe o funghi possono determinare diverse problematiche. La lignina è uno dei componenti principali della legna e determina le qualità di durezza, elasticità e resistenza. Si definisce legno duro un legno con presenza di lignina elevata e legno leggero un legno con meno lignina. Durante la combustione le molecole di lignina si scindono dando vita ai fenoli, sostanze volatili e fortemente aromatiche con funzioni antiossidanti che prevengono l'irrancidimento degli alimenti. Quindi il legno proveniente da conifere, essendo comunque ricco in lignina e tendenzialmente più energetico, sarebbe una buona soluzione se non fosse per la presenza di resine che in combustione generano composti volatili con sapori amari e quindi non opportuni nell'affumicatura. Per questo motivo nell'affumicatura si utilizzano solo legni di latifoglie (o al massimo il legno di ginepro)

che vengono classificati per la loro durezza in quanto questa conferisce poi caratteristiche peculiari al fumo.

<b>Specie legnosa</b>	<b>PCI assoluto teorico (kcal/kg)*</b>	<b>Peso specifico (kg/m<sup>2</sup>), mat. stagionato all'aria, umidità residua: 12-19%</b>
<b>Abete Bianco</b>	4,650	440
<b>Abete Rosso</b>	4,857	450
<b>Acero Napoletano</b>	4,607	740
<b>Betulla</b>	4,968	650
<b>Carpino Nero</b>	4,640	820
<b>Castagno</b>	4,599	560
<b>Cerro</b>	4,648	900
<b>Cipresso</b>	5,920	620
<b>Corbezzolo</b>	-	820
<b>Douglasia</b>	5,030	530
<b>Erica</b>	-	900
<b>Faggio</b>	4,617	750
<b>Frassino</b>	5,350	720
<b>Leccio</b>	-	960
<b>Larice</b>	4,050	660
<b>Ontano</b>	4,300 – 4,440	540
<b>Ontano Napoletano</b>	4,700	530
<b>Orniello</b>	-	760
<b>Platano</b>	-	690
<b>Pioppo Nero</b>	4,130	500
<b>Pino Marittimo</b>	4,952	630
<b>Robinia</b>	4,500	790
<b>Roverella</b>	4,631	880
<i>* per ottenere il valore in KJ a partire dalle kcal si moltiplica per 4,186</i>		

**Tabella 2 - Potere calorifico e peso specifico di alcune specie legnose**

- I legni duri come ciliegio, faggio, frassino, quercia, acero, melo, noce e la betulla bruciano più lentamente fornendo un fumo più denso e di “qualità”;
- I legni leggeri come pioppo, tiglio e il salice invece bruciano molto velocemente per via della maggior presenza di ossigeno nelle fibre e producono fumi blandi e poco caratterizzanti.

Oltre alla quantità di fumo generato dalle due tipologie di legno appena descritte ogni essenza si caratterizza per un apporto positivo di caratteristiche organolettiche che spesso si associano a specifici cibi. Di seguito si riportano alcune di queste caratteristiche, specificando però che ad oggi non esiste un consenso scientifico né tantomeno un approccio sistematico alla definizione di

tali qualità, degli effetti generati sugli alimenti e delle cause originanti le caratteristiche organolettiche [11].

- **Ciliegio:** carni rosse, pesci e verdure;
- **Melo:** sviluppa un fumo leggero, profumato, dalle note dolci e poco invasive;
- **Alloro:** per ottenere affumicature speziate e vagamente floreali;
- **Acero:** fumo delicato con note dolci;
- **Quercia:** sapore dolce e intenso;
- **Pesco:** fumo leggero e tendente al dolce;
- **Acacia:** legno che genera un fumo intenso e altamente aromatico tendente al dolce;
- **Castagno:** fumo leggero e dolce con note che ricordano le nocciole;
- **Noce:** un legno che sviluppa un fumo molto denso, amarognolo e invasivo adatto alla selvaggina;
- **Limone:** un altro legno adatto alle carni grazie al suo fumo altamente fruttato e di media intensità;
- **Botte di quercia per whiskey:** legno di botte di quercia che conteneva whiskey per un sapore delicatamente fumoso con un aroma deciso. Ottimo per le carni;
- **Ulivo:** genera un sapore delicato con un aroma leggermente agre. Ottimo per le carni bianche e per il pesce;
- **Botte di quercia per vino rosso:** Legno di botte di quercia che conteneva vino rosso per un sapore delicatamente fumoso con un aroma decisamente agre. Ottimo per le carni sia rosse che bianche e per la selvaggina.

### 3.1.3 Combustione di legna

Nella combustione di legna si possono distinguere tre fasi: essiccazione, pirolisi (ovvero degrado strutturale della matrice solida con emissione di gas combustibili) e combustione vera e propria [12].

Nella fase iniziale la legna deve liberarsi dell'umidità mediante fornitura di calore e conseguente essiccazione. Per questo motivo, all'aumentare del contenuto di umidità della legna aumenta il calore necessario per far evaporare l'acqua e, quindi, diminuiscono il potere calorifico e la temperatura nella camera di combustione.

La fase di pirolisi della legna inizia ad una temperatura di circa 200 °C e continua fino a circa 500 °C coinvolgendo, in successione, i composti organici volatili (COV), le emicellulose

(polisaccaridi di composizione simile alla cellulosa che formano le matrici strutturali delle piante) e la cellulosa. Teoricamente, alla fine della pirolisi, nel focolare dovrebbe restare soltanto il residuo solido non combustibile sotto forma di cenere, ma anche le particelle di cenere più piccole vengono trasportate dai fumi incrementando le emissioni.

La fase di combustione dei gas emessi inizia intorno ai 500 °C e porta i fumi sino ai 1000 °C circa quando, idealmente, i prodotti della reazione sono completamente ossidati. In realtà è pressoché impossibile ottenere combustioni complete di legna, in quanto:

- nella camera di combustione la mescolanza tra aria e combustibile è spesso inadeguata (il più delle volte a causa di una carenza complessiva di aria comburente);
- l'apporto d'aria, soprattutto durante la combustione di legna in pezzatura grossa, non è mai uniforme; di conseguenza le temperature nel focolare sono troppo basse in punti dove c'è un forte eccesso (o difetto) d'aria, e troppo alte nei punti dove il rapporto tra aria e combustibile è prossimo al valore stechiometrico;
- i tempi di contatto tra legna e aria in camera di combustione sono spesso insufficienti;
- nelle fasi di accensione e spegnimento le combustioni sono sempre irregolari e, di conseguenza, quasi sempre incomplete.

Le combustioni incomplete della legna si traducono in aumenti delle emissioni di particelle sottili carbonizzate (“fuliggine”, o “*black carbon*” in inglese), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), monossido di carbonio e COV.

### **3.2 Pellet per barbecue.**

Il pellet è un prodotto a base di legno, stabilizzato a umidità compresa tra 10-15% e densificato in particelle cilindriche di diametro variabile (sempre inferiore a 25 mm) e lunghezza non superiore a 40 mm che possono essere utilizzate come combustibile per barbecue e affumicatori anche se originariamente sono stati prodotti per stufe destinate al riscaldamento degli ambienti o alla produzione di acqua calda sanitaria.

Il pellet per barbecue e affumicatori è una valida alternativa ai tradizionali combustibili come carbone e legna, poiché è standardizzabile sia dal punto di vista fisico-dimensionale che chimico-energetico e questo comporta una più facile automatizzazione dei dispositivi di alimentazione (tipicamente delle coclee) e un più facile mantenimento dei parametri di cottura (siano essi temperatura o produzione di fumo).

I pellet per BBQ sono realizzati principalmente da scarti di legno e segatura sempre appartenenti a legni di latifoglie. La loro composizione naturale li rende un'opzione ecologica ed efficiente per cuocere al barbecue, garantendo al contempo una distribuzione uniforme del calore e un sapore di affumicatura.

Le origini delle griglie a pellet (o smoker a pellet) risalgono alla crisi petrolifera degli anni '70 e alla richiesta di una fonte di calore economica, come le stufe a pellet. I primi bbq elettrici a pellet erano comandati da un semplice interruttore a tre posizioni. I pellet di legno viaggiavano dalla tramoggia su una coclea rotante che li alimentava in un braciere. Un ventilatore alimentava il fuoco e aiutava a distribuire il calore. Le griglie a pellet funzionano principalmente come un forno a convezione. Il calore indiretto e il fumo vengono prodotti dal braciere e soffiati attorno alla griglia a pellet per una cottura perfetta e uniforme, i pellet per affumicatura, inoltre sono realizzati con lo scopo principale di aggiungere sapore di cottura a legna agli alimenti [13] [14].

I vantaggi del pellet si possono riassumere nei seguenti punti [14]:

- **Sostenibilità:** i pellet sono prodotti da residui di legno e di biomasse, che sono materiali rinnovabili e sostenibili, riducendo l'impatto ambientale e promuovendo un approccio più ecologico;
- **Controllo della temperatura:** grazie alla loro composizione omogenea e all'assenza di umidità, i pellet bruciano in modo uniforme, garantendo una cottura ottimale;
- **Facilità d'uso:** i pellet sono facili da accendere, bruciano lentamente e richiedono poca manutenzione durante la cottura, bisogna solo impostare i parametri di cottura;
- **Varie essenze di legno:** i pellet sono disponibili in diverse essenze di legno, offrendo una vasta gamma di sapori.

## Capitolo 4

### AFFUMICATURA

L'affumicatura è un metodo di conservazione degli alimenti molto antico: si stima sia stata scoperta circa 90.000 anni fa, come naturale evoluzione del più antico metodo di essiccazione: si pensa, infatti, che i cibi appesi a essiccare nelle caverne siano stati involontariamente affumicati dal fuoco che l'uomo accendeva per riscaldarsi. Si tratta di una tecnica di conservazione diffusa globalmente: è stata ed è tuttora utilizzata a tutte le latitudini per prolungare la conservabilità di alcuni cibi. I prodotti che nel nostro paese vengono affumicati tradizionalmente sono: pesce (aringhe, salmone, tonno, sgombro), speck, pancetta, wurstel e i formaggi, tra cui ricotta, provola, scamorza.

Come la maggior parte dei processi di conservazione, l'affumicatura permette di abbattere la carica batterica degli alimenti. Questo avviene prevalentemente tramite l'azione chimica del fumo, che ha proprietà antimicrobiche. Per allungare la durata del prodotto, spesso l'affumicazione viene accompagnata da un processo di riscaldamento che, agendo in modo simile alla pastorizzazione, contribuisce a limitare il numero e la vitalità dei batteri. Se all'affumicatura si accompagna la salatura viene ulteriormente favorita la disidratazione del prodotto e di conseguenza la sua conservabilità [15].

L'affumicatura comporta due grossi limiti:

- è applicabile a una gamma molto limitata di prodotti.
- cambia irrimediabilmente il sapore degli alimenti.

Quando vengono affumicati gli alimenti assumono un aroma e un gusto particolare, che varia a seconda del legno utilizzato per produrre il fumo. Spesso insieme al legno si bruciano anche vari tipi di erbe aromatiche, così che la combustione delle diverse essenze dia note di sapore.

## 4.1 Tipi di affumicatura

La tecnica tradizionale prevede l'utilizzo di affumicatori, sottoponendo il prodotto a periodi più o meno lunghi di esposizione al fumo, prodotto in appositi bruciatori a partire da miscele di trucioli di legna e spezie, con diverse modalità trattate di seguito.

### 4.1.1 Affumicatura a freddo

Si utilizzano alimenti crudi o che hanno subito una cottura preventiva: la temperatura per l'affumicatura a freddo deve essere tra i 16 e i 40 °C con optimum tra i 20 e i 25 °C, in base alla pezzatura dell'alimento e al risultato che si vuole ottenere. È la presenza del fumo a caratterizzare il profumo affumicato del cibo sottoposto ad affumicatura a freddo. Questo procedimento allunga la conservazione dei cibi, prevenendo la formazione di muffe e portando l'alimento ad avere un calo di peso del 25%: 15% per effetto della salatura e 10% per l'affumicatura [16]. L'affumicatura può durare giorni o addirittura settimane [15].

### 4.1.2 L'affumicatura a caldo

Prevede il riscaldamento del prodotto a temperature tra i 50°C e i 90°C: di conseguenza con questo procedimento si ottiene una vera e propria cottura dell'alimento, modificando le sue proprietà organolettiche. I tempi dell'affumicatura a caldo sono generalmente più brevi di quelli dell'affumicatura a freddo [15], ma comunque dipendenti dalla pezzatura dell'alimento. Anche in questo è prevista una perdita di peso, che va dal 5% a 30% [16]. La Tabella 3 riporta le diverse caratteristiche dei tipi di affumicatura e alcuni tipi di alimenti sui quali sono solitamente utilizzate.

	<i>Affumicatura a caldo</i>	<i>Affumicatura a freddo</i>
<i>Temperatura</i>	50-90°C	20-25°C
<i>Tempo di esposizione</i>	Alcune ore	Alcuni giorni
<i>Umidità relativa</i>	40-50%	75-85%
<i>Adatta per</i>	Wurstel, prosciutto di Praga, aringhe	Speck, salmone, salame, formaggi

**Tabella 3 - Confronto tra le affumicature a caldo e a freddo**

### 4.1.3 Altri tipi di affumicatura

Oltre all'affumicatura a caldo e a freddo esistono altri tipi di affumicatura:

- **Affumicatura dell'ultimo momento:** attraverso una pipa per affumicatura (*smoke gun*), come quella mostrata in Figura 18, si versa il fumo in contenitori tipo cloche di vetro, che



*Figura 18 - Affumicatore con cloche*

andranno a racchiudere il piatto finito creando una camera che deve rimanere chiusa per alcuni secondi;

- **Affumicatura tramite doppia bacinella semisferica:** si posiziona il legno che produce fumo alla base, e questa viene coperta da un setaccio dove viene posto l'alimento da affumicare;
- **Affumicatura tramite forno trivalente:** è uno strumento che sfrutta calore, vapore e ventilazione per la cottura. In particolare, consente di produrre e gestire la percentuale di vapore in base agli alimenti da cuocere.

## 4.2 Fumo liquido

Nei paesi industrializzati l'affumicatura è considerata essenzialmente una tecnica di aromatizzazione degli alimenti, ed è abbinata a uno o più sistemi di conservazione (confezionamento sottovuoto o utilizzo di conservanti). Ciò ha portato l'industria alimentare ad utilizzare un aroma per conferire un sapore di affumicato chiamato "*fumo liquido*", che viene spesso abbinato all'utilizzo di conservanti per prolungare la conservazione del prodotto stesso.

Il fumo liquido è l'estratto liquido delle componenti aromatiche del fumo prodotto naturalmente; esso nasce negli USA alla fine degli anni '80, dove oggi è utilizzato nella produzione di circa l'80% degli alimenti affumicati [17]. I prodotti trattati possono essere immersi nel liquido, oppure è il liquido stesso che viene nebulizzato o iniettato nell'impasto.

Le diciture che vengono riportate in etichetta per i prodotti affumicati da un aromatizzatore con fumo liquido sono differenti da quelli affumicati in maniera tradizionale: per questi ultimi viene riportata la descrizione “prodotto affumicato”, mentre per i primi nell’elenco degli ingredienti compare la dicitura “aroma di fumo” oppure “aroma di affumicatura” [17].

### 4.3 Fumo di legno e i suoi composti

Viene definito fumo la nuvola di gas e vapore che si alza da ciò che brucia; nel caso del fumo di legno si intende il prodotto gassoso della combustione incompleta del legno stesso. Il fumo è composto da due fasi: una gassosa, formata per lo più da anidride carbonica e vapore acqueo, e una corpuscolata comprendente tutti gli altri elementi. Sono proprio questi elementi la parte più caratteristica del fumo, in quanto conferiscono agli alimenti aroma e colore, e inoltre possono essere dotati di potere antisettico o cancerogeno.

I principali, aventi un’azione determinante nell’affumicatura, si possono raccogliere nei seguenti gruppi:

- **Idrossi-composti:** alcoli (alifatici) e fenoli (aromatici)
- **Composti carbonilici:** aldeidi e chetoni
- **Acidi organici**
- **Terpeni**
- **Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)**

#### 4.3.1 Idrossi-composti

Sono composti organici contenenti un gruppo ossidrilico –OH. Vengono denominati *alcoli* (oppure *alcooli*) i derivati alifatici, e *fenoli* i derivati aromatici [18].

Gli alcoli alifatici sono dotati di un potere solvente, antisettico e disinfettante; la loro efficacia antimicrobica cresce con l’aumentare della lunghezza della catena alifatica fino ad un termine ultimo rappresentato dall’alcol amilico (C<sub>5</sub>). Gli alcoli più piccoli (metanolo, etanolo, propanolo) sono anche i più volatili. Esercitano la loro azione sulle forme vegetative batteriche, ma sono privi di capacità sporicida. Agiscono denaturando le proteine solubili e diminuendo la tensione superficiale; penetrati nei tessuti provocano la precipitazione delle proteine cellulari grazie anche al loro effetto disidratante che danneggia il protoplasma cellulare. Gli alcoli sono presenti nei vegetali dai quali vengono di fatto distillati e modificati dalle alte temperature; il metanolo può essere distillato dal legno secco, viene infatti chiamato anche alcol di legno.

L'alcol metilico o spirito di legno o carbinolo o metanolo, di formula  $\text{CH}_3\text{OH}$ , fu scoperto nel 1661 da Boyle nei prodotti di distillazione del legno. In natura si può trovare sotto forma di estere salicilato nell'essenza di fiori di arancio, oppure come etere con numerosi fenoli (eugenolo, vanillina, ecc.). L'alcool metilico veniva estratto industrialmente per distillazione secca del legno: il distillato, detto acido pirolegnoso, conteneva il 3-5% di alcool metilico. Il metanolo è un liquido, bolle a  $67^\circ\text{C}$ , è solubile in acqua ed in numerosi solventi. Per ossidazione con aria in presenza di rame o argento produce la formaldeide. Il metanolo è tossico per l'organismo umano a causa della sua trasformazione, all'interno dell'organismo, nei due metaboliti aldeide formica ed acido formico.

I fenoli, quali fenolo, guaiacolo, sfringolo, eugenolo, acetosiringone, siringaldeide e vanillina, nel prodotto affumicato hanno azione antiossidante e antimicrobica. Il fenolo (acido carbolico) è stato scoperto alla fine del 1800 come componente del catrame di carbone. È un composto cristallino, incolore e con odore tipico. Il fenolo e i suoi derivati sono molecole molto reattive, che si combinano con le proteine per mezzo di legami idrogeno reversibili che, in seguito a reazioni di ossidazione e condensazione covalente, diventano irreversibili. Agiscono, quindi, modificando le strutture proteiche e in particolar modo alterando (inibendo o attivando) i processi enzimatici. La respirazione cellulare risulta essere molto sensibile alla presenza del fenolo, che si è dimostrato in grado di stimolare, in concentrazioni di  $10^{-3}$  mol, il consumo di ossigeno in *Saccharomyces cerevisiae* [19]. Il fenolo si comporta quindi come un veleno generale del protoplasma cellulare, riuscendo a inattivare facilmente *M. tuberculosis* e perfino le spore di *B. anthracis* [19].

- L'acido benzoico e la benzaldeide sono le principali sostanze estratte dalla resina del benzoino (*Styrax tonkinensis*, *Styrax spp.*), una pianta nota fin dall'antichità per le sue proprietà conservanti. Grazie al ricco contenuto di fenoli, tali sostanze hanno un elevato potere battericida, virulicida (soprattutto nei confronti dell'*Herpes simplex*) e fungicida;
- Il guaiacolo è un distillato dalla resina del cedro, era noto già agli antichi egizi per le sue proprietà conservanti e antiossidanti, e per questo veniva spalmato come balsamo sulla pelle delle mummie per preservarle dalla putrefazione;
- L'eugenolo è un composto aromatico idrossilato, presente in elevata quantità in chiodi di garofano, cannella e mirra. È dotato di elevate capacità antisettiche e anestetiche locali, tanto che un tempo era utilizzato in odontoiatria per curare le carie. Può essere irritante per la pelle in elevate quantità. Il metil-eugenolo, contenuto nelle foglie di basilico, si è dimostrato potenzialmente cancerogeno;

- Siringolo, acetosiringone e siringaldeide sono tutti composti aromatici provenienti dalla distillazione del legno e hanno azione antiossidante e antimicrobica.

#### 4.3.2 Composti carbonilici

Il gruppo carbonilico che li contraddistingue è  $-C=O$  e comprendono aldeidi e chetoni. Hanno principalmente azione antimicrobica e formano la tipica patina scura superficiale.

La formaldeide o aldeide formica è un gas incolore (gassifica a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), marcatamente irritante, dotato di attività antibatterica e antivirale, non è corrosiva sui metalli. Si forma a  $250\text{-}300\text{ }^{\circ}\text{C}$  per ossidazione del metanolo, e ulteriore ossidazione per tempo e temperatura porta alla formazione di acido formico (metanolo  $\rightarrow$  aldeide formica  $\rightarrow$  acido formico; etanolo  $\rightarrow$  aldeide acetica  $\rightarrow$  acido acetico). È un composto molto efficace sui batteri ed è in grado di inattivare anche le spore, i funghi e *M. tuberculosis*.

Per la formaldeide si stima un contenuto di  $1\text{ g}$  per  $\text{m}^3$  di fumo, che si trasforma in un contenuto sulla superficie degli alimenti pari a  $100\text{ mg/kg}$ , in relazione alla durata del processo di affumicamento [20]. Il processo inverso, di riduzione, può avvenire in presenza di idrogeno e catalizzatori metallici.

La formaldeide tende a modificarsi creando i formiati, sostanze di formula generale  $\text{HCOOM}$ , dove  $M$  è un metallo monovalente. I formiati sono in genere facilmente solubili in acqua; quelli di ferro, di alluminio e di cromo trovano impiego come mordenti nei processi di tintura delle fibre tessili. I vapori di tali sostanze hanno particolari caratteristiche sgrassanti, poiché agiscono alterando le membrane cellulari. Sono irritanti anche per la cute e gli occhi, e in elevate quantità possono avere effetti sul sistema nervoso centrale.

La vanillina, o vaniglina (4-idrossi-3-metossibenzaldeide) costituisce il principio odoroso dei baccelli di vaniglia ed è il più importante aroma dell'industria alimentare e dolciaria [21]. Il metodo industriale più conveniente per la produzione della vanillina utilizza l'ossidazione controllata della lignina derivata dalla lavorazione del legno nella fabbricazione della carta. Altri materiali di partenza, più costosi, sono l'eugenolo e il guaiacolo. La vanillina si presenta sotto la forma di cristalli incolori dall'intenso odore di vaniglia, solubile in acqua fredda e anche in alcool, etere e cloroformio. Tale sostanza è inoltre dotata di potere antiossidante direttamente proporzionale alla concentrazione.

Il furfurale è l'aldeide dell'acido piramucico, con proprietà simili alla benzaldeide. È particolarmente elevato il suo potere sgrassante. Viene utilizzato nell'industria plastica per la produzione del nylon.

#### **4.3.3 Acidi organici**

Sono composti contenenti il gruppo carbossilico  $-COOH$ . Acido formico, acido acetico ed altri acidi complessi hanno azione antimicrobica (in quanto abbassano il pH), soprattutto l'acido formico, che si decompone per forte riscaldamento e per contatto con acidi forti (come l'acido solforico), con produzione di monossido di carbonio.

#### **4.3.4 Terpeni**

I terpeni sono lipidi costituiti da multipli dell'isoprene che, oltre a presentare le caratteristiche di idrocarburi, possiedono gruppi aldeidici e chetonici.

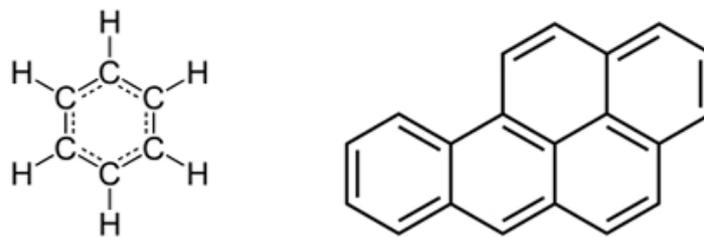
- I monoterpeni ( $C_{10}$ ) sono formati da due unità di isoprene, che ha cinque atomi di carbonio;
- gli emiterpeni, i triterpeni e i sesquiterpeni hanno strutture composte da molteplici unità di isoprene; possono essere molecole cicliche, lineari o avere caratteristiche di entrambe a seconda che le molecole di isoprene si dispongono testa a testa o testa a coda.

Nei prodotti affumicati hanno solo effetto aromatizzante e contribuiscono a formare la patina superficiale.

#### **4.3.5 Idrocarburi aromatici policiclici**

Sono molecole caratterizzate dalla presenza di anelli aromatici condensati con due o più atomi in comune, come mostrato in Figura 19. Presentano alto punto di fusione ed ebollizione e bassa solubilità in acqua. Sono molecole formate generalmente per pirolisi incompleta ad alte temperature (400-900 °C) di molecole organiche e successiva ricombinazione. Sono una classe numerosissima, anche per i numerosi isomeri presenti; nei prodotti affumicati ritroviamo tra le altre: benzopirene, benzoantracene, benzofluorantene, dibenzoantracene, indenoantracene. Sui prodotti affumicati hanno effetto aromatizzante e di formazione della pellicola superficiale. Sono

ritenuti cancerogeni, in particolare il benzopirene (BaP), il dimetilantracene (DMBA) ed il 3-metilcolantrene (MCA) [22].



*Figura 19 - Anello benzoico e cinque anelli benzonici condensati del benzo(a)pirene*

Ovviamente la combinazione e la concentrazione dei composti fin qui elencati dipende dal tipo di legno che si utilizza per la produzione del fumo. Per esempio, l'eugenolo è presente in elevata quantità nei chiodi di garofano, nella cannella e nella mirra, il guaiacolo nella resina del cedro, la vanillina nei baccelli della pianta omonima. Alcoli e aldeidi, invece, si formano in relazione alla temperatura di combustione del legno [23]. Ecco perché nella maggior parte degli affumicatori si usano miscele diverse (e spesso segrete) di legni e spezie per produrre il fumo.

#### 4.4 Rischi per la salute

In generale, i prodotti affumicati non comportano rischi per la salute, anche se bisogna ricordare che, trattandosi nella maggior parte dei casi di cibi grassi, il loro consumo va limitato. Tuttavia, un processo di affumicatura portato avanti in modo non rigoroso può produrre IPA cancerogeni. Per produrre un affumicato sicuro:

- va tenuta sotto controllo la densità del fumo. Per questo nelle moderne camere di affumicatura viene messo un filtro tra il fuoco di legna e la camera contenente i prodotti. Questo permette di fare passare solo particelle aromatiche, limitando la contaminazione;
- bisogna monitorare l'umidità del fumo, che deve rientrare nei parametri di guardia;
- la durata dell'esposizione al fumo non deve prolungarsi oltre i tempi della ricetta;
- la temperatura va attentamente monitorata, in modo da evitare che superi i livelli di guardia, favorendo i processi di combustione che portano alla formazione degli IPA. Questo parametro è particolarmente complesso da gestire, sia perché va controllata la temperatura non solo della camera di affumicatura, ma anche nel prodotto, sia perché la temperatura di riferimento varia durante il processo [15].

#### **4.5 Vantaggi dell'affumicatura**

Le sostanze contenute nel fumo (come fenoli, formaldeide e acido acetico) fanno coagulare le proteine dei prodotti affumicati e agiscono così da conservanti. L'affumicamento ha un effetto antisettico che dipende da diversi fattori, quali l'azione del calore, la mancanza di ossigeno, la disidratazione che conserva l'alimento, e la presenza di sostanze antibatteriche nel fumo (come formaldeide, aldeidi, alcoli, fenoli) [24]. Infine, la selezione di vari tipi di legno conferisce un sapore e un aroma caratteristici ai prodotti alimentari.

## CONCLUSIONI

In questa tesi si è introdotto il mondo del barbecue, esaminando le caratteristiche dei vari dispositivi di cottura disponibili sul mercato, i principi di funzionamento e le loro differenze. È stata inoltre presentata una panoramica sui vari metodi e tecniche di preparazione degli alimenti propri del barbecue, soffermandoci in particolare sulla tecnica dell'affumicatura. Quest'ultima è stata analizzata nelle sue varie declinazioni, mettendole in riferimento col relativo effetto finale sugli alimenti a livello chimico ed organolettico. Infine, è stato fatto un approfondimento sulle caratteristiche dei combustibili utilizzati nel barbecue, in particolare del legno, e di come questi caratterizzano chimicamente il processo di affumicatura e cottura degli alimenti.

Rispetto ai sistemi più moderni e sicuramente più controllabili dal punto di vista della salute umana, come ad esempio l'uso del fumo liquido, i sistemi tradizionali, soprattutto a carattere hobbistico/ricreativo, stanno acquisendo sempre maggiore interesse e diffusione. In tali contesti risulta cruciale la scelta oculata su alcuni fattori chiave come:

- **Dispositivo:** essendo i dispositivi domestici dotati di sistemi di controllo scarsi e spesso rudimentali non è possibile monitorare i processi di combustione/cottura, rendendo del tutto casuale l'effetto sul prodotto alimentare. In questo caso scegliere dispositivi automatizzati come i barbecue a pellet garantirebbe un certo controllo sui possibili effetti nocivi;
- **Combustibile:** la scelta del combustibile e delle essenze per la produzione del fumo è cruciale per ottenere un prodotto alimentare caratterizzato e distinto, tuttavia, sia essenze che forma geometrica del combustibile possono influenzare la buona riuscita del processo. Essenze appartenenti al gruppo delle conifere andrebbero totalmente escluse in virtù della presenza di resine che spesso conferiscono odori e sapori forti. Le latifoglie rappresentano una fonte di legni interessanti vista la loro variabilità compositiva. Inoltre, forme di combustibili non standardizzate o troppo grandi come chunks o tronchetti rendono il processo di produzione del fumo poco prevedibile e irregolare. Pellet e segatura invece risultano meglio controllabili e standardizzabili.

Ultimo commento degno di nota riguarda proprio la standardizzazione: rispetto ai combustibili utilizzabili nella cottura dei cibi e nell'affumicatura di fatto non esistono delle normative tecniche che ne definiscano la qualità (ad eccezione per il carbone di legna). Sarebbe quindi auspicabile che il mondo della ricerca, quello produttivo e legislativo collaborino per la definizione di standard tecnici dedicati alla produzione dei sistemi di affumicatura, alle loro caratteristiche costruttive e qualitative e dei combustibili utilizzabili.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] M. M. Research, «Barbecue Grill Market Size, Trends, Key Players, and Global Industry Analysis and Forecasting (2023-2029),» [Online]. Available: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/barbeque-grill-market/208743/>.
- [2] A. T. Griglia!, «I migliori Barbecue con affumicatore e Smoker | per cucinare la carne a fuoco lento,» [Online]. Available: <https://atuttagriglia.com/barbecue-carbone/migliori-barbecue-affumicatore-smoker/>.
- [3] Smoker-Cooking.com, "How To Use a Smoker and Solve Common Meat Smoker Problems," [Online]. Available: <https://www.smoker-cooking.com/how-to-use-a-smoker.html>.
- [4] J. Brown, «Reverse Flow smoker vs Offset: which performs best?,» Burning Brisket, 24 Febbraio 2024. [Online]. Available: <https://www.burningbrisket.com/reverse-flow-smoker-vs-offset/>.
- [5] B. B. B. S. Co., «Reverse Flow smoker vs Offset smoker,» 30 Marzo 2023. [Online]. Available: <https://beardedbutchers.com/blogs/news/reverse-flow-smoker-vs-offset-smoker>.
- [6] V. Francescato, E. Antonini e G. Mezzalira, «L'energia del legno. Nozioni, concetti e numeri di base,» Regione Piemonte, Torino, 2004.
- [7] G. Giordano, *Tecnologia del legno*, Milano: UTET, 1981.
- [8] G. Giordano, *Antologia del legno*, LEGNOLEGNO srl, 1997.
- [9] A. Jonas e H. Haneder, *Energie aus Holz*. Niederösterreichische Landeslandwirtschaftskammer, St. Pölten, 2001.

- [10] H. Hartmann, T. Böhn e L. Maier, «Naturbelenene biogene Festbrennstoffe - Umweltrelevante Eigenschaften und Einflussmöglichkeiten,» *Umwelt & Entwicklung - Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen*, n. 154, 2000.
- [11] L. Barbiero, «I legni da cottura e affumicatura,» *Barbecue Paradise*, 26 Gennaio 2022. [Online]. Available: <https://www.bbqparadise.it/tecnica/i-legni-da-cottura-e-affumicatura>.
- [12] G. Comini, «Fumo di legna: naturale ma tossico,» *CISM - Dipartimento di Energia e Ambiente*, Udine, 2023.
- [13] T. B. Beat, «What Everyone Should Know Before Buying Pellet Smokers,» 20 Aprile 2014. [Online]. Available: <https://medium.com/@bbqbeat/what-everyone-should-know-before-buying-pellet-smokers-f9cb0e6f4ddd>.
- [14] L. Barbiero, «Barbecue a pellet, il fascino romantico delle cotture a legna,» *Barbecue Paradise*, 6 Aprile 2023. [Online]. Available: <https://www.bbqparadise.it/i-combustibili/combustibili-pellet/barbecue-a-pellet-il-fascino-romantico-delle-cotture-a-legna>.
- [15] Tecnosoft, «Affumicatura - cos'è e come si monitora,» 20 Ottobre 2022. [Online]. Available: <https://www.tecnosoft.eu/it/news/affumicatura-cosa-e-come-si-monitora/>.
- [16] U. F. Solutions, «Tutto quello che c'è da sapere sull'affumicatura,» [Online]. Available: <https://www.unileverfoodsolutions.it/ispirazione-per-gli-chef/le-tecniche-di-cottura-in-cucina/affumicatura.html>.
- [17] G. Barbaresco, «L'affumicatura, tutto quello che c'è da sapere,» 22 Agosto 2017. [Online]. Available: <https://www.valsana.it/it/blog/affumicatura>.
- [18] M. V. Piretti, *Appunti di chimica organica*, Bologna: Ed. CLUEB, 1976.
- [19] N. H. Booth e L. E. McDonald, *Farmacologia e terapeutica veterinaria*, Roma: Edizioni Medico Scientifiche Internazionali, 1991.
- [20] I. Ghinelli, *Le carni conservate. Principi di igiene e tecnica della produzione, della trasformazione e della conservazione degli alimenti*, Parma: Ed. La Nazionale, 1975.

- [21] A. K. Sinha, U. K. Sharma e N. Sharma, « A comprehensive review on vanilla flavor: extraction, isolation and quantification of vanillin and others constituents,» *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 59, n. 4, pp. 299-326, 2008.
- [22] A. Capuano, G. Dugo e P. Restani, *Tossicologia degli alimenti*, Ed. UTET, 1999.
- [23] R. Viviani, *Elementi di biochimica*, Ed. UTET, 1984.
- [24] SCUBLA, «Linee guida sull'affumicatura,» [Online]. Available: <https://scublacompany.com/blog/linee-guida-sullaffumicatura/>.
- [25] L. Ilarioni, «Il legno come combustibile: caratteristiche energetiche e di prodotto,» *Silvae - Rivista tecnico-scientifica del Corpo Forestale dello Stato*, pp. 203-214, Aprile 2008.
- [26] A. Husbands e S. Cranford, «A Material Perspective of Wood, Smoke, and BBQ,» *Matter*, vol. 1, n. 5, pp. 1092-1095, 2019.
- [27] C. Venema, «Smoking as a food cooking method,» Michigan State University Extension, 19 Dicembre 2016. [Online]. Available: [https://www.canr.msu.edu/news/smoking\\_as\\_a\\_food\\_cooking\\_method](https://www.canr.msu.edu/news/smoking_as_a_food_cooking_method).

## RINGRAZIAMENTI

Mi è doveroso dedicare questo spazio del mio elaborato alle persone che hanno contribuito, con il loro instancabile supporto, alla realizzazione dello stesso.

Un ringraziamento particolare va al mio relatore Prof. Daniele Duca che mi ha seguito, con la sua infinita disponibilità, in ogni step della realizzazione dell'elaborato, fin dalla scelta dell'argomento.

Grazie anche al mio correlatore Dott. Alessio Ilari per i suoi preziosi consigli e per avermi suggerito puntualmente le giuste modifiche da apportare alla mia tesi.

Ringrazio infinitamente i miei genitori che mi hanno sempre sostenuto, appoggiando ogni mia decisione, fin dalla scelta del mio percorso di studi. Non finirò mai di ringraziarvi per avermi permesso di arrivare fin qui. Ringrazio anche mia sorella Fabiola e mio fratello Tommaso per il loro sostegno.

Ringrazio il mio fidanzato Fabio per avermi trasmesso la sua immensa forza e il suo coraggio. Grazie per tutto il tempo che mi hai dedicato. Grazie perché ci sei sempre stato dal primo giorno che ho messo piede in università.

Un sentito ringraziamento va anche ai miei nonni che hanno creduto nel mio percorso.

Infine, dedico questa tesi a me stessa, ai miei sacrifici e alla mia tenacia che mi hanno permesso di arrivare fin qui.