

## **Progetto FORMLAT: Ottimizzazione della Produzione e Confezionatura di Formaggi**

La finalità di questo progetto erano quelle di operare nell'ambito dell'ottimizzare tutta la filiera dalla fase di produzione a quella di confezionamento e distribuzione. Il progetto prevedeva un'indagine conoscitiva della situazione attuale con la conseguente messa a punto di una base dati ed analisi della stessa per poter poi applicare una procedura ottimizzata di porzionatura di formaggi con l'intento di ridurre i costi e sprechi di produzione. Si intendeva seguire un percorso tecnologico ben finalizzato, con l'intento di far sì che tutti i processi produttivi e di controllo siano omogenei e ripetibili, producendo una serie di prodotti a peso fisso, avvalendosi tra l'altro di una peculiare ed innovativa tecnologia che assicura un taglio regolare e un'ottima presentazione di quest'ultimi al consumatore. In quest'ottica va sottolineato il crescente mercato dei prodotti stagionati porzionati (in fetta o cubettati) o grattugiati. Di seguito le linee di ricerca affrontate e i principali risultati.

### **1. Creazione e analisi di un database sui dati di entrata e uscita in magazzino di stagionatura di partite di forme di Grana.**

Dagli archivi sui pesi in ingresso e uscita delle partite di formaggio tipo Grana a disposizione presso il magazzino di un'azienda aderente al progetto è stato creato un dataset di dati i quali sono stati successivamente elaborati statisticamente allo scopo di:

- conoscere i fattori principali influenzanti il calo peso nelle forme di Grana Padano e Parmigiano Reggiano conferite dai caseifici al magazzino;
- quantificare il calo peso rilevato nelle forme di Grana Padano e Parmigiano Reggiano conferite dai caseifici.

Nel dataset dopo l'applicazione di alcuni filtri per eliminare i dati incongruenti, si avevano a disposizione i dati di 1149 partite, 663 di Grana Padano e 486 di Parmigiano Reggiano, prodotte dall'anno 2003 al 2007 e provenienti da un totale di 190 caseifici.

Per l'elaborazione statistica vista la sua distribuzione, il calo peso medio per forma è stato normalizzato con una trasformazione logaritmica. La variabile calo peso così trasformata è stata analizzata con un modello lineare che prevedeva l'effetto della classe di età all'ingresso, dei mesi di permanenza, classe di destinazione, tipo di formaggio, caseificio e dell'anno e mese di produzione.

Sono risultati significativi gli effetti dell'età all'ingresso, dei mesi di permanenza, della classe di destinazione, del caseificio di provenienza, dell'anno di produzione. Il calo per forma diminuisce all'aumentare della percentuale di destinazione delle forme a forma intera e viceversa aumenta con l'aumentare della percentuale di destinazione a grattugiato. Il calo medio va da circa 0.40 kg per forma attorno al 100 % di destinazione a forma intera o 0 % a grattugiato mentre arriva a 1.20 kg per forma con destinazione totalmente a grattugiato. Questo calo peso è la somma del calo dovuto alla stagionatura e del calo dovuto agli scarti di lavorazione. Se assumiamo lo stesso calo di stagionatura tra il formaggio destinato a forma intera e grattugiato, la differenza  $1.20 - 0.40 = 0.80$  kg per forma può essere attribuita alla differenza in perdita di lavorazione tra le forme destinate a forma intera e quelle destinate a grattugiato. Nel conteggio del valore aggiunto ricavato dalla vendita di prodotto grattugiato, sarà quindi opportuno detrarre il valore di 0.80 kg di formaggio per forma dovuti agli scarti di lavorazione.

Analizzando l'effetto caseificio risulta una significativa variabilità nel calo peso medio per forma per caseificio a parità degli altri effetti. Circa il 18 % dei caseifici avevano un calo peso superiore a 1.2 kg per forma. Questo dato individua i caseifici che dall'arrivo delle forme in magazzino di stagionatura alla vendita hanno una perdita media delle forme superiore alla media e può aiutare a concentrare gli sforzi su questi caseifici per migliorare l'efficienza della filiera. Un intervento che potrebbe essere perseguito è riconoscere un premio o far pagare una penalità in base a questo valore di scarto per forma.

## **2. Creazione e analisi di un database sui dati di calo peso durante la lavorazione nella fase di confezionamento di forme di Grana.**

In questo caso lo scopo era quello di creare un archivio dei dati di scarto in fase di lavorazione e confezionamento delle macchine operanti nello stesso, e analizzare gli effetti che influiscono sugli scarti. Sono stati presi in considerazione i dati di 3 macchine per la pulizia delle forme dal mese di gennaio 2009 a settembre 2009. Sono state analizzate separatamente le variabili: scarto sfrido unitario, inteso come quantità di formaggio scartato dalla pulizia effettuata prima della lavorazione della forma nella macchina; scarto macchina unitario, ottenuto come differenza dal calo peso totale (forme sporche – forme pulite) meno lo scarto sfrido unitario. I dati di scarto, per l'elaborazione statistica vista la distribuzione anche in questo caso delle due variabili di scarto peso unitario, sono stati normalizzati con una trasformazione logaritmica.

Il dataset analizzato comprendeva un totale di 1054 dati di partite lavorate. In media venivano lavorate 77 forme per partita e l'età media era di 15 mesi. Lo scarto totale era diviso mediamente in 0.158 kg per lo scarto da sfrido e 0.224 kg per lo scarto macchina.

Dall'analisi della varianza, per quanto riguarda lo scarto sfrido, gli effetti interessanti che sono risultati significativi sono stati il caseificio di provenienza, la classe di qualità delle forme ed il tipo di lavorazione a cui

saranno destinate le forme. La classe di qualità influenzava in modo considerevole lo scarto sfrido andando da una media di 0,023 kg medi per forma per la classe 1, nella quale erano raggruppate le partite con forme di qualità più elevate (categoria scelte), a 0,182 kg per forma per la classe 5 cioè la classe che raggruppava le categorie di qualità con difetti più gravi. Per quanto riguarda lo scarto macchina gli effetti interessanti che sono risultati significativi sono stati il mese di lavorazione, il caseificio, il tipo di lavorazione e la macchina utilizzata. Lo scarto provocato dall'azione delle macchine spazzolatrici varia da una media di 0,146 kg per forma se le forme erano destinate a porzionato a 0,200 kg per forma se erano destinate a grattugiato. A parità di lavorazione le tre macchine avevano una considerevole diversità nello scarto medio per forma. Anche in questa analisi risulta significativo l'effetto del caseificio di provenienza andando ad influenzare sia lo scarto sfrido che quello macchina e quindi lo scarto totale.

Considerando i risultati della linea di ricerca 1 e 2, si potranno quindi andare ad individuare le eventuali inefficienze presenti nei caseifici con calo peso sopra la media, rendere oggetto i caseifici stessi di analisi mirate che possano evidenziare i punti deboli in vista di un possibile miglioramento di efficienza della filiera e predisponendo un piano di miglioramento capace di apportare, ove possibile, le correzioni dovute. Per quanto riguarda i caseifici che presentano un calo peso inferiore alla media, potrebbero essere considerati positivamente al momento dell'attribuzione del premio produzione, nonché fungere oggetto di analisi per appurare quali caratteristiche positive presentino rispetto alla media.

### **3. Innovazioni nella tecnologia di produzione dei formaggi stagionati per la prevenzione dei gonfiori tardivi senza l'impiego di lisozima.**

I formaggi a medio-lunga stagionatura possono presentare difetti legati allo sviluppo di microrganismi anticaseari produttori di gas riconducibili principalmente alle specie *Clostridium butyricum*, *C. tyrobutyricum* e *Propionibacterium* spp. Questi batteri sono in grado di danneggiare i prodotti lattiero-caseari producendo una notevole quantità di gas che, per effetto meccanico, può provocare delle spaccature nella pasta del formaggio, determinando una qualità difettosa del prodotto, anche sotto il profilo organolettico, con la ovvia conseguenza di un abbassamento del valore merceologico fino, nei casi più gravi, alla perdita completa del prodotto. Tra i mezzi attualmente a disposizione per controllare le fermentazioni anomale operate da germi anticaseari vi è l'impiego del lisozima, un polipeptide che si ottiene dall'albume d'uovo, il cui impiego è legalmente autorizzato con D.M. 1.8.83 per diversi formaggi per la sua azione anticlostridica.

Lo scopo del lavoro è stato di quello di individuare ed applicare un approccio di tipo tecnologico, alternativo rispetto al lisozima, al fine di controllare le fermentazioni anomale gasogene che possono manifestarsi in alcuni formaggi a media e lunga stagionatura.

I clostridi sono infatti sensibili al cloruro di sodio e la loro tolleranza a questa sostanza diminuisce con l'abbassamento del pH. E' inoltre necessaria una temperatura maggiore o uguale ai 9 °C sia per la germinazione delle spore sia per lo sviluppo delle forme vegetative. Le prove di caseificazione sono state condotte in caseificio su formaggio Montasio, formaggio che, per dimensioni della forma (cm 30-35 di diametro, massimo cm 8 di scalzo e Kg 6-8 di peso), risulta particolarmente adatto per il raggiungimento dell'obiettivo.

La caseificazione, condotta in caldaia polivalente, ha permesso di disporre di 70 forme di formaggio Montasio, non additivato di lisozima, con le quali si sono potuti combinare tre importanti parametri tecnologici Frescura, Salatura e Pre-stagionatura, impostati ciascuno a quattro livelli di durata utilizzando un piano sperimentale a quadrato latino. In questo modo è stato possibile ottenere il contemporaneo confronto di diverse tesi sperimentali riducendo impegno e costi. E' stata inoltre introdotta una tesi controllo che ha seguito la tecnologia di produzione del formaggio Montasio abitualmente utilizzata da parte del caseificio in cui è stata effettuata la sperimentazione. Tale tecnologia "tradizionale" prevede una frescura di 20 ore, una sosta in salamoia per 48 ore e il successivo trasferimento dei formaggi alla fase di stagionatura che di norma avviene a temperature di circa 12-14 °C.

La tesi controllo ha evidenziato un'occhiatura molto consistente alla quale è stato attribuito un indice di occhiatura ">>" in quanto non confrontabile con le altre tesi sperimentali. Il prodotto ottenuto, proprio a causa di tale caratteristica, risulta deprezzato commercialmente testimoniando come la produzione di tale formaggio senza l'impiego di lisozima non è praticabile anche in presenza di valori di spore di clostridio per litro di latte (media geometrica del latte utilizzato in lavorazione di 364 MPN/litro) ritenuti relativamente contenuti.

Per quanto riguarda le tesi sperimentali la maggior parte delle forme presenta una distribuzione ed una dimensione degli occhi abbastanza rispondenti allo standard di qualità definito per il Montasio I risultati acquisiti hanno evidenziato che la riduzione del periodo di "frescura" con conseguente anticipo della salatura e il condizionamento delle forme alla temperatura di 8 °C per un periodo di circa 2 settimane favorisce un'accelerazione della penetrazione del sale ed una inibizione termica dello sviluppo dei clostridi per un tempo sufficiente ad una uniforme distribuzione del sale all'interno del formaggio. Il successivo innalzamento della temperatura ai valori usuali di stagionatura non ha determinato alcun processo fermentativo indesiderato in quanto il sale in questa fase poteva esplicare pienamente la sua azione inibitoria nei confronti dei butirrici. La struttura della pasta e la presenza, diffusione e dimensione dell'occhiatura hanno confermato l'efficacia delle misure tecnologiche adottate. Eventuali aggiustamenti tecnologici possono essere previsti al fine di garantire una migliore gestione dei tempi di lavoro e nel caso di modifiche nella tecnica di salatura.

Si ritiene inoltre di estrema utilità un approfondimento delle tecniche di salatura, valutando i possibili vantaggi ottenibili dall'impiego di salamoie dinamiche ad immersione profonda nell'accelerazione della diffusione del

sale e nella conseguente limitazione dei tempi di condizionamento delle forme a bassa temperatura al fine di meglio salvaguardare le caratteristiche di tipicità del prodotto.

#### **4. Studio di fenomeni di deterioramento dei formaggi freschi dovuti allo sviluppo di *Pseudomonas* e/o di lieviti e muffe.**

I formaggi freschi possono subire nel corso della conservazione fenomeni di deterioramento dovuti allo sviluppo di microrganismi indesiderati in particolare batteri appartenenti al genere *Pseudomonas* e lieviti e muffe ascrivibili a diversi generi e specie presenti negli ambienti caseari e nelle attrezzature di lavorazione. Tali fenomeni di deterioramento determinano uno scadimento qualitativo del prodotto e comportano una riduzione della sua conservabilità. In particolare, ceppi appartenenti al genere *Pseudomonas* possono determinare la comparsa di chiazze colorate sulla superficie del formaggio od odori e sapori sgradevoli attribuibili alle loro attività proteolitiche e lipolitiche. Analogamente, lieviti e muffe possono determinare colorazioni anomale e difetti sensoriali, nonché, nel caso dei lieviti problemi di gonfiore del prodotto e/o delle confezioni. Per quanto riguarda *Pseudomonas* va inoltre segnalata la capacità di questi microrganismi di crescere a basse temperature, in condizioni generalmente sfavorevoli allo sviluppo di altri microrganismi, e la capacità di formare biofilm, caratteristica che rende questi microrganismi particolarmente resistenti ai trattamenti di pulizia e sanificazione. Per poter prevenire e controllare lo sviluppo di questi microrganismi deterioranti è quindi importante conoscere l'incidenza del problema nei formaggi freschi, in particolare stracchino e casatella, ed individuare eventuali punti di contaminazione.

La presente linea di ricerca si è posta i seguenti obiettivi:

- verificare l'incidenza di *Pseudomonas* e di lieviti e muffe in prodotti freschi (stracchino /casatella) raccolti presso diversi punti vendita della Regione e presso il caseificio che ha partecipato alla sperimentazione
- quantificare la presenza di *Pseudomonas* e di lieviti e muffe in stracchino durante la vita commerciale del prodotto a partire dal confezionamento fino alla scadenza.
- tipizzare ed identificare mediante metodi molecolari ceppi di *Pseudomonas* e di lieviti e muffe isolati dai prodotti esaminati nel corso del progetto al fine di acquisire informazioni sulle specie di appartenenza.

Il conteggio di muffe, lieviti e *Pseudomonas* nei campioni di stracchino/casatella è stato effettuato seguendo le metodiche di seguito riportate.

- muffe e lieviti secondo il metodo CCFRA met. 2.1.1:2007 "Enumeration of yeasts and moulds",

- *Pseudomonas* spp. secondo il metodo CCFRA met. 2.5.1:2003 "Enumeration of *Pseudomonas* species – Colony Count Technique"

Da campioni di stracchino risultati positivi per la presenza di lieviti e *Pseudomonas* è stato infine isolato un numero rappresentativo di colonie che, dopo purificazione attraverso ripetuti passaggi in terreno di coltura nutritivo, sono state sottoposte ad identificazione molecolare mediante sequenziamento di una porzione variabile del gene dell'RNA ribosomiale 16S (batteri) o della regione ITS1-ITS2 del RNA ribosomiale (lieviti).

Relativamente ai prodotti commerciali raccolti presso alcuni punti vendita sono stati esaminati campioni di stracchino e di Casatella di diversa età, alcuni dei quali vicini alla scadenza. Come si osserva nei dati riportati in Tabella 9, in tutti i prodotti il conteggio di muffe risulta inferiore a 100 UFC/g. Più critica la situazione dei lieviti che in alcuni campioni raggiungono valori superiori a  $10^6$ - $10^7$  ufc/g. Relativamente a *Pseudomonas* spp, se si esclude il campione Casatella del Caseificio C che raggiunge valori di 300.000 ufc/g (si tratta comunque di un campione molto vicino alla scadenza), tutti gli altri prodotti esaminati evidenziano valori di *Pseudomonas* spp dell'ordine o inferiori a  $10^4$  ufc/g.

Per quanto riguarda l'andamento di muffe/lieviti e di *Pseudomonas* spp. durante la vita commerciale sono stati dapprima considerati due lotti di produzione di stracchino confezionati sia in presenza che in assenza di atmosfera protettiva. I prodotti sono stati mantenuti a 6 °C e l'analisi microbiologica è stata effettuata al tempo T0 (giorno del confezionamento), a 5, a 12 e a 20 giorni.

Anche in questo caso è evidente che il principale problema è rappresentato dai lieviti, che pur presenti in quantità limitate al momento del confezionamento, si sviluppano in maniera significativa, soprattutto nei prodotti senza atmosfera protettiva. Molto più contenuta risulta la presenza di muffe e di *Pseudomonas* spp.

I dati ottenuti suggeriscono comunque un interessante effetto della conservazione in atmosfera protettiva sullo sviluppo sia dei lieviti che delle muffe. I dati ottenuti confermano l'effetto inibente dell'atmosfera protettiva sui microrganismi considerati in particolare sui lieviti e sulle muffe.