

“Progetto Pilota per la Stagionatura del Formaggio DOP Nostrano Valtrompia in Miniera”. Numero domanda: 2016/00348318 presentata a valere sull’Avviso pubblico approvato con deliberazione della Giunta Regionale della Lombardia n. 11567 del 18 dicembre 2015 «Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Lombardia. Operazione 16.2.01 Progetti pilota e sviluppo dell’innovazione”

Relazione finale attività di progetto

Prof. Germano Mucchetti

Dipartimento di Scienze degli Alimenti e del Farmaco
Università di Parma

Hanno partecipato alla ricerca e alla discussione dei dati:

Dott. Marcello Alinovi
Dott. Luca Bettera
Dott.ssa Arianna Jeantet

Parma, maggio 2019

Sintesi delle attività e dei risultati

Lo scopo

Le finalità del progetto sono state basate sulla necessità di creare nuovi posti forma per la stagionatura del formaggio Nostrano Valtrompia (NVT) DOP, stimolando in tal modo l'adesione di nuovi produttori alla filiera del formaggio NVT, e sulla opportunità di creare le condizioni per la costituzione di un riferimento comune per la stagionatura e lo stoccaggio dei formaggi della Valle. Nella situazione attuale solo pochissimi stagionatori privati svolgono il loro lavoro in Valle e la stagionatura fuori Valle fa perdere la possibilità di valorizzare come formaggio DOP prodotti ottenuti con latte dell'area DOP e le medesime tecnologie.

Il Consorzio di Tutela del Formaggio Nostrano Valtrompia DOP, supportato dalla Comunità Montana di Valle Trompia, e alcuni produttori, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze degli Alimenti e del Farmaco dell'Università di Parma, hanno quindi intrapreso un progetto tendente alla sistemazione e quindi al riutilizzo di una delle numerose gallerie ad uso minerario attualmente dismesse che caratterizzano il territorio dell'Alta Valle.

Il progetto si inserisce in una pratica che ha già trovato successo in Italia (Fontina), Svizzera (Gruyere, Emmentaler) e Galles (Cheddar), e si caratterizza sia in termini di immagine e quindi di potenziale maggiore interesse del consumatore sia per l'obiettivo della massima sostenibilità, in termini di futura gestione economica e ambientale grazie al risparmio di suolo e a un ridotto consumo energetico.

Attività 1: Caratterizzazione delle tecniche di produzione dei formaggi

Il monitoraggio a campione delle tecniche di produzione ha confermato che le pratiche casearie usate dalle 5 aziende che in diversi momenti hanno partecipato alle attività del progetto presentano caratteristiche anche molto diverse legate sia a scelte tecnologiche che alla quantità di latte disponibile. In particolare si sta presentando, ad esempio nell'azienda B, un trend all'accelerazione del processo di caseificazione, con tratti per alcuni aspetti più indirizzati a quelli del Grana Padano che a quelli dei formaggi di monte bresciani. (Tabella 1.1).

Tab 1.1) Monitoraggio delle tecniche di lavorazione del latte					
LAVORAZIONE aprile luglio 2017	Produttore				
	A	B	C	D	E
numero lavorazioni monitorate	3	4	2	1	2
numero munte	2-2,5	1 -1,5	1 - 1,5	1	3
kg latte in caldaia	90-180	150-280	200-250	170	200-210
pH iniziale latte	6.51±0.11	6.53±0.09	6.41±0	6.63	6.56±0.04
Temperatura iniziale latte (°C)	20.27±2.3	21±2.5	22.65±1.63	17.4	15.5±4.95
Durata riscaldamento latte (min)	25±6	31±10	34±3	28	58±3
pH	6.42±0.09	6.40±0.1	6.33±0.05	6.36	6.40±0,0
Temperatura (°C)	38.73±1.05	37.53±0.22	38.7±0.71	37	36.9±0.71
Incremento temperatura durante il riscaldamento (°C)	18.47±1.25	16.53±2.7	16.05±0.92	19.6	21.4±5.66
Velocità di riscaldamento (°C s ⁻¹ kg ⁻¹)	0.64±0.32	0.26±0.09	0.25±0.03	0.41	0.18±0.05
pH innesto	-	3.34±0.43	-	-	2.85±0.25

Momento aggiunta caglio (min) dall'inizio della lavorazione	25±6	37±17	37	28	66±14
Tipo e titolo caglio	Polvere_ 1:125000				
Momento aggiunta zafferano (min)	90±32	55±21	35±4	73	67±13
Durata coagulazione (dal caglio al primo taglio) (min)	43±8	11±3	49±1	46±0	36±2
Momento rottura con spada (min)	76±1	47±15	-	-	102±16
Momento rottura con spannarola (min)	-	-	-	-	108±13
Sosta tra prima rottura e spinatura (min)	23±20	17±5	0	0	6±3
Momento rottura con spino (min)	91±31	64±17	86±1	74	112±18
Inizio cottura (min)	92±29	67±18	88±0	78	120±18
pH	6.33±0.13	6.37±0.11	6.20±0.08	6.34	6.26±0.07
Temperatura (°C)	36.27±3.31	38.60±0.43	38.50±0.71	35.4	35.15±0.92
Momento fine cottura (min)	112±42	85±18	107±1	96	153±28
pH	5.93±0.29	6.2±0.12	6.07±0.12	6.27	6.05±0.08
Temperatura (°C)	48.40±1.21	51.60±0.98	50.25±0.07	48.5	49.75±0.35
Durata cottura (min)	20±13	19±9	19±1	18	33±10
Incremento temperatura durante la cottura (°C)	12.13±3.16	13±1.4	11.75±0.64	13.1	14.60±0.57
Velocità di cottura (°C s ⁻¹ kg ⁻¹)	0.80±0.82	0.39±0.24	0.33±0.02	0.43	0.22±0.05
Durata Sosta sotto siero (min)	25±3	34±10	63±1	61	44±16
Estrazione Cagliata (min) dall'inizio lavorazione	137±42	127±10	169±1	157	196±11
pH	-	6.09±0.18	5.59±0.35	6.12	5.86±0.03
Temperatura (°C)	48.9±0	51.1±1.35	49.5±0.71	48	49±0.71

I risultati di tale situazione, che descrivono la variabilità del mondo caseario di valle, è stato l'ottenimento di formaggi diversi per dimensioni, come per altro previsto dallo standard produttivo del Nostrano VT DOP, aspetto di crosta e di pasta, e complessivamente di caratteristiche.

La capacità produttiva delle aziende di autotrasformazione per quanto in crescita rispetto al passato resta molto limitata. Tale fatto, noto all'inizio e che rappresenta uno dei punti di forza di mantenimento della tradizione, ma di debolezza della filiera ai fini della sperimentazione, ha permesso di ottenere al massimo una forma al giorno, quando non una forma ogni due giorni. Il numero di munte impiegate è variato da 1 a 3 con quantità di latte in caldaia comprese tra 90 e 280 kg, comprendendo in questi estremi anche i dati della produzione primaverile, che purtroppo non sono stati numerosi come atteso e che hanno richiesto un intervento presso i produttori affinché nei limiti del possibile ponessero più attenzione a registrare i dati richiesti relativi alla stima della quantità di latte e al peso del formaggio prima della salagione e dopo salagione. Tale intervento ha permesso di avere un panorama più dettagliato per la seconda parte della sperimentazione.

I dati riferiti alle 90 lavorazioni invernali del 2018 (Tabella 1.2) evidenziano una differenza più ristretta (minimo 110 e massimo 220 kg).

Azienda	Media	Dev.st	CV%	Min	Max
A	140,5	15,4	10,9	120,0	160,0
B	176,0	18,9	10,7	150,0	220,0
C	207,6	10,0	4,8	200,0	220,0
D	165,2	17,8	10,8	130,0	200,0
E	163,6	35,8	21,9	110,0	220,0

La disponibilità del dato di quantità di latte in caldaia ha permesso di stimare la resa grezza di caseificazione, indice utile per misurare i risultati delle diversità di lavorazione del latte tra aziende. La resa di trasformazione del latte in formaggio prima del sale (Tab. 1.3) delle lavorazioni invernali presenta differenze rilevanti legate a molteplici fattori, quali la composizione del latte e le modalità di lavorazione. E' doveroso evidenziare che la variabilità del dato risente tuttavia dei metodi di misura della quantità di latte, non omogenei tra aziende, che hanno necessariamente avuto un'accuratezza legata alle condizioni pratiche di lavoro.

Azienda	Media	DS	CV	Min	Max
A	9,6	0,7	6,8	8,6	10,8
B	9,4	0,2	1,6	9,1	9,7
C	8,1	0,3	4,2	7,5	8,6
D	8,8	0,7	7,7	7,3	9,8
E	7,2	0,6	7,9	6,1	8,1

L'azienda E che presenta la resa prima del sale minore è per altro quella con una lavorazione in caldaia più lunga, indice quindi di un'adesione ad alcuni canoni della tradizione, aggiornati dall'uso dell'innesto.

La valutazione del calo peso % in salagione (Tab. 1.4) riflette a sua volta una notevole variabilità legata alle tecniche di salagione (è abitudine applicare all'incirca la stessa quantità di sale, non pesato, indipendentemente dal peso reale della forma) e all'umidità della forma.

Azienda	Media	Dev.St.	CV%	Min	Max
A	3,4	1,6	46,9	2,1	7,7
B	2,4	1,3	52,9	0,5	6,7
C	3,2	0,7	21,0	1,7	3,9
D	4,7	1,8	38,2	2,8	7,9
E	2,9	1,3	44,0	1,6	6,7

L'azienda C, la più regolare nell'utilizzare quantità confrontabili di latte, è fra quelle che presentano anche la minore variabilità di resa prima del sale e di calo-peso post-salagione.

Queste misure servono per comprendere le difficoltà del progetto che non si svolge in caseifici organizzati industrialmente, ma in tipiche aziende di autotrasformazione.

Poiché il progetto ha previsto il confronto della stagionatura in galleria di miniera con quella in magazzino a temperatura controllata e in cantina tradizionale/naturale, è evidente che la tripletta di formaggi di ognuna delle aziende non poteva derivare da un'unica lavorazione del latte, ma da tre

diverse lavorazioni. E' inutile evidenziare, a fronte dei dati presentati, come le lavorazioni a latte crudo, in tre casi su cinque senza innesto come nella tradizione più lontana, possono portare ad esiti anche molto diversi tra loro, nonostante la "mano" del medesimo casaro e che quindi il confronto tra tipologia di stagionatura inevitabilmente subisce questo limite per cui avrà significato il confronto generale tra luoghi di stagionatura, senza cercare di evidenziare differenze più fini.

Attività 2: monitoraggio delle condizioni termo-igrometriche dei tre luoghi di stagionatura

Il monitoraggio in continuo di temperatura e umidità relativa (UR) è realizzato con data logger e ha evidenziato diversità anche importanti tra i tre ambienti, con ampiezza della differenza variabile nel tempo.

I valori di UR di miniera non hanno purtroppo mantenuto le promesse emerse dallo studio preliminare fatto prima dei lavori di messa in opera. Alcuni interventi possono essere stati la causa di questa anomalia: 1) la pavimentazione cementizia; 2) l'operazione di lavaggio a pressione delle pareti con H₂O richiesta dall'Autorità Sanitaria per concedere il nulla osta (e l'accumulo di H₂O nella ghiaia del canale laterale che avrebbe dovuto servire come "tampone" assorbitore di umidità dell'aria (e ha di fatto svolto il ruolo contrario di desorbitor di umidità); 3) altri lavori di posizionamento delle scalere che possono avere portato in superficie vene d'H₂O prima non a contatto con l'ambiente. Questi fattori hanno causato una partenza "in salita" che ha obbligato a interrompere precocemente la parte della sperimentazione in miniera, anche per la crescita di muffe e funghi sulle scalere di castagno il che ha obbligato ad un intervento di fumigazione (in assenza di formaggi) per ripristinare le corrette condizioni di assenza di macro-contaminazione fungina. UR è risultata molto elevata per periodi significativi e questo ha reso necessari più interventi, per cercare di capire l'origine della presenza di questa umidità, differente nelle varie zone della galleria. Non era chiaro infatti se si doveva semplicemente eliminare un eccesso di UR dato dalle opere di pavimentazione e di lavaggio, piuttosto che UR derivante da infiltrazioni d'H₂O o, come si è dedotto al termine dei vari tentativi, entrambe. I primi interventi di abbassamento di UR sono stati messi subito in atto con l'inserimento di ventilatori, ma con efficacia troppo limitata alla immediata prossimità dei medesimi.

Il secondo tentativo, eseguito su zone campione per limitare le spese in caso di insuccesso, è stato il sezionamento della galleria in un locale di minore volumetria (da cui è stata eliminata la ghiaia in un secondo momento) sufficiente per contenere i formaggi previsti dal progetto, al fine di stimare la quantità di H₂O da eliminare con la tecnica di deumidificazione, mediante l'uso di deumidificatori domestici e la raccolta "manuale" delle condense al fine di poterle misurare e quindi stimare in modo anche approssimativo l'origine dell'umidità.

Questa fase dell'esperienza confrontando i litri di condensa/giorno allontanati con i valori monitorati di UR ha permesso di ipotizzare che oltre all'eliminazione dell'H₂O del pavimento cementizio e delle operazioni di lavaggio era necessario allontanare tutta la ghiaia e arrivare alla messa in opera di un sistema adeguato di deumidificazione con recupero e scarico automatico delle condense. In tutti questi frangenti l'UR della miniera ha oscillato tra valori medi mensili di 94 e 98%, con punte giornaliere del 100%. Grazie all'attivazione di un sistema definitivo di deumidificazione e al perfezionamento della sua gestione grazie all'introduzione di un sistema aggiuntivo di regolazione del funzionamento della macchina, le condizioni di UR della miniera si sono allineate a quelle delle altre casere solo a gennaio 2019, ovvero verso il termine della sperimentazione. Questi macro-andamenti di UR% nel caso della miniera hanno subito pause e andamenti apparentemente anomali dovuti alla molteplicità di interventi tesi a risolvere il problema dell'eccesso di UR% e riportare a regime la miniera per il suo pieno utilizzo in condizioni di sicurezza per il personale che gestisce la cura dei formaggi.

Poiché la prima parte della ricerca ha visto la sospensione per tre mesi da luglio a settembre 2017 della stagionatura dei formaggi in miniera (con trasferimento in altra casera) si è deciso di cambiare il piano originario di produzione dei formaggi, riprendendo la stagionatura a gennaio 2018 con una seconda serie di prove che si è conclusa a fine febbraio 2019 (formaggi di 12- 13 mesi, stagionati sempre in miniera).

I valori di temperatura della galleria di miniera hanno invece confermato la piena rispondenza della struttura allo scopo preposto

I dati riassuntivi delle condizioni di UR e temperatura dei tre luoghi di stagionatura sono nelle figure 2.1 e 2.2 con i dati medi mensili tra giugno 2017 e ottobre 2018 e nelle Figure 2.3-2.5 con i dati giornalieri da novembre 2018 a febbraio 2019.

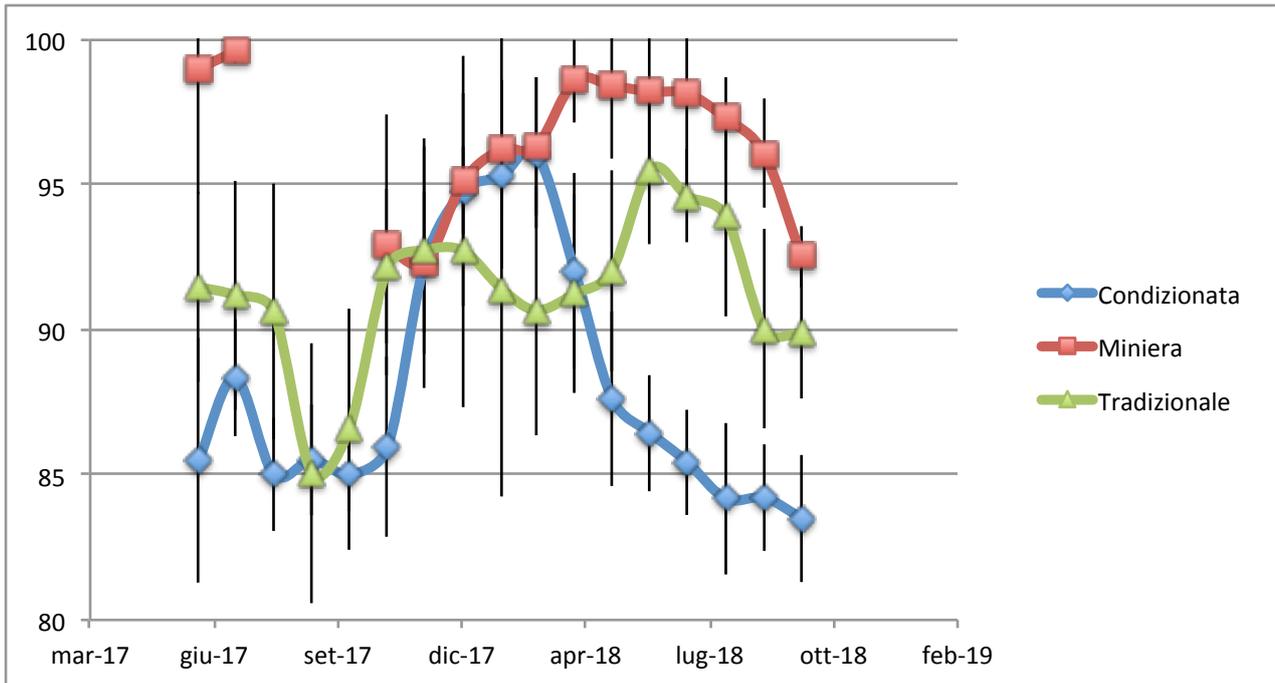


Figura 2.1) Dati medi mensili e deviazione standard dell'umidità relativa dei tre luoghi di stagionatura. Mancano i dati da luglio a settembre della miniera perché senza formaggi

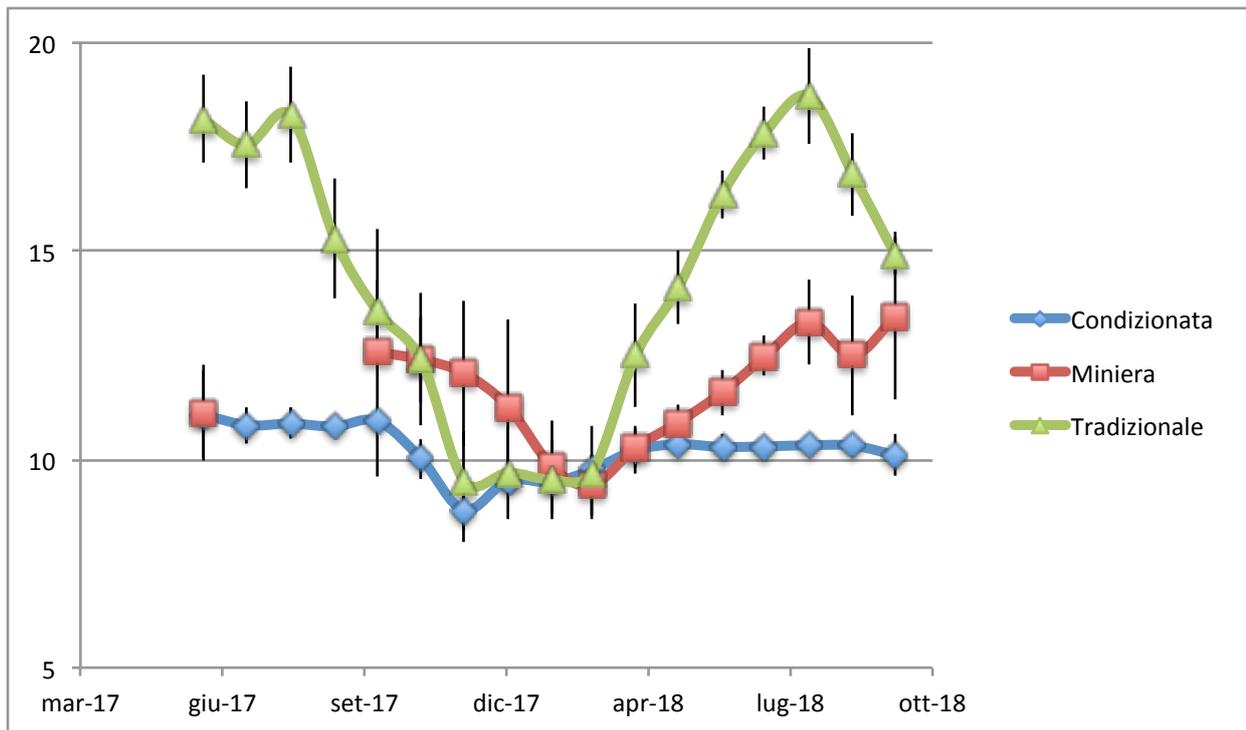


Figura 2.2) Dati medi mensili e deviazione standard della temperatura (°C) dei tre luoghi di stagionatura. Mancano i dati da luglio a settembre della miniera perché senza formaggi

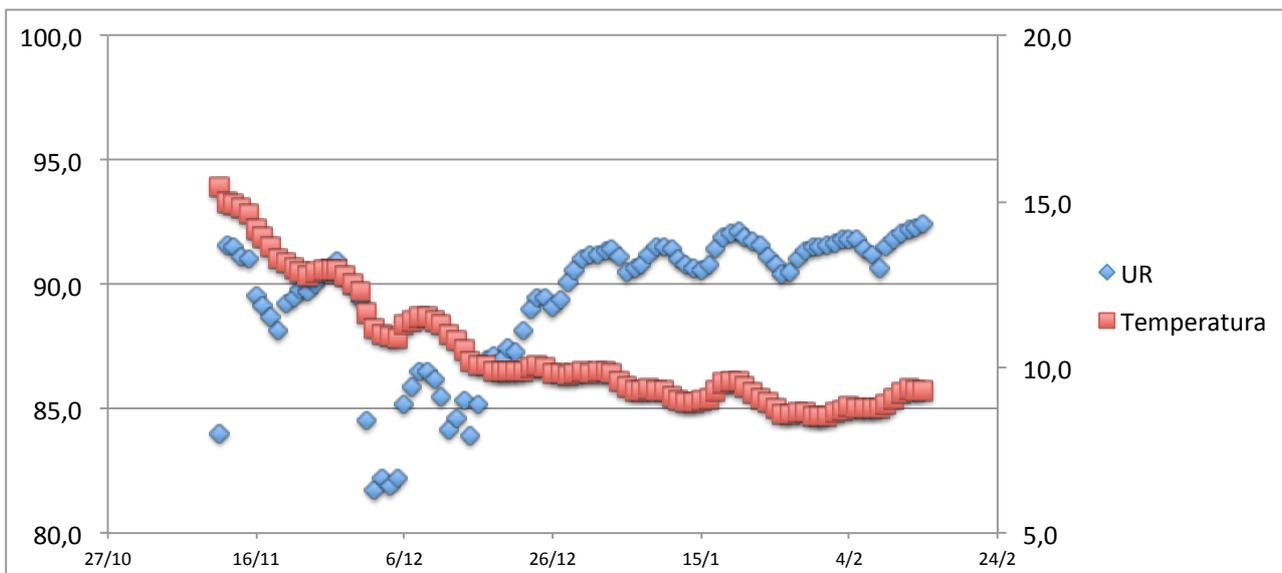


Figura 2.3) Valori giornalieri di temperatura (asse Y dx) e UR (asse Y sinistro) della cantina tradizionale nel periodo ottobre 2018- febbraio 2019

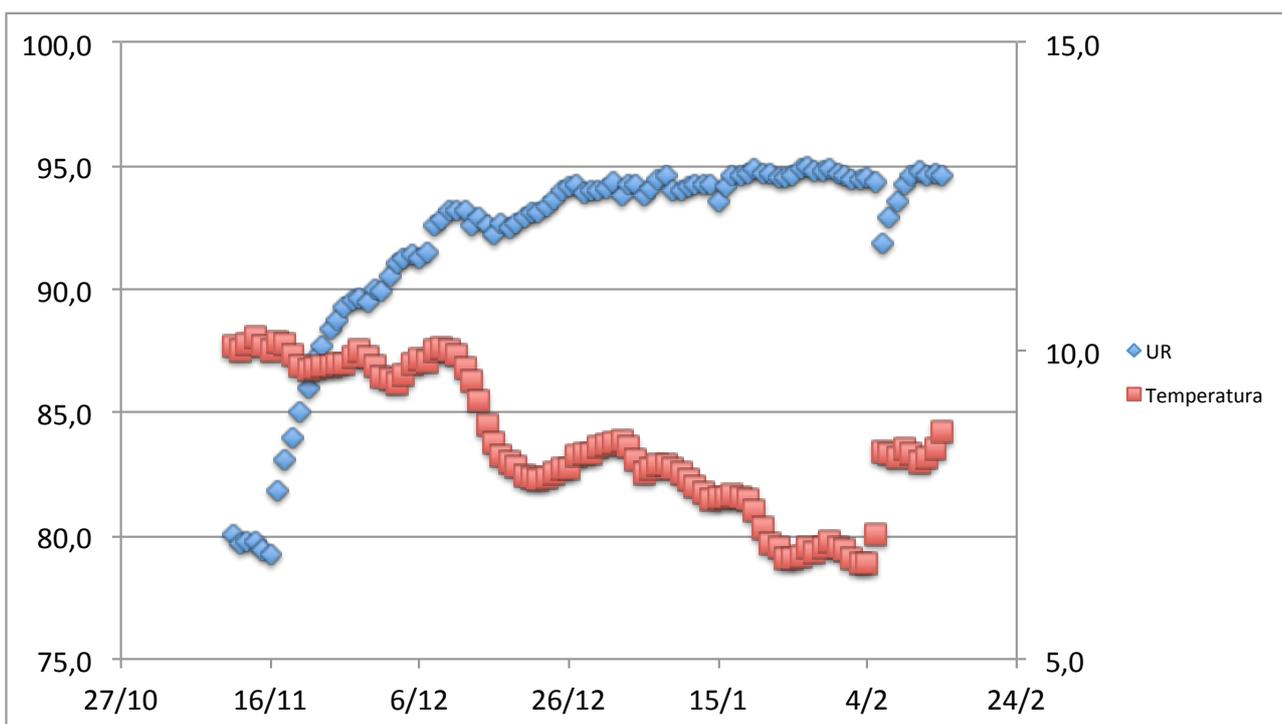


Figura 2.4) Valori giornalieri di temperatura (asse Y dx) e UR (asse Y sinistro) del magazzino condizionato nel periodo ottobre 2018- febbraio 2019

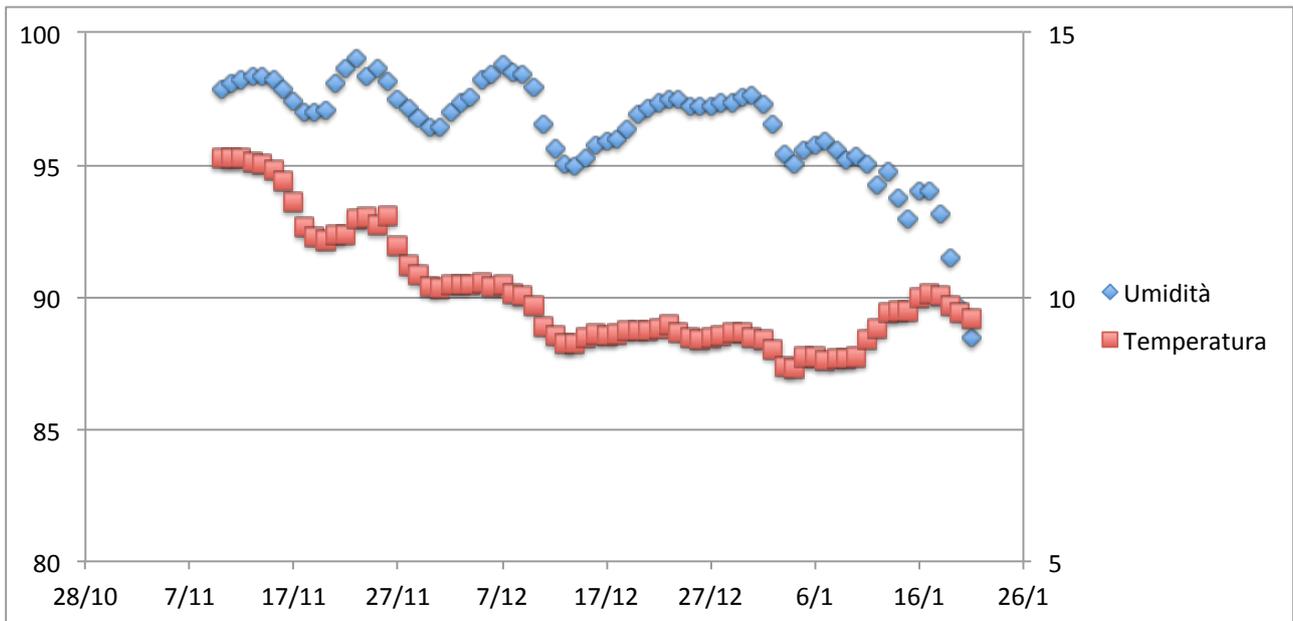


Figura 2.5) Valori giornalieri di temperatura (asse Y dx) e UR (asse Y sinistro) della miniera nel periodo ottobre 2018- febbraio 2019

Attività 3 : monitoraggio del calo peso dei formaggi nei tre luoghi di stagionatura

La distribuzione complessiva dei pesi iniziali di oltre 240 forme oggetto del progetto (151 produzione primaverile estiva e 90 produzione invernale) è rappresentata in tabella 3.1.

Tab. 3.1) Analisi statistica descrittiva dei pesi iniziali (kg) delle produzioni primaverili - estive 2017 ed invernali 2018						
Periodo di produzione	Media	Dev.st.	CV %	n	minimo	massimo
Aprile – Luglio 2017	13,43	2,39	17,78	138	9,80	17,80
Gennaio – Febbraio 2018	13,97	2,53	18,14	90	7,77	20,00

La distribuzione dei pesi iniziali suddivisi per azienda (Tabella 3.2) relativi al periodo primaverile 2017 mostra le diversità tra aziende e all'interno della stessa azienda. Le diversità nel momento iniziale della pesata, in funzione della logistica di trasporto dall'azienda ai centri di stagionatura, influenzano l'ampiezza della distribuzione.

Tab. 3.2) Analisi statistica descrittiva dei pesi iniziali (kg) delle produzioni primaverili (aprile luglio 2017) al momento dell'ingresso nei tre luoghi di stagionatura (circa 20 giorni dalla produzione) , suddivisi anche per azienda						
azienda produttrice	luogo stagionatura	media	ds	CV	min	max
A	Naturale	11,40	0,85	7,48	9,80	12,90
	condizionata	10,53	1,04	9,88	8,75	12,55
	Miniera	11,42	1,15	10,10	9,75	12,75
	tutti i formaggi	10,92	1,09	9,98		
B	Naturale	11,88	2,54	21,35	9,80	16,95
	condizionata	11,20	2,24	20,02	9,00	16,50
	Miniera	12,24	3,01	24,60	9,55	19,00
	tutti i formaggi	11,77	2,56	21,76		
C	Naturale	15,86	1,25	7,91	13,85	17,80
	condizionata	15,86	1,42	8,98	13,45	17,80
	Miniera	15,85	0,95	6,01	13,75	16,70
	tutti i formaggi	15,85	1,18	7,46		
D	naturale	12,09	1,68	13,86	10,45	14,10
	condizionata	11,25	1,61	14,32	9,90	13,50
	miniera	12,83	1,43	11,16	9,30	14,73
	tutti i formaggi	12,51	1,54	12,32		
E	naturale	15,25	1,59	10,41	12,80	17,60

Alcune difficoltà nella registrazione dei pesi iniziali alla produzione, abbinati alla lunghezza del periodo produttivo (da fine aprile a inizio luglio 2017) e al fatto che le pesate sono state fatte nelle stesse date, hanno reso problematico il monitoraggio esatto del calo-peso a scadenze esatte per tutte le forme. Per potere fare confronti, il dato è quindi stato normalizzato ponendo a 100 il peso della forma all'ingresso della stagionatura (circa 20 ± 6 giorni dopo la produzione e la fine della salagione a secco) e il peso è quindi stato espresso come percentuale residua rispetto al 100 iniziale. Il calo di peso deriva quindi dalla differenza tra peso iniziale e peso residuo. Per potere avere il dato di peso residuo di ogni forma ad una scadenza esatta, per ognuna di esse è stato creato un modello predittivo del tipo

$$f(x) = a \times x^b + c$$

in cui x = tempo; a = kg; c = costante

I modelli predittivi sono stati applicati solo ai formaggi stagionati in magazzino condizionato e naturale, e non a quelli stagionati in miniera, causa l'andamento anomalo di questi ultimi (stagionatura fuori miniera per circa 3 mesi; fine del calo peso misurabile e aumento lieve di peso tra 15 e 16 mesi in misura di $0,12 \pm 0,08$ kg). I modelli hanno mostrato una buona correlazione con i dati sperimentali come testimoniato dai valori medi di R^2 per singola forma:

Locale di stagionatura	R^2 (media e dev.st)
Magazzino Condizionato	0.9900 ± 0.0646
Magazzino Naturale	0.9963 ± 0.0046

L'applicazione dei modelli ha quindi permesso di stimare il peso residuo delle forme a diverse durata di stagionatura (Tabella 3.2 bis)

Tab. 3.2 bis) Valori di media \pm d.s del peso % residuo predetto nei diversi locali di stagionatura. I valori sono espressi come 100-calò peso%.		
Tempo di stagionatura	Locale di stagionatura	
	Condizionata	Tradizionale
30 giorni	97.95 ± 0.77	97.89 ± 0.87
180 giorni	88.51 ± 2.34	88.37 ± 2.72
360 giorni	84.11 ± 3.16	83.84 ± 3.41
480 giorni	82.11 ± 3.74	81.71 ± 4.02

Le diverse manualità nelle operazioni di raschiatura e la diversa rispondenza di ciascuna forma all'operazione sono una fonte di variabilità dei risultati di stima della variazione di peso.

I dati di Tabella 3.2 bis permettono di osservare che nel magazzino condizionato e in quello tradizionale "naturale" i formaggi hanno subito un calo peso tra inizio e fine stagionatura molto simile, nell'ordine del 16% e del 18% rispettivamente dopo 12 e 16 mesi di stagionatura.

Le difficoltà incontrate nel primo periodo della sperimentazione, che hanno suggerito di creare un modello predittivo per meglio rappresentare i dati, sono state in buona parte risolte nella seconda parte (con produzione di formaggi più concentrata nel periodo gennaio-febbraio 2018) in cui è stato possibile sia ottenere dai produttori i pesi iniziali delle forme prima del sale, che avere una maggiore regolarità di consegna delle forme ai luoghi di stagionatura e quindi una maggiore riproducibilità dei momenti delle pesate.

La distribuzione dei pesi iniziali suddivisi per azienda relativi al periodo invernale 2018 (Tab. 3.3) conferma, come atteso, la grande eterogeneità dei pesi delle forme fresche, anche all'interno della medesima azienda, dovute ad una diversa e variabile disponibilità giornaliera di latte e quindi anche alla possibile diversa scelta del numero delle munte di latte utilizzate.

Tab. 3.3) Analisi statistica descrittiva dei pesi iniziali (kg) delle produzioni invernali (gennaio-febbraio 2018) prima del sale, suddivisa per azienda

Azienda	Media	Dev.st	CV	Min	Max
A	12,57	1,48	11,82	10,45	14,05
B	16,03	1,67	10,40	13,65	20,00
C	15,93	1,25	7,87	14,15	18,00
D	13,31	1,02	7,68	11,30	15,35
E	10,81	2,09	19,31	7,77	15,70

Il valore del peso finale delle forme invernali dopo 12-13 mesi di stagionatura nei tre luoghi di stagionatura e quello di calo peso totale % delle forme da prima della salagione a fine stagionatura (circa 13 mesi) e di calo peso % relativo alla sola fase di stagionatura sono in Tabelle 3.4 – 3.12.

Tab. 3.4) Analisi statistica descrittiva dei pesi finali (kg) delle produzioni invernali (gennaio-febbraio 2018) dopo 13 mesi circa di stagionatura in miniera, suddivisi per azienda

Azienda	Media	Dev.st	CV%	Min	Max
A	9,31	1,35	14,54	7,90	10,90
B	13,55	1,66	12,22	12,10	16,12
C	13,36	1,20	8,97	11,92	15,28
D	10,41	0,87	8,36	8,92	11,22
E	9,50	1,65	17,32	7,22	11,72

Tabella 3.5) Analisi statistica descrittiva del calo peso totale % (da prima del sale a fine stagionatura) delle produzioni gennaio-febbraio 2018 dopo 13 mesi circa di stagionatura in miniera, suddivisa per azienda

Azienda	Media	Dev.st	CV%	Min	Max
A	29,00	2,82	9,71	25,34	32,19
B	18,36	3,01	16,42	16,17	24,32
C	20,76	1,69	8,16	19,01	23,38
D	25,47	3,23	12,69	21,89	30,31
E	21,12	2,56	12,11	17,71	24,79
Tutte	22,58	4,36	19,31	16,17	32,19

Tabella 3.6) Analisi statistica descrittiva del calo peso % in stagionatura (dall'ingresso in locale di stagionatura a fine stagionatura) delle produzioni invernali (gennaio-febbraio 2018) dopo 13 mesi circa di stagionatura in miniera, suddivisa per azienda

Azienda	Media	Dev.st	CV%	Min	Max
A	20,71	1,74	8,41	19,02	23,15
B	14,11	1,37	9,72	12,48	16,30
C	15,80	0,94	5,92	14,40	17,11
D	19,16	2,58	13,46	15,79	22,84
E	12,78	4,12	32,21	5,47	17,39
Tutte	16,28	3,60	22,13	5,47	23,15

Tab. 3.7) Analisi statistica descrittiva dei pesi finali (kg) delle produzioni invernali (gennaio-febbraio 2018) dopo 13 mesi circa di stagionatura in magazzino condizionato, suddivisi per azienda

Azienda	Media	Dev.st	CV%	Min	Max
A	10,64	0,28	2,66	10,44	10,84
B	12,98	1,45	11,18	11,50	14,82
C	13,12	1,24	9,45	11,58	15,16
D	10,74	0,51	4,77	10,28	11,74
E	7,84	0,67	8,52	7,12	8,44
Tutte	11,68	2,06	17,67	7,12	15,16

Tabella 3.8) Analisi statistica descrittiva del calo peso totale % (da prima del sale a fine stagionatura) delle produzioni invernali (gennaio-febbraio 2018) dopo 13 mesi circa di stagionatura in magazzino condizionato, suddivisa per azienda

Azienda	Media	Dev.st	CV%	Min	Max
A	27,06	2,30	8,51	25,43	28,68
B	18,75	2,51	13,41	16,25	23,83
C	20,97	1,62	7,72	18,88	23,82
D	25,23	2,38	9,42	22,57	28,85
E	20,47	1,49	7,27	19,60	22,19
Tutte	21,80	3,49	16,02	16,25	28,85

Tabella 3.9) Analisi statistica descrittiva del calo peso % in stagionatura (dall'ingresso in locale di stagionatura a fine stagionatura) delle produzioni gennaio-febbraio 2018 dopo 13 mesi circa di stagionatura in magazzino condizionato, suddivisa per azienda

Azienda	Media	Dev.st	CV%	Min	Max
A	24,75	2,14	8,64	23,24	26,26
B	16,03	1,21	7,55	14,54	18,34
C	18,33	1,52	8,31	15,74	20,68
D	22,00	1,64	7,45	19,69	23,77
E	20,47	1,15	5,60	17,08	19,37
Tutte	19,06	3,10	16,25	14,54	26,26

Tab. 3.10) Analisi statistica descrittiva dei pesi finali (kg) delle produzioni gennaio-febbraio 2018 dopo 13 mesi circa di stagionatura in magazzino tradizionale, suddivisi per azienda

Azienda	Media	Dev.st	CV%	Min	Max
A	9,69	2,17	22,41	8,15	11,22
B	14,09	0,92	6,54	12,60	15,10
C	13,87	0,93	6,70	13,04	14,75
D	10,80	1,11	10,30	9,00	12,35
E	9,83	2,28	23,16	6,67	13,19
Tutte	11,59	2,46	21,23	6,67	15,10

Tabella 3.11) Analisi statistica descrittiva del calo peso totale % (da prima del sale a fine stagionatura) delle produzioni gennaio-febbraio 2018 dopo 13 mesi circa di stagionatura in magazzino tradizionale, suddivisa per azienda

Azienda	Media	Dev.st	CV%	Min	Max
A	28,34	7,86	27,75	22,62	37,31
B	18,11	2,92	16,15	14,22	20,96
C	20,49	0,68	3,32	19,51	21,08
D	24,84	4,08	16,41	19,61	29,13
E	20,33	1,29	6,36	18,75	22,96
Tutte	21,81	4,68	21,47	14,22	37,31

Tabella 3.12) Analisi statistica descrittiva del calo peso % in stagionatura (dall'ingresso in locale di stagionatura a fine stagionatura) delle produzioni gennaio-febbraio 2018 dopo 13 mesi circa di stagionatura in magazzino tradizionale, suddivisa per azienda

Azienda	Media	Dev.st	CV%	Min	Max
A	25,17	6,13	24,34	20,43	32,08
B	16,64	2,53	15,21	13,59	20,96
C	17,87	1,04	5,84	16,41	18,89
D	20,65	3,20	15,49	16,71	25,09
E	18,00	1,42	7,90	16,52	20,26
Tutte	19,11	3,74	19,57	13,59	32,08

I dati presentati di peso delle forme e di calo peso totale e in stagionatura (Tab. 3.4-3.12) evidenziano valori minori di calo peso per la miniera, come previsto in funzione dell'UR% più elevata rispetto agli altri due ambienti di stagionatura che mostrano valori confrontabili. Curiosamente il calo peso totale dei formaggi stagionati in miniera, comprensiva quindi anche del periodo di circa 20 giorni intercorso tra produzione, salagione e trasferimento dal produttore ai locali di stagionatura, è risultato confrontabile a quello misurato per gli altri ambienti.

Il calo peso totale dei formaggi oscilla tra 22,58% e 21,80% ed è un dato decisamente superiore a quello di formaggi a lunga stagionatura quali Grana Padano e Parmigiano Reggiano, coerentemente con il minore peso delle forme e un maggiore rapporto tra superficie e volume, nonostante le pratiche di oliatura della superficie.

La misura del calo peso presenta comunque differenze importanti tra aziende, con i formaggi della azienda A e D che presentano cali peso totali e in stagionatura decisamente superiori, ma anche all'interno delle singole aziende, a causa probabilmente delle diversità di composizione del latte (pratiche di affioramento gestite manualmente) oltre che di variabilità delle condizioni di lavorazione.

Il minore calo-peso dei formaggi stagionati in miniera, che in assoluto potrebbe rappresentare un vantaggio per i produttori, ha a sua volta causato variazioni nelle caratteristiche di composizione e strutturali dei formaggi medesimi, quando comparati con gli altri.

Attività 4: Caratterizzazione analitica dei formaggi

La caratterizzazione analitica è stata effettuata su 96 forme (66 forme di produzione primaverile 2017 e 30 forme di produzione invernale 2018), campione ritenuto rappresentativo della intera produzione oggetto del progetto.

Attività 4.1 Composizione centesimale

Il contenuto di grasso e proteine è stato determinato con analisi NIR (Tango, Bruker), mentre quello di umidità è stato misurato con il classico metodo di essiccamento in stufa a 100°C fino a peso costante. Per la realizzazione di queste misure è stata analizzata solo la cosiddetta parte edibile, ovvero al netto della crosta che nei formaggi in questione ha rappresentato una quota di circa il 13% del formaggio.

Si conferma come la variabilità delle tecnologie (in primis la diversa miscelazione del latte di più munte o il grado di scrematura quando è previsto l'uso di una singola munta) porta a ottenere formaggi con diverse caratteristiche di composizione in funzione dell'azienda (Tab 4.1.1 – Tab 4.1.4). In particolare l'azienda D presenta una lavorazione con un contenuto minore di grasso, più consono alla tradizione.

Tab. 4.1.1) Composizione chimica dei formaggi (parte edibile) con 12 mesi di stagionatura (produzione aprile-luglio 2017) classificati per azienda

	Proteine		Grasso		Umidità	
	Media	Ds	Media	Ds	Media	Ds
A	29,74	2,02	33,87	2,27	30,82	2,18
B	30,36	1,88	33,66	2,19	30,62	2,22
C	30,72	2,34	33,53	2,37	30,91	2,23
D	37,35	0,83	27,94	0,58	28,68	2,67

Tab. 4.1.2) Composizione chimica dei formaggi (parte edibile) con 16 mesi di stagionatura (produzione aprile-luglio 2017) classificati per azienda

	Proteine		Grasso		Umidità	
	Media	Ds	Media	Ds	Media	Ds
A	29,74	2,02	33,87	2,27	30,82	2,18
B	30,36	1,88	33,66	2,19	30,62	2,22
C	30,72	2,34	33,53	2,37	30,91	2,23
D	37,35	0,83	27,94	0,58	28,68	2,67

Tab 4.1.3) Composizione chimica dei formaggi (parte edibile) di produzione gennaio-febbraio 2018 dopo 10 mesi di stagionatura (per azienda)

Azienda		Grasso	Proteine	Umidità
A	Media	30,86	30,56	35,58
	Dev. St	2,78	1,77	1,90
B	Media	34,67	28,17	32,80
	Dev. St	0,38	0,15	0,65
C	Media	26,93	30,74	34,33
	Dev. St	2,33	0,51	0,54
D	Media	24,02	36,39	31,49
	Dev. St	1,84	4,68	1,40
E	Media	26,62	32,21	31,78
	Dev. St	0,21	0,27	1,17

Tab 4.1.4) Composizione chimica dei formaggi (parte edibile) di produzione gennaio-febbraio 2018 dopo 13 mesi di stagionatura (per azienda)

Azienda		Grasso	Proteine	Umidità
A	Media	34,81	28,25	31,99
	Dev. St	2,92	1,56	3,04
B	Media	35,47	31,11	31,52
	Dev. St	2,87	3,12	0,56
C	Media	32,78	29,87	32,08
	Dev. St	6,42	1,55	2,42
D	Media	28,36	33,39	33,53
	Dev. St	2,59	1,65	0,97
E	Media	26,42	32,70	31,71
	Dev. St	3,22	1,11	0,75

La valutazione della composizione dei formaggi in funzione della stagionatura nei tre diversi luoghi evidenzia il dato comune che la stagionatura in miniera, coerentemente con il dato di maggiore umidità relativa dell'ambiente, presenta il valore maggiore di umidità% (Tab. 4.1.5 – Tab. 4.1.8), con una differenza media compresa tra 2 e 3 punti percentuali rispetto agli altri formaggi.

Tab. 4.1.5) Composizione chimica di formaggi (parte edibile) della produzione aprile-luglio 2017 dopo 12 mesi di stagionatura classificati per luogo di stagionatura (n=33)

	Proteine		Grasso		Umidità	
	Media	Ds	Media	Ds	Media	Ds
Condizionata	29,66	1,82	34,51	1,12	30,13	1,82
Miniera	29,85	2,54	33,08	3,11	31,93	2,17
Naturale	33,26	3,31	34,57	3,43	29,07	1,33

Tab. 4.1.6) Composizione chimica di formaggi (parte edibile) della produzione aprile-luglio 2017 dopo 16 mesi di stagionatura classificati per luogo di stagionatura (n=33)

	Proteine		Grasso		Umidità	
	Media	Ds	Media	Ds	Media	Ds
Condizionata	31,62	2,09	34,33	3,36	27,64	1,99
Miniera	29,34	1,58	31,15	3,88	32,45	2,24
Naturale	32,02	2,12	33,32	3,67	28,10	1,97

E' da osservare come il contenuto di umidità dei formaggi stagionati in miniera mostri un trend anomalo all'aumento nel passaggio da 12 a 16 mesi, dovuto probabilmente alle condizioni non idonee di stagionatura della prima parte della sperimentazione (eccesso di UR% della miniera, trasferimento delle forme quando ancora molto giovani in un ambiente provvisorio (per 3 mesi da luglio a settembre) caratterizzato da condizioni di temperatura superiore e soprattutto UR% bassa (78-85%) che possono avere portato ad un essiccamento precoce della crosta e complessiva, che ha portato successivamente a favorire l'assorbimento di umidità, quando le forme sono state riportate in miniera, in condizioni purtroppo non ancora ottimali di gestione dell'ambiente, in particolare modo nell'ultimo dei 16 mesi di stagionatura. Il dato di aumento de contenuto di umidità del formaggio è coerente con le misure del peso delle forme che solo quando stagionate in miniera hanno mostrato una tendenza a un lieve ma misurabile incremento di peso.

Il fenomeno non si è verificato durante la seconda parte della sperimentazione in cui i formaggi stagionati in miniera sono risultati pur sempre i più umidi, ma soprattutto a 13 mesi con valori confrontabili ai formaggi stagionati negli altri due ambienti. La stagionatura in magazzino naturale non condizionato ha sempre portato ad ottenere i formaggi meno umidi, tranne che per la produzione primaverile 2017 dopo stagionatura per 16 mesi.

Tab 4.1.7) Composizione chimica dei formaggi (parte edibile) di produzione gennaio-febbraio 2018 dopo 10 mesi di stagionatura classificati per luogo di stagionatura (n=15)

		Grasso	Proteine	Umidità
Condizionata	Media	29,13	31,70	32,72
	Dev. St	4,45	2,64	1,54
Miniera	Media	27,86	32,82	33,91
	Dev. St	4,32	5,07	2,62
Naturale	Media	28,87	30,31	32,96
	Dev. St	4,59	1,92	1,62

...

Tab 4.1.8) Composizione chimica dei formaggi (parte edibile) di produzione gennaio-febbraio 2018 dopo 13 mesi di stagionatura classificati per luogo di stagionatura (n=15)

		Grasso	Proteine	Umidità
Condizionata	Media	30,08	31,09	32,19
	Dev. St	6,45	1,84	2,46
Miniera	Media	29,50	33,00	32,77
	Dev. St	3,08	2,54	0,79
Naturale	Media	31,49	30,79	31,54
	Dev. St	4,48	3,00	1,64

Alla luce delle difficoltà incontrate nella gestione dell'UR della galleria di miniera e dell'anomalia che ne sarebbe prevedibilmente derivata (confermata poi dai dati di umidità), si è scelto di

approfondire la caratterizzazione del contenuto di umidità dei formaggi introducendo misure non previste e soprattutto applicandole a 3 diverse zone del formaggio (crosta, sottocrosta e pasta) per capire più a fondo l'influenza delle condizioni di stagionatura sulla distribuzione stratigrafica dell'umidità.

L'analisi è stata eseguita su tre diverse zone del campione definite geometricamente come segue:

- Crosta (c): 0.5 cm di spessore dall'esterno;
- Sottocrosta (s): $0.5 \text{ cm} < s < 1.5 \text{ cm}$;
- Pasta (p): da 1.5 cm fino al centro.



Figura 4.1 – Segmentazione eseguita sul campione di formaggio al fine di grattugiare e analizzare separatamente tre diverse zone: la crosta (c), il sottocrosta (s) e la pasta (p).

Sulla medesima campionatura di formaggi è stato determinato quindi il contenuto di umidità nelle tre zone indicate, evidenziando come in particolare la zona di crosta e sottocrosta dei formaggi stagionati in miniera siano risultate significativamente molto più umide. Tale fenomeno, per quanto attenuato sensibilmente, resta visibile anche nella pasta.

In Tabella 4.1.9 è rappresentato l'andamento complessivo (compresa la crosta a differenza dell'analisi di composizione) dell'umidità dei formaggi primaverili delle singole aziende stagionati nei tre diversi ambienti per 12 e 16 mesi. I formaggi stagionati in miniera presentano un valore di umidità circa due punti percentuali superiore a quelli stagionati in magazzino condizionato e naturale, senza mostrare una diminuzione al proseguire della stagionatura. Sono da osservare i valori molto bassi di questi ultimi, mediamente inferiori a 28%.

L'umidità complessiva (compresa la crosta) dei formaggi invernali stagionati per 10 e 13 mesi (Tabella 4.1.9 bis) mostra un valore superiore di umidità per i formaggi di miniera limitatamente ai primi 10 mesi di stagionatura. L'umidità dei formaggi di 13 mesi è confrontabile per i tre ambienti.

Nelle successive Tabelle (4.1.10 – 4.1.13) sono rappresentati i valori di umidità dei formaggi suddivisi per crosta, sottocrosta e pasta al fine di meglio descrivere e comprendere il gradiente di umidità che si instaura nella forma.

Tab. 4.1.9) Contenuto totale di % di umidità (g/100g) di formaggi (*compresa la crosta*) della produzione aprile-luglio 2017 dopo 12 e 16 mesi di stagionatura classificati per azienda e per luogo di stagionatura

12 mesi					
Azienda →	A	B	C	D	Tutte
Condizionata	28,67	27,04	28,87	27,91	28,14
Miniera	31,09	29,41	30,66	29,98	30,31
Naturale	26,99	27,33	26,69	27,44	27,08
16 mesi					
Azienda →	A	B	C	D	Tutte
Condizionata	27,97	25,66	26,02	26,65	26,64
Miniera	32,62	30,95	32,78	34,19	32,45
Naturale	27,26	26,65	27,30	27,12	27,10

Tab. 4.1.9 bis) Contenuto totale di % di umidità (g/100g) di formaggi (*compresa la crosta*) della produzione invernale (gennaio febbraio 2018) dopo 10 e 13 mesi di stagionatura classificati per azienda e per luogo di stagionatura

Azienda		Condizionata			Miniera			Naturale		
		crosta	sotto crosta	pasta	crosta	sotto crosta	pasta	crosta	sotto crosta	pasta
10 mesi										
A	media	16,20	27,84	36,52	29,09	32,98	39,53	17,71	33,44	35,42
	dev.st	0,22	0,18	0,15	0,37	0,48	0,39	0,42	0,44	0,03
B	media	18,53	28,27	35,12	18,74	27,88	35,11	15,39	27,41	33,82
	dev.st	0,37	0,15	1,01	0,22	1,15	0,36	1,72	0,06	0,20
C	media	19,56	28,34	36,20	23,34	30,26	36,74	19,33	28,45	36,10
	dev.st	0,39	0,28	0,12	0,71	0,10	0,18	0,21	0,22	0,18
D	media	17,61	24,94	32,88	17,95	26,04	32,44	20,29	27,57	35,22
	dev.st	0,41	0,32	0,30	0,28	0,13	0,30	0,29	0,66	0,03
E	media	16,18	25,19	33,92	27,62	29,69	34,34	15,43	25,27	32,85
	dev.st	0,19	0,40	0,51	0,14	0,13	0,76	0,12	0,17	0,43
Tutte	media	17,61	26,92	34,93	23,35	29,37	35,63	17,63	28,43	34,68
	dev.st	1,47	1,70	1,53	5,04	2,61	2,67	2,23	3,04	1,32
13 mesi										
A	media	16,70	24,18	30,14	19,26	27,83	36,25	18,89	29,63	35,05
	dev.st	0,32	0,28	0,05	0,20	0,44	0,20	0,43	0,30	0,05
B	media	17,06	26,25	33,32	16,20	26,32	34,36	18,13	27,44	32,45
	dev.st	0,16	0,06	0,12	0,17	0,27	0,10	0,11	0,09	0,05
C	media	19,39	28,63	36,30	19,51	29,52	33,80	16,64	25,37	30,98
	dev.st	0,20	0,35	0,33	0,39	0,43	0,19	0,38	0,12	0,07
D	media	22,20	29,88	36,43	19,50	28,34	35,01	20,75	28,73	34,34
	dev.st	0,21	0,11	0,29	0,19	0,32	0,06	0,20	0,11	0,11
E	media	19,18	26,26	34,58	19,13	28,64	33,27	17,16	25,26	32,99
	dev.st	0,63	0,46	0,07	0,35	0,18	0,85	0,35	0,23	0,11
Tutte	media	18,90	27,04	34,15	18,72	28,13	34,54	18,31	27,29	33,16
	dev.st	2,20	2,24	2,59	1,42	1,18	1,15	1,62	1,96	1,60

Tab. 4.1.10) Contenuto % di umidità (g/100g) di crosta, sottocrosta e pasta di formaggi della produzione aprile-luglio 2017 dopo 12 mesi di stagionatura. Dati espressi come media ± deviazione standard

Stagionatura	Azienda →	A	B	C	D	Tutte
Condizionata	Crosta	16.64 ± 1.5	14.19 ± 1.97	17.04 ± 1.92	16.68 ± 1.52	16.09 ± 2.12
	2-sottocrosta	25.64 ± 1.33	22.97 ± 2.26	24.97 ± 2.14	25.26 ± 1.07	24.66 ± 2.11
	3-pasta	32.3 ± 1.12	31.24 ± 0.65	32.8 ± 1.6	31.23 ± 0.2	31.95 ± 1.28
Miniera	Crosta	19.6 ± 1.81	18.12 ± 1.56	20.71 ± 0.74	19.96 ± 0.59	19.56 ± 1.65
	2-sottocrosta	29 ± 2.32	25.51 ± 0.85	28.25 ± 0.81	27.17 ± 0.63	27.51 ± 1.94
	3-pasta	34.26 ± 2.07	33.23 ± 2.33	33.63 ± 1.77	33.12 ± 0.35	33.6 ± 1.93
Naturale	Crosta	14.41 ± 1.7	15.31 ± 1.67	15.73 ± 1.22	13.5 ± 1.67	14.85 ± 1.76
	2-sottocrosta	24.22 ± 3.91	24.37 ± 0.88	23.66 ± 1.36	22.63 ± 4.21	23.82 ± 2.91
	3-pasta	30.64 ± 0.82	30.94 ± 0.68	30.11 ± 1.49	32.15 ± 1.72	30.85 ± 1.39

Tab. 4.1.11) Contenuto % di umidità (g/100g) di crosta, sottocrosta e pasta di formaggi della produzione aprile-luglio 2017 dopo 16 mesi di stagionatura. Dati espressi come media ± deviazione standard

Stagionatura	Azienda →	A	B	C	D	Tutte
Condizionata	Crosta	15.94 ± 0.94	13.17 ± 0.48	13.82 ± 1.16	14.93 ± 0.21	14.4 ± 1.07
	2-sottocrosta	24.91 ± 0.21	21.22 ± 0.2	21.77 ± 0.94	22.7 ± 0.11	22.73 ± 1.38
	3-pasta	31.62 ± 1.03	29.93 ± 0.24	30.15 ± 0.9	30.58 ± 0.45	30.65 ± 0.94
Miniera	Crosta	23.52 ± 1.91	21.88 ± 1.24	24.17 ± 1.87	26.94 ± 1.17	23.81 ± 2.38
	2-sottocrosta	31.71 ± 0.39	28.16 ± 1.28	32.04 ± 3.84	32.33 ± 3.07	31.05 ± 2.99
	3-pasta	34.84 ± 0.81	33.88 ± 0.3	34.84 ± 1.72	36.4 ± 1.77	34.77 ± 1.6
Naturale	Crosta	16.5 ± 1.27	14.78 ± 0.77	15.67 ± 0.99	15.54 ± 1.42	15.64 ± 1.23
	2-sottocrosta	24.63 ± 1.83	24.24 ± 0.64	24.03 ± 1.69	24.68 ± 1.16	24.52 ± 1.51
	3-pasta	30.49 ± 1.49	30.02 ± 0.15	30.94 ± 0.58	30.44 ± 1.06	30.45 ± 1.03

Tab. 4.1.12) Contenuto % di umidità (g/100g) di crosta, sottocrosta e pasta di formaggi della produzione gennaio febbraio 2018 dopo 10 mesi di stagionatura. Dati espressi come media ± deviazione standard (analitica per la singola azienda)

Stagionatura	Azienda	A		B		C		D		E		Tutte	
		media	dev.st	media	dev.st								
Condizionata	crosta	16,20	0,22	18,53	0,37	19,56	0,39	17,61	0,41	16,18	0,19	17,61	1,47
	sotto crosta	27,84	0,18	28,27	0,15	28,34	0,28	24,94	0,32	25,19	0,40	26,92	1,70
	pasta	36,52	0,15	35,12	1,01	36,20	0,12	32,88	0,30	33,92	0,51	34,93	1,53
Miniera	crosta	29,09	0,37	18,74	0,22	23,34	0,71	17,95	0,28	27,62	0,14	23,35	5,04
	sotto crosta	32,98	0,48	27,88	1,15	30,26	0,10	26,04	0,13	29,69	0,13	29,37	2,61
	pasta	39,53	0,39	35,11	0,36	36,74	0,18	32,44	0,30	34,34	0,76	35,63	2,67
Naturale	crosta	17,71	0,42	15,39	1,72	19,33	0,21	20,29	0,29	15,43	0,12	17,63	2,23
	sotto crosta	33,44	0,44	27,41	0,06	28,45	0,22	27,57	0,66	25,27	0,17	28,43	3,04
	pasta	35,42	0,03	33,82	0,20	36,10	0,18	35,22	0,03	32,85	0,43	34,68	1,32

Tab. 4.1.13) Contenuto % di umidità (g/100g) di crosta, sottocrosta e pasta di formaggi della produzione gennaio febbraio 2018 dopo 13 mesi di stagionatura. Dati espressi come media \pm deviazione standard (analitica per la singola azienda)

Stagionatura	Azienda	A		B		C		D		E		Tutte	
		media	dev.st	media	dev.st								
Condizionata	crosta	16,70	0,32	17,06	0,16	19,39	0,20	22,20	0,21	19,18	0,63	18,90	2,20
	sotto crosta	24,18	0,28	26,25	0,06	28,63	0,35	29,88	0,11	26,26	0,46	27,04	2,24
	pasta	30,14	0,05	33,32	0,12	36,30	0,33	36,43	0,29	34,58	0,07	34,15	2,59
Miniera	crosta	19,26	0,20	16,20	0,17	19,51	0,39	19,50	0,19	19,13	0,35	18,72	1,42
	sotto crosta	27,83	0,44	26,32	0,27	29,52	0,43	28,34	0,32	28,64	0,18	28,13	1,18
	pasta	36,25	0,20	34,36	0,10	33,80	0,19	35,01	0,06	33,27	0,85	34,54	1,15
Naturale	crosta	18,89	0,43	18,13	0,11	16,64	0,38	20,75	0,20	17,16	0,35	18,31	1,62
	sotto crosta	29,63	0,30	27,44	0,09	25,37	0,12	28,73	0,11	25,26	0,23	27,29	1,96
	pasta	35,05	0,05	32,45	0,05	30,98	0,07	34,34	0,11	32,99	0,11	33,16	1,60

Il trend di aumento di umidità tra 12 e 16 mesi di stagionatura, osservato nella prima prova di stagionatura, diventa particolarmente evidente a livello della crosta. Tale trend non è stato confermato dalla seconda parte della sperimentazione, in cui i formaggi sono sempre rimasti in miniera e non hanno quindi risentito del probabile essiccamento iniziale. Alcuni dei formaggi a 10 mesi stagionati in miniera hanno risentito delle condizioni igrometriche (non perfettamente stabilizzate) presentando soprattutto una crosta molto più umida, ma dopo 13 mesi in miniera, pur continuando a risultare leggermente più umidi, hanno mostrato il normale trend verso la perdita di umidità, riducendo sensibilmente le differenze con i formaggi stagionati in ambiente condizionato e naturale sia a livello di crosta che di sottocrosta e pasta.

4.2 Attività dell'acqua

L'attività dell'acqua (a_w) di un alimento è un parametro che indica la disponibilità di H_2O per le reazioni biologiche e chimiche e quindi potenzialmente influisce sulla velocità di reazione e quindi anche sulle caratteristiche della maturazione dei formaggi e quindi su parte delle loro proprietà sensoriali.

A_w del formaggio è a sua volta in equilibrio con l'UR% dell'aria degli ambienti di stagionatura e si ha migrazione di vapore acqueo dalla superficie dell'alimento all'ambiente o viceversa in funzione della differenza tra valori di a_w e UR%.

Lo studio stratigrafico dei valori di a_w deve purtroppo considerare che a sua volta la crosta ha uno spessore di 0,5 cm e quindi il valore di a_w della crosta rappresenta un valore complessivo e non quello dello strato limite di interfaccia in cui si hanno gli scambi di vapore tra crosta e ambiente.

Ciò nonostante lo studio dei valori di a_w delle tre diverse zone dei formaggi permette di capire meglio i trend mostrati dai valori di umidità (tab 4.2.1- 4.2.4)

Tab.4.2.1) Valori medi di a_w (\pm deviazione standard) dei formaggi dopo 12 mesi di stagionatura

Stagionatura	Azienda	A	B	C	D
Condizionata	Crosta	0.89 ± 0.01	0.88 ± 0.01	0.87 ± 0.02	0.89 ± 0.01
	Sottocrosta	0.91 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.00
	Pasta	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.00	0.93 ± 0.01	0.94 ± 0.00
Miniera	Crosta	0.90 ± 0.00	0.91 ± 0.01	0.91 ± 0.01	0.92 ± 0.01
	Sottocrosta	0.94 ± 0.00	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.01
	Pasta	0.94 ± 0.00	0.94 ± 0.01	0.94 ± 0.00	0.94 ± 0.00
Naturale	Crosta	0.88 ± 0.00	0.88 ± 0.00	0.88 ± 0.00	0.86 ± 0.00
	Sottocrosta	0.91 ± 0.00	0.91 ± 0.00	0.91 ± 0.01	0.90 ± 0.00
	Pasta	0.92 ± 0.00	0.92 ± 0.00	0.93 ± 0.01	0.92 ± 0.00

I dati di a_w dei formaggi primaverili stagionati 12 mesi (Tab 4.2.1) mostrano l'atteso valore decrescente di a_w dalla pasta alla crosta per tutti i formaggi.

I valori di a_w della crosta dei formaggi stagionati in miniera sono i più elevati, coerentemente con il maggiore valore di umidità, e risultano comparabili a quelli di sottocrosta e pasta dei formaggi stagionati in magazzino condizionato o naturale.

Tab.4.2.2) Valori medi di aw (\pm deviazione standard) dei formaggi dopo 16 mesi di stagionatura

Stagionatura	Azienda	A	B	C	D
Condizionata	Crosta	0.86 \pm 0.02	0.85 \pm 0.02	0.85 \pm 0.01	0.86 \pm 0.01
	Sottocrosta	0.90 \pm 0.01	0.91 \pm 0.01	0.89 \pm 0.01	0.92 \pm 0.00
	Pasta	0.92 \pm 0.01	0.93 \pm 0.00	0.92 \pm 0.02	0.93 \pm 0.00
Miniera	Crosta	0.92 \pm 0.00	0.92 \pm 0.01	0.92 \pm 0.01	0.93 \pm 0.00
	Sottocrosta	0.94 \pm 0.00	0.94 \pm 0.00	0.93 \pm 0.00	0.94 \pm 0.00
	Pasta	0.94 \pm 0.00	0.94 \pm 0.00	0.94 \pm 0.00	0.94 \pm 0.00
Naturale	Crosta	0.86 \pm 0.02	0.87 \pm 0.01	0.85 \pm 0.01	0.86 \pm 0.01
	Sottocrosta	0.89 \pm 0.01	0.9 \pm 0.01	0.89 \pm 0.01	0.9 \pm 0
	Pasta	0.91 \pm 0.01	0.91 \pm 0	0.9 \pm 0.01	0.92 \pm 0

I valori di aw dei formaggi stagionati in miniera per 16 mesi mostrano una risalita rispetto ai valori delle forme campionate dopo 12 mesi di stagionatura, in accordo con il dato di lieve aumento di peso osservato (Tab 4.2.2). I valori di aw dei formaggi stagionati per 16 mesi in magazzino condizionato e naturale presentano, come prevedibile, valori inferiori di aw rispetto ai formaggi di 12 mesi con valori medi inferiori a 0,93 anche per la pasta.

I valori di aw dei formaggi della seconda parte della sperimentazione (Tab 4.2.3) sono in genere più elevati rispetto ai formaggi di 12 mesi, coerentemente con la minore durata di stagionatura con valori nella pasta uguali o superiori a 0,93 per tutti i formaggi. I formaggi stagionati in miniera mostrano i valori superiori, soprattutto a livello di crosta.

Tab.4.2.3) Valori medi di a_w dei formaggi dopo 10 mesi di stagionatura in funzione dell'azienda e valore medio (\pm deviazione standard) dei formaggi di tutte le aziende in funzione del luogo di stagionatura

Azienda	Stagionatura	Condizionata	Miniera	Naturale
A	Crosta	0,898	0,942	0,878
	Sottocrosta	0,943	0,950	0,913
	Pasta	0,952	0,972	0,919
B	Crosta	0,907	0,908	0,879
	Sottocrosta	0,926	0,933	0,910
	Pasta	0,939	0,943	0,922
C	Crosta	0,901	0,927	0,882
	Sottocrosta	0,922	0,948	0,921
	Pasta	0,936	0,953	0,935
D	Crosta	0,880	0,872	0,889
	Sottocrosta	0,922	0,913	0,922
	Pasta	0,937	0,926	0,934
E	Crosta	0,889	0,940	0,884
	Sottocrosta	0,922	0,966	0,916
	Pasta	0,934	0,989	0,923
Tutte	Crosta	0,895\pm0,011	0,918\pm0,029	0,882\pm0,005
	Sottocrosta	0,927\pm0,009	0,942\pm0,020	0,916\pm0,005
	Pasta	0,940\pm0,007	0,957\pm0,025	0,926\pm0,007

Al 13° mese di stagionatura si osserva una diminuzione di tutti i valori di a_w di tutti i formaggi, anche di quelli stagionati in miniera, in accordo con il trend osservato per i valori di contenuto di umidità del formaggio (Tab. 4.2.4).

Il dato finale di a_w sembra confermare la migliore funzionalità complessiva della gestione della galleria di miniera. La diversa velocità di diminuzione di a_w tuttavia è un fattore che non può essere trascurato a priori e dovrà essere compreso in futuri lavori se e in che misura la potenziale maggiore velocità di reazione avuta per un lungo periodo di stagionatura può avere contribuito a una diversità di maturazione dei formaggi e quindi a proprietà sensoriali diverse.

L'abbassamento del valore di a_w a valori inferiori a 0,93 è un fattore importante per limitare la crescita microbica e quindi interagire positivamente con la sicurezza microbiologica di un formaggio prodotto con latte crudo.

Tab.4.2.4) Valori medi di a_w dei formaggi dopo 13 mesi di stagionatura in funzione dell'azienda e valore medio (\pm deviazione standard) dei formaggi di tutte le aziende in funzione del luogo di stagionatura

Azienda	Stagionatura	Condizionata	Miniera	Naturale
A	Crosta	0,863	0,908	0,907
	Sottocrosta	0,898	0,929	0,917
	Pasta	0,908	0,945	0,929
B	Crosta	0,908	0,900	0,897
	Sottocrosta	0,921	0,922	0,915
	Pasta	0,928	0,931	0,920
C	Crosta	0,905	0,888	0,866
	Sottocrosta	0,924	0,916	0,907
	Pasta	0,934	0,929	0,918
D	Crosta	0,886	0,889	0,897
	Sottocrosta	0,914	0,908	0,912
	Pasta	0,917	0,915	0,921
E	Crosta	0,885	0,902	0,863
	Sottocrosta	0,911	0,923	0,889
	Pasta	0,928	0,929	0,901
	Crosta	0,889\pm0,018	0,897\pm0,009	0,886\pm0,020
	Sottocrosta	0,914\pm0,010	0,920\pm0,008	0,908\pm0,011
Tutte	Pasta	0,923\pm0,010	0,930\pm0,011	0,918\pm0,010

4.3 Analisi sensoriale

L'influenza del luogo di stagionatura sulle proprietà sensoriali dei formaggi è stata valutata sia chiedendo il giudizio a consumatori abituali del formaggio Nostrano Valtrompia, sia realizzando test triangolari di riconoscimento di eventuali differenze presso l'Università di Parma.

Consumer test

Formaggi di produzione primaverile estiva

I formaggi oggetto di analisi (ad esclusione dei formaggi invernali di 10 mesi di cui è stata fatta solo la caratterizzazione analitica) sono stati sottoposti in diversi momenti all'assaggio da parte di una popolazione eterogenea di consumatori, preferenzialmente abitanti della Valle Trompia, cui è stato richiesta la compilazione di una scheda di valutazione. Gli attributi organolettici testati sono stati ricavati dal disciplinare di produzione del Nostrano Valtrompia DOP; sulla facciata iniziale di ogni scheda sensoriale (Figura 4.1) ne è riportato un estratto al fine di dare all'assaggiatore uno standard di riferimento oggettivo. Si è richiesto di esprimere un'opinione relativa a caratteristiche legate all'aspetto (colore, occhiatura), alla consistenza e al flavour. Per ogni descrittore è stata richiesta una valutazione da 1 a 7: il risultato ottimale per questi descrittori è il valore intermedio di 4, mentre una valutazione agli estremi della scala indica un difetto o un eccesso di tale caratteristica. Nel caso del parametro relativo al giudizio sulla presenza di occhiatura il valore migliore è 1, ovvero assenza di occhiature in accordo con quanto previsto dal disciplinare.. Infine è stato richiesto di esprimere un gradimento complessivo, ed in questo caso la valutazione 7 rappresenta il giudizio massimamente positivo.

I campioni sono stati proposti sotto forma di cubetti senza crosta e per ogni tipologia è stata messa a disposizione anche un'intera fetta per permettere una valutazione visiva più complessiva.

La scheda, valida per una terna di formaggi è stata somministrata ad ogni assaggiatore con lo scopo di valutare nella stessa occasione di assaggio tre formaggi di uno stesso produttore stagionati nei tre diversi locali.



Progetto Stagionatura in Miniera



SCHEDA DI ASSAGGIO _____

Il formaggio “Nostrano Valtrompia D.O.P.” ha una **PASTA DURA** non eccessivamente granulosa e **PUÒ** inoltre presentare un’**OCCHIATURA** di dimensione **medio-fine** uniformemente distribuita.

Il **COLORE** della pasta è **giallo paglierino** tendente al **giallo-verde**.

Il **GUSTO** e l’**AROMA** sono **intensi** e **pieni** senza percezione di note acide con eventuali note di pungente appena accennate.

Sesso: F M Età: <30 30-50 >50

PROVA 1

CONSISTENZA						
1	2	3	4	5	6	7
Troppo morbido			Corretta			Troppo duro

PRESENZA OCCHIATURA / APERTURA DELLA PASTA						
1	2	3	4	5	6	7
Assente						Eccessiva

COLORE						
1	2	3	4	5	6	7
Tendente al verde			Giallo paglierino			Giallo Intenso

INTENSITÀ DI GUSTO E AROMA						
1	2	3	4	5	6	7
Troppo poco percepibile			Corretto			Troppo forte

GRADIMENTO COMPLESSIVO						
PESSIMO	MEDIOCRE	SUFFICIENTE	ACCETTABILE	DISCRETO	BUONO	OTTIMO
Commenti: _____ _____ _____						

Figura 4.3.1) Scheda per l'analisi sensoriale descrittiva. A sinistra è riportata la prima pagina della scheda; a destra sono la parte relativa alle valutazioni richieste per il primo formaggio della terna, valutata da ogni assaggiatore

L'organizzazione di 14 eventi di assaggio ha consentito di compilare 560 test di gradimento confrontando ogni volta una terna di formaggi di produzione primaverile-estiva. L'analisi delle valutazioni assegnate dagli assaggiatori relative ai parametri organolettici richiesti ha evidenziato differenze tra i formaggi stagionati nei diversi locali. Il gradimento finale dei formaggi assaggiati è stato complessivamente positivo. In generale il formaggio stagionato in miniera è stato meno gradito (in particolare dopo 16 mesi di stagionatura), forse anche in relazione alla consistenza meno dura che non è percepita come tipica dei formaggi a pasta dura della montagna bresciana da parte dei consumatori locali. La consistenza dei formaggi stagionati negli altri due locali è stata valutata più dura. Nonostante la lieve differenza di gradimento complessivo tra i formaggi stagionati nel magazzino condizionato e quelli stagionati nella cantina tradizionale, gli assaggiatori hanno valutato con una maggiore intensità di gusto e aroma i campioni provenienti dalla stagionatura in cantina tradizionale; dei medesimi formaggi viene anche valutata una maggiore presenza di occhiature ed aperture della pasta, soprattutto nei campioni di 16 mesi.

Tab. 4.3.1) Risultati delle schede sensoriali del consumer test relativo ai formaggi di produzione primaverile-estiva 2017, classificati in base al luogo di stagionatura

Locale di stagionatura	Mesi di stagionatura	Consistenza	Presenza occhiature ed aperture nella pasta	Colore	Intensità di gusto ed aroma	Gradimento complessivo
Condizionata	12	4.1 ± 0.2	2.9 ± 0.3	4.1 ± 0.3	3.9 ± 0.3	5,0 ± 0.2
	16	4 ± 0.4	3 ± 0.7	4 ± 0.4	3.7 ± 0.4	4.4 ± 0.9
Miniera	12	3.4 ± 0.3	2.9 ± 0.5	3.9 ± 0.4	3.9 ± 0.3	4,9 ± 0.2
	16	2.6 ± 0.7	2.4 ± 0.5	3.2 ± 0.6	3.9 ± 0.4	3.7 ± 0.6
Tradizionale	12	3.9 ± 0.3	3 ± 0.4	4.1 ± 0.4	4.4 ± 0.4	5,0 ± 0.1
	16	3.9 ± 0.4	3.5 ± 0.6	4 ± 0.5	4.2 ± 0.3	4.9 ± 0.5

La valutazione dei formaggi sulla base dei singoli produttori non ha evidenziato invece particolari differenze per i formaggi maturati 12 mesi (Tab 4.3.1 bis) ed evidenzia in generale, tranne che l'azienda C un trend verso una valutazione inferiore dopo 16 mesi di stagionatura (Tabella 4.3.1.e 4.3.1 ter). E' importante tuttavia non dimenticare che i formaggi stagionati per 12 e 16 mesi sono diversi fin dall'inizio, e questo potrebbe in qualche misura avere influito sul risultato.

Tab. 4.3.1 bis) Risultati delle schede sensoriali del consumer test relativo ai formaggi di produzione primaverile-estiva 2017 stagionati per 12 mesi classificati in base al produttore

Azienda		Consistenza	Presenza di occhiatura/apertura della pasta	Colore	Intensità di gusto e aroma	Gradimento complessivo
A	Media	3,70	2,73	3,82	4,10	5,11
	Dev st	1,17	1,45	1,15	1,13	1,28
B	media	3,54	2,52	3,93	4,35	4,97
	Dev st	1,13	1,50	1,04	1,21	1,31
C	Media	4,05	3,08	4,62	4,10	4,97
	Dev st	1,15	1,47	1,23	1,26	1,29
D	media	3,97	3,37	3,81	3,69	4,80
	Ds	1,19	1,44	1,02	1,12	1,25
Valutazione ideale		4	1	4	4	7

Tab. 4.3.1 ter) Risultati delle schede sensoriali del consumer test relativo ai formaggi di produzione primaverile-estiva 2017 stagionati per 16 mesi classificati in base al produttore

		Consistenza	Presenza di occhiatura / apertura della pasta	Colore	Intensità di gusto e aroma	Gradimento complessivo
A	media	3,47	2,98	3,50	4,00	4,42
	Dev.st	1,12	1,51	1,04	1,13	1,50
B	media	2,90	2,28	3,59	3,76	3,72
	Dev.st	1,21	1,18	0,97	1,35	1,49
C	media	4,17	2,94	4,52	4,28	5,17
	Dev.st	1,05	1,38	1,11	1,03	1,51
D	media	3,51	3,71	3,38	3,65	3,95
	Dev.st	1,32	1,63	0,99	1,16	1,46
Valutazione ideale		4	1	4	4	7

Formaggi di produzione invernale

I formaggi di produzione invernale della seconda parte della sperimentazione sono stati sottoposti dopo 13 mesi di stagionatura a valutazione sensoriale da parte di consumatori locali. Il numero di test eseguiti è stato importante (oltre 200 assaggi), ma inferiore a quelli della prima parte a causa soprattutto dei tempi ridotti a disposizione. I risultati di questi test (Tabella 4.3.2 e 4.3.39) confermano sostanzialmente i risultati della prima parte della sperimentazione mostrando che la stagionatura in miniera (è opportuno ricordare che solo negli ultimi mesi il sistema di regolazione dell'umidità è andato verso un regime soddisfacente) ha portato ad ottenere formaggi leggermente meno graditi come valutazione complessiva. La valutazione della consistenza ha dato risultati comparabili ai formaggi stagionati in magazzino condizionato e naturale, a differenza dei formaggi della prima parte della sperimentazione, quando stagionati 16 mesi.

La valutazione dei consumatori suddivisa per azienda mostra differenze meno accentuate rispetto ai formaggi primaverili, ma il gradimento complessivo è stato inferiore a quello dei formaggi primaverili, in accordo con il sentire comune per il quale i formaggi primaverili e più ancora quelli di malga, hanno una migliore potenzialità di esprimere una qualità sensoriale superiore.

Tab. 4.3.2) Risultati delle schede sensoriali del consumer test relativo ai formaggi di produzione invernale 2018, classificati in base al luogo di stagionatura

		Consistenza	Presenza di occhiatura/apertura della pasta	Colore	Intensità di gusto e aroma	Gradimento complessivo
miniera	media	3,32	2,68	3,09	3,31	3,38
	Dev.st	0,94	1,46	0,94	1,55	1,26
condizionata	media	3,56	2,88	3,45	3,96	4,19
	Dev.st	1,09	1,35	1,05	1,23	1,56
naturale	media	3,17	2,58	3,00	3,45	3,95
	Dev.st	1,05	1,37	1,05	1,31	1,64

Tab. 4.3.3) Risultati delle schede sensoriali del consumer test relativo ai formaggi di produzione invernale 2018 stagionati per 13 mesi classificati in base al produttore

		Consistenza	Presenza di occhiatura/apertura della pasta	Colore	Intensità di gusto e aroma	Gradimento complessivo
A	media	3,3	2,5	3,0	3,4	3,5
	dev.st	1,0	1,5	1,1	1,3	1,4
B	media	3,4	2,4	3,3	3,4	4,1
	dev.st	0,9	1,3	1,0	1,2	1,2
C	media	3,4	3,5	3,3	4,1	4,2
	dev.st	0,9	1,4	0,9	1,4	1,7
D	media	3,5	2,9	2,9	3,0	4,0
	dev.st	0,9	1,4	0,7	1,1	1,3
E	media	3,3	2,6	3,4	4,0	3,6
	dev.st	1,3	1,2	1,2	1,7	1,9

Test sensoriale di riconoscimento

I test triangolari svolti in totale (relativamente alla prima parte della sperimentazione) sono stati 501. Un totale di 11 eventi di assaggio organizzati ha permesso di coinvolgere complessivamente 167 persone che hanno contribuito alla valutazione del confronto tra formaggi di uno stesso produttore stagionati nei tre locali di stagionatura oggetto di studio.

La stagionatura nei tre diversi luoghi ha modificato le caratteristiche sensoriali dei formaggi in quanto gli assaggiatori sono stati in grado di riconoscere i diversi luoghi con il 63,5% di risposte corrette (Tab. 4.3.4). Questa percentuale di riconoscimento rende significativa la differenza tra campioni come determinato da test statistico binomiale ($P < 0.05$).

	Confronto			Totale complessivo
	C-M	M-T	T-C	
Totale delle analisi	167	170	164	501
N° di campioni riconosciuti come diversi	109	107	102	318
Percentuale di riconoscimento	65.3%	62.9%	62.2%	63.5%

Per comprendere le ragioni del riconoscimento è stato richiesto agli assaggiatori di indicare quali fossero i fattori responsabili delle diversità. Gli indicatori differenziali sono stati scelti e riportati in scheda basandosi sulle caratteristiche tipiche del formaggio, oltre che su alcuni parametri riconoscibili nei formaggi duri a lunga stagionatura (amaro, colore, presenza di cristalli bianchi nella pasta, etc). Considerando solo le indicazioni date dagli assaggiatori che hanno correttamente riconosciuto i formaggi, il risultato evidente è che i formaggi sono stati valutati diversi principalmente per la loro consistenza (61,6%), per il colore (12,1%) e per la presenza di occhiature (8,2%) (Tab. 4.3.5).

	Indicatore differenziale							
	Consistenza	Amaro	Acido	Colore	Occhiatura	Piccante	Puntini bianchi	Sapido
Numero di indicazioni	188	12	10	37	25	10	13	10
% sul totale delle indicazioni	61.6%	3.9%	3.3%	12.1%	8.2%	3.3%	4.3%	3.3%

4.4 Valutazione oggettiva/strumentale di alcune proprietà sensoriali

Per cercare di comprendere meglio le caratteristiche sensoriali dei formaggi oggetto del progetto e quindi anche la coerenza con le valutazioni sensoriali da parte dei consumatori, una parte dei medesimi è stata sottoposta ad analisi oggettive/strumentali di misura della consistenza e di valutazione del colore.

4.4.1 Misure di consistenza

L'analisi della consistenza è stata eseguita tramite texture analyzer TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) con cella di carico di 30 kg. Il software di analisi dati è Exponent for XT Plus. Si è scelto di usare un test di penetrazione, applicato a diverse zone della forma secondo lo schema riportato in Figura 4.4.1.1.

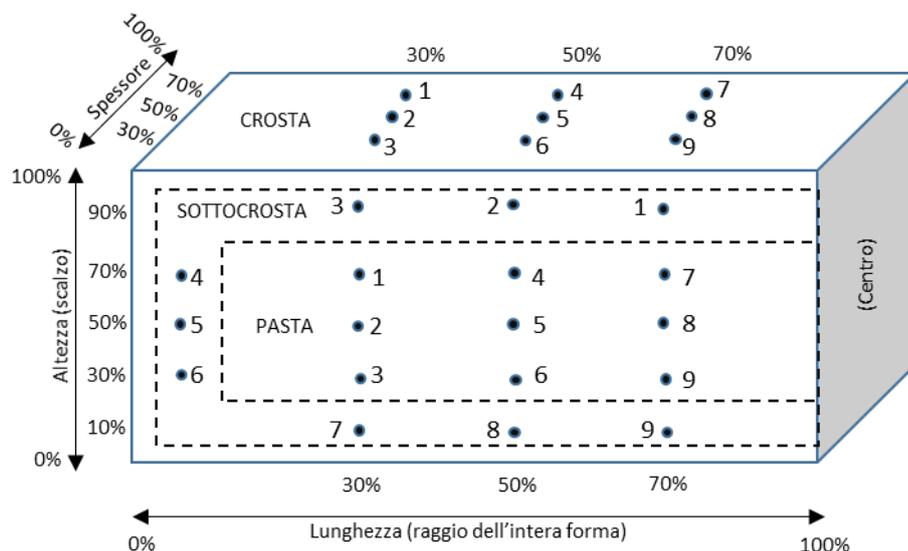


Figura 4.4.1.1) Schema della suddivisione delle zone del campione per le analisi di consistenza

Per ottenere un dato medio di consistenza delle zone di pasta e sottocrosta sono state eseguite nove repliche d'analisi ognuna. La crosta invece è stata analizzata su entrambe le facce, eseguendo così diciotto repliche d'analisi. I punti di misura sono stati codificati in modo da quantificare il gradiente di consistenza all'interno della stessa zona del formaggio. Poiché ogni forma ha dimensioni diverse, per avere un dato medio meno influenzato dalla diversità assoluta del punto di misura, tali punti sono stati identificati forma per forma, normalizzando la distanza in funzione della dimensione del campione. Le analisi sono state quindi fatte al 30-50-70% (10-90% per il sottocrosta) della lunghezza e dello scalzo e del raggio, indipendentemente quindi dalle dimensioni effettive degli stessi. Il test di penetrazione con sonda sferica con diametro 3 mm genera un grafico del tipo rappresentato in figura 4.4.1.2.

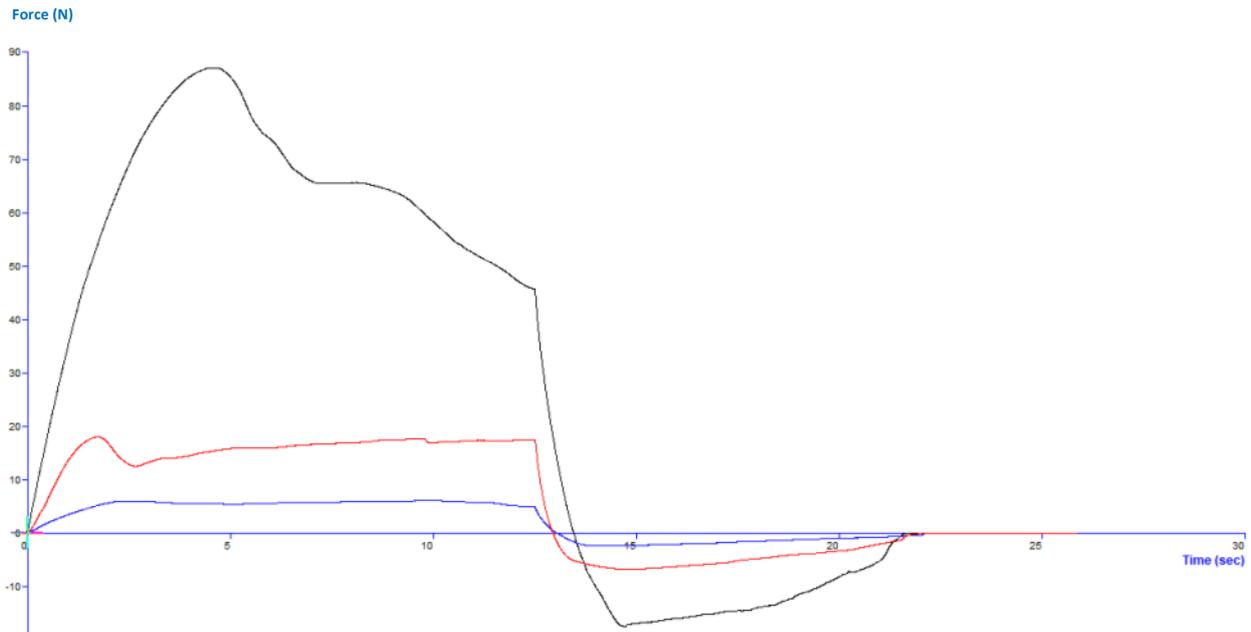


Fig.4.4.1.2 Grafico generato da tre test di puntura eseguiti su un campione di Nostrano Valtrompia con Texture analyzer. LINEA NERA = crosta; LINEA ROSSA = sottocrosta; LINEA BLU = pasta.

Il software dello strumento restituisce numerosi parametri in risposta al test di penetrazione, fra cui Hardness max (N): indica il valore massimo di forza registrato durante l'analisi

Rupture force (N): indica il punto di rottura di superficie, corrisponde al valore di forza del primo picco che si forma. Nella crosta tale valore è sempre uguale alla hardness max (grafico 4.4.1.2), in quanto, successivamente alla rottura della superficie esterna conseguente alla penetrazione della sonda, il campione mostra un calo della forza durante la restante parte del test di puntura;

Gradient ($N\ mm^{-1}$): definisce l'inclinazione della tangente alla curva di forza/deformazione nel tempo considerato (i.e. 0.5 s). Tale parametro è riportato in $N\ mm^{-1}$ in quanto il software di elaborazione dati calcola lo spazio percorso dalla sonda e la durata del test. Tale parametro è correlato significativamente con la durezza del formaggio e ne è direttamente proporzionale.

Produzione primaverile

I risultati dei test dei formaggi della produzione primaverile 2017 sono rappresentati in Tabella 4.4.1.1.

Per tutte e tre le zone analizzate (crosta, sottocrosta e pasta) si evidenzia un gradiente di consistenza, per cui come atteso crosta, sottocrosta e pasta presentano valori decrescenti. L'influenza delle condizioni di stagionatura è particolarmente evidente per i formaggi stagionati in miniera che sono risultati decisamente meno duri rispetto ai formaggi stagionati negli altri due locali, non solo a livello di crosta, ma anche di sottocrosta e pasta, confermando quindi le valutazioni sensoriali. Per i formaggi primaverili stagionati in miniera si assiste, coerentemente con il fenomeno già evidenziato di aumento dei valori di umidità di crosta e sottocrosta, a una diminuzione dei valori dei parametri di consistenza e quindi ad un parziale rammollimento superficiale del formaggio. Al contrario, come atteso, la consistenza dei formaggi stagionati nel magazzino condizionato e in cantina naturale aumenta al progredire della stagionatura, coerentemente con il proseguire del calo peso. Le differenze di condizione di temperatura e UR della cantina naturale rispetto al magazzino condizionato si sono

manifestate in una maggiore consistenza della crosta per tutti i parametri misurati, mentre sottocrosta e pasta presentano valori confrontabili

Tab. 4.4.1.1) Valori di media \pm d.s dei parametri strumentali [Rupture force (N), Hardness max (N) e Gradient (N mm⁻¹)] di crosta sottocrosta e pasta di formaggi di produzione primaverile (2017) in funzione della durata e del luogo di stagionatura.

Zona d'analisi	Luogo di stagionatura	Rupture force (N)		Hardness max (N)		Gradient (N mm ⁻¹)	
		12 mesi	16 mesi	12 mesi	16 mesi	12 mesi	16 mesi
Crosta	Condizionata	47.9 \pm 17.38	78.53 \pm 26.86	47.92 \pm 17.36	78.53 \pm 26.86	19.52 \pm 7.04	30.57 \pm 8.67
	Miniera	23.86 \pm 10.28	19.77 \pm 4.89	23.89 \pm 10.3	19.8 \pm 4.89	8.89 \pm 3.49	7.99 \pm 2.25
	Tradizionale	62.0 \pm 27.59	81.8 \pm 31.4	62.08 \pm 27.59	81.82 \pm 31.42	24.2 \pm 10.2	32.86 \pm 10.08
Sottocrosta	Condizionata	10.75 \pm 5.08	14.1 \pm 5.81	13.7 \pm 6.38	18.43 \pm 8.29	10.14 \pm 3.73	13.58 \pm 5.1
	Miniera	6.32 \pm 3.7	5.01 \pm 2.82	7.82 \pm 4.59	6.69 \pm 4.06	5.05 \pm 2.15	5.23 \pm 2.16
	Tradizionale	12.14 \pm 7.4	15.02 \pm 7.1	12.44 \pm 8.17	20.68 \pm 9.31	11.97 \pm 5.5	18.07 \pm 6.19
Pasta	Condizionata	3.66 \pm 1.31	5.18 \pm 2.51	4.7 \pm 1.63	7.09 \pm 3.29	3.36 \pm 1.13	5.68 \pm 2.92
	Miniera	3.31 \pm 1.45	3.4 \pm 1.56	4.17 \pm 1.82	4.62 \pm 2.03	2.61 \pm 1.1	3.9 \pm 1.7
	Tradizionale	3.93 \pm 1.77	5.51 \pm 1.97	4.96 \pm 2.11	7.96 \pm 2.93	3.92 \pm 1.7	7.65 \pm 3.43

Pur essendo evidente la diversità di consistenza dovuta alla stagionatura in miniera, per capire anche il possibile contributo delle diversità dovute alla tecnica di produzione dei formaggi alla differenza di consistenza osservata per i tre luoghi di stagionatura, i valori dei parametri di misura sono stati confrontati in funzione dell'azienda produttrice (Tab. 4.4.1.2). I dati riferiti alla crosta sono stati inoltre ripartiti tra faccia superiore e inferiore.

I risultati indicano che esiste una differenza di consistenza tra i formaggi delle 4 aziende considerate e una forte variabilità anche all'interno della stessa azienda, soprattutto per i formaggi dell'azienda D, che risultano i più consistenti. L'ampiezza della variabilità aziendale è a sua volta influenzata dalle diverse condizioni di stagionatura.

I formaggi dell'azienda A risultano mediamente i meno consistenti, nonostante le forme siano le meno pesanti assieme a quelle dell'azienda D.

Si osserva inoltre una differenza di durezza tra le due facce della forma, con l'eccezione dei formaggi dell'azienda C. Questo andamento, considerando che le pratiche di magazzino sono state le stesse per tutti i formaggi, sembra suggerire che la fase di rivoltamento delle forme nelle prime 24 ore e/o le condizioni di salagione abbiano determinato differenze che non sono state riassorbite durante la successiva fase di stagionatura di 12 mesi. I dati riferiti a 16 mesi di stagionatura (Tab. 4.4.1.3) indicano un incremento delle differenze di consistenza tra le due facce. L'osservazione di queste differenze induce a riflettere sull'importanza delle prime fasi della lavorazione e della gestione del magazzino sull'esito complessivo della lavorazione.

Tab. 4.4.1.2) Valori di media \pm d.s dei parametri strumentali [Rupture force (N), Hardness max (N) e Gradient (N mm⁻¹)] di crosta (superiore e inferiore), pasta e sottocrosta di formaggi di 12 mesi di stagionatura (nei tre diversi luoghi) in funzione dell'azienda produttrice (produzione primaverile 2017)

Azienda	zona formaggio		Rupture force (N)	Hardness max [N]	Gradient [N/mm]
A	crosta a	Media	31,41	31,41	13,06
		Dev st	10,89	10,89	5,10
	crosta b	Media	27,39	27,39	12,51
		Dev st	11,56	11,56	6,10
	sottocrosta	Media	5,37	6,89	6,20
		Dev st	2,11	2,56	2,70
	pasta	Media	2,75	3,69	3,18
		Dev st	0,57	0,82	1,05
	B	crosta a	Media	42,79	42,79
Dev st			17,19	17,19	6,45
crosta b		Media	35,45	35,45	12,99
		Dev st	15,04	15,04	5,55
sottocrosta		Media	6,50	7,79	7,27
		Dev st	2,63	2,96	3,63
pasta		Media	2,51	3,14	2,45
		Dev st	0,54	0,80	1,07
C		crosta a	Media	49,25	49,36
	Dev st		19,14	19,06	11,92
	crosta b	Media	48,49	48,52	22,89
		Dev st	19,94	19,92	10,72
	sottocrosta	Media	14,60	14,88	12,66
		Dev st	5,74	6,19	5,32
	pasta	Media	4,91	6,24	4,24
		Dev st	1,36	1,34	1,13
	D	crosta a	Media	80,78	80,78
Dev st			40,96	40,96	10,60
crosta b		Media	58,37	58,37	21,27
		Dev st	29,30	29,30	14,21
sottocrosta		Media	14,03	17,05	10,86
		Dev st	7,12	9,46	5,65
pasta		Media	4,78	5,83	3,46
		Dev st	1,70	2,33	2,05

Tab. 4.4.1.3) Valori di media \pm d.s dei parametri strumentali [Rupture force (N), Hardness max (N) e Gradient (N mm⁻¹)] di crosta superiore e inferiore di formaggi di 16 mesi di stagionatura (nei tre diversi luoghi) in funzione dell'azienda produttrice (produzione primaverile 2017)

Azienda	zona formaggio		Rupture force (N)	Hardness max [N]	Gradient [N/mm]
A	crosta a	Media	53,06	53,13	21,68
		Dev st	27,94	27,85	13,05
	crosta b	Media	43,47	43,47	20,77
		Dev st	21,88	21,88	11,88
B	crosta a	Media	53,85	53,85	22,19
		Dev st	25,24	25,24	11,41
	crosta b	Media	50,18	50,18	21,56
		Dev st	23,68	23,68	11,65
C	crosta a	Media	62,62	62,62	28,02
		Dev st	30,78	30,78	15,09
	crosta b	Media	56,65	56,68	25,77
		Dev st	29,17	29,17	14,77
D	crosta a	Media	108,20	108,23	29,09
		Dev st	64,37	64,41	16,71
	crosta b	Media	77,91	77,91	23,75
		Dev st	40,04	40,04	12,61

Produzione invernale

I valori di consistenza relativi alla produzione invernale 2018 dopo 10 mesi di stagionatura nei tre diversi ambienti confermano sostanzialmente l'andamento osservato nella prima parte della sperimentazione (Tab 4.4.1.4).

Tab. 4.4.1.4) Valori dei parametri strumentali di consistenza [Rupture force (N), Hardness max (N) e Gradient (N mm⁻¹)] di crosta, sottocrosta e pasta di formaggi di produzione invernale (2018) con 10 mesi di maturazione in funzione del luogo di stagionatura. Media e deviazione standard dei valori analitici (n=15, ovvero un formaggio per azienda per ambiente di stagionatura)

luogo stagionatura			Force Maxima (N)	Hardness max (N)	Gradient (N/mm)
condizionata	crosta	media	74,71	74,71	30,51
		dev.st	38,84	38,84	16,63
	sottocrosta	media	18,63	22,18	19,16
		dev.st	11,35	14,31	9,46
	pasta	media	7,38	9,44	7,95
		dev.st	4,23	5,39	4,04
miniera	crosta	media	43,83	43,83	17,77
		dev.st	26,81	26,81	12,82
	sottocrosta	media	14,40	17,31	14,21
		dev.st	11,10	13,95	7,62
	pasta	media	6,85	8,44	7,21
		dev.st	3,92	4,54	3,47
naturale	crosta	media	89,41	89,41	30,36
		dev.st	33,66	33,66	12,07
	sottocrosta	media	17,86	21,02	20,90
		dev.st	10,84	12,38	11,47
	pasta	media	6,24	8,08	7,38
		dev.st	2,43	2,89	2,23

Le migliori condizioni igrometriche della miniera negli ultimi mesi della sperimentazione hanno consentito ai formaggi invernali di 13 mesi di rassodare la crosta, che pur rimanendo la meno dura, e mostrare differenze trascurabili rispetto ai formaggi stagionati in magazzino condizionato. I formaggi stagionati in ambiente naturale presentano, come quelli della prima parte della sperimentazione, le croste più consistenti (Tab.4.4.1.5).

I dati di consistenza sono in buon accordo con i dati di contenuto di umidità.

Tab. 4.4.1.5) Valori dei parametri strumentali di consistenza [Rupture force (N), Hardness max (N) e Gradient (N mm⁻¹)] di crosta, sottocrosta e pasta di formaggi di produzione invernale (2018) con 13 mesi di maturazione in funzione del luogo di stagionatura. Media e deviazione standard dei valori analitici (n=15, ovvero un formaggio per azienda e per ambiente di stagionatura)

luogo stagionatura			Force Maxima (N)	Hardness max (N)	Gradient (N/mm)
condizionata	crosta	media	68,81	68,81	28,75
		dev.st	22,78	22,78	12,62
	sottocrosta	media	18,49	22,69	18,74
		dev.st	9,98	11,13	5,93
	pasta	media	7,66	9,78	9,86
		dev.st	3,72	4,80	4,37
miniera	crosta	media	65,29	54,35	22,01
		dev.st	22,26	26,77	13,56
	sottocrosta	media	14,32	17,93	18,14
		dev.st	7,89	9,94	7,87
	pasta	media	6,02	7,45	7,36
		dev.st	2,29	2,70	3,18
naturale	crosta	media	91,26	91,26	30,40
		dev.st	45,99	45,99	15,46
	sottocrosta	media	18,27	22,77	21,61
		dev.st	10,52	12,93	11,77
	pasta	media	7,85	10,20	11,18
		dev.st	3,07	4,22	5,94

4.4.2 Misura del colore dei formaggi

L'analisi delle caratteristiche di colore di crosta, sottocrosta e pasta dei formaggi è stata eseguita tramite colorimetro Minolta Colorimeter (CM 2600d, Minolta Co., Osaka Japan). I parametri L* (luminosità: nero = 0, bianco = 100), a* (rosso a* > 0, verde a* < 0) e b* (giallo b* > 0, blu b* < 0) sono stati misurati con sistema CIE L* a* b*.

Per ogni zona del formaggio (crosta, sottocrosta e pasta) sono state eseguite nove misure in punti codificati (figura 4.4.1.1) applicando lo stesso schema utilizzato per le misure di consistenza, anche al fine di valutare eventuali gradienti all'interno della zona del formaggio. Il colore del formaggio nelle diverse zone può variare per possibili effetti delle diverse pratiche e condizioni di stagionatura oltre che per le diverse condizioni di produzione del latte (tipo di alimentazione, legata a fattori stagionali) e di trasformazione del latte, in cui si ricorda come fattore caratteristico l'uso di zafferano.

Nelle successive Tabelle (4.4.2.1 – 4.4.2.8) sono illustrati i valori ottenuti per le produzioni primaverili ed invernali mostrando i dati sia organizzati per azienda e luogo di stagionatura sia solo per luogo di stagionatura, differenziati per zona di misura.

Tab. 4.4.2.1. Parametri colorimetrici dei formaggi con 12 mesi di stagionatura (produzione primavera 2017) suddivisi per azienda. Valori di media e deviazione standard.							
Azienda		crosta		sottocrosta		Pasta	
		media	dev.st	Media	dev.st	media	dev.st
A	L*	55,2	6,1	60,1	5,2	69,3	6,7
	a*	6,9	2,3	-1,2	0,8	-1,0	0,9
	b*	17,0	4,0	20,0	2,0	22,7	2,0
B	L*	53,3	9,2	58,4	3,3	68,5	5,3
	a*	6,5	2,0	-0,5	0,7	-0,1	0,7
	b*	16,3	5,9	21,1	3,8	23,9	3,4
C	L*	53,9	3,2	56,6	2,9	62,9	4,6
	a*	6,6	2,2	-0,9	0,7	-0,8	0,8
	b*	19,3	4,4	20,4	3,1	23,0	3,2
D	L*	53,1	5,7	57,6	2,7	63,0	5,0
	a*	6,8	2,0	-1,9	0,4	-2,0	0,5
	b*	15,3	2,9	17,1	0,8	19,6	1,6

Tab. 4.4.2.2. Parametri colorimetrici dei formaggi con 16 mesi di stagionatura (produzione primavera 2017) suddivisi per azienda. Valori di media e deviazione standard

Azienda		crosta		sottocrosta		Pasta	
		media	dev.st	Media	dev.st	media	dev.st
A	L*	50,2	4,4	63,0	4,1	72,1	3,2
	a*	7,1	1,0	-0,8	1,4	-1,0	0,6
	b*	14,0	2,7	20,8	2,7	22,8	1,8
B	L*	51,2	6,5	62,7	4,7	72,1	4,1
	a*	6,6	2,2	-0,1	0,7	0,4	0,8
	b*	14,4	3,7	22,4	3,1	24,8	3,9
C	L*	49,5	3,7	58,8	3,3	67,3	3,9
	a*	7,4	2,3	-0,4	0,5	-0,5	0,3
	b*	14,9	4,8	23,0	1,9	25,3	1,6
D	L*	51,8	4,4	60,7	1,4	68,1	3,7
	a*	7,4	1,2	-1,6	0,1	-1,6	0,4
	b*	15,1	2,1	17,9	1,8	21,2	1,6

Tab.4.4.2.3) Parametri colorimetrici dei formaggi con 10 mesi di stagionatura (produzione invernale 2018) suddivisi per azienda. Valori di media e deviazione standard

Azienda		Crosta		Sottocrosta		Pasta	
		media	dev.st	media	dev.st	media	dev.st
A	L*	59,1	4,2	73,0	2,9	80,9	1,7
	a*	5,9	1,0	0,9	0,9	1,3	0,4
	b*	18,0	1,7	28,1	2,8	28,5	1,4
B	L*	51,8	3,5	63,3	3,0	78,6	2,2
	a*	7,4	1,6	0,0	0,5	0,7	0,3
	b*	18,4	4,9	21,1	2,6	23,4	1,6
C	L*	53,4	6,0	64,3	3,3	77,3	2,6
	a*	6,5	2,6	-0,6	0,4	0,1	0,2
	b*	17,9	4,0	20,0	3,5	22,2	4,5
D	L*	51,0	5,5	59,8	3,2	73,3	3,9
	a*	4,3	1,2	-0,9	0,8	-0,2	0,8
	b*	14,3	5,9	15,0	3,4	19,9	1,4
E	L*	49,1	5,5	60,4	1,5	71,5	1,9
	a*	6,5	2,8	-0,5	0,5	0,2	0,3
	b*	16,1	3,2	16,0	2,1	19,6	0,9

Tab.4.4.2.4) Parametri colorimetrici dei formaggi con 13 mesi di stagionatura (produzione invernale 2018) suddivisi per azienda. Valori di media e deviazione standard

Azienda		Crosta		Sottocrosta		Pasta	
		media	dev.st	media	dev.st	media	dev.st
A	L*	48,6	3,2	61,4	4,1	74,1	3,6
	a*	8,2	2,1	0,5	0,7	1,3	0,5
	b*	14,3	3,2	24,9	1,2	28,3	1,6
B	L*	52,5	5,1	65,0	3,5	76,6	2,8
	a*	7,8	2,0	-0,6	0,3	0,2	0,4
	b*	16,6	2,3	19,4	1,5	21,8	1,0
C	L*	48,4	3,3	59,8	2,5	70,7	2,0
	a*	9,0	1,4	-1,1	0,3	-0,9	0,3
	b*	17,4	3,6	19,5	2,3	22,5	2,3
D	L*	50,2	4,4	56,0	1,9	67,7	4,2
	a*	5,2	1,2	-1,9	0,2	-1,7	0,4
	b*	13,9	3,8	13,4	1,3	18,1	2,1
E	L*	48,2	4,5	58,8	2,5	69,5	3,1
	a*	6,0	1,5	-0,4	0,5	-0,5	0,3
	b*	12,5	4,9	16,3	2,1	19,0	1,1

I parametri colorimetrici suddivisi per azienda mostrano differenze, per altro attese, conseguenti al diverso modo di produrre i formaggi e trend di cambiamento non uniformi nel proseguire dalla stagionatura. Per escludere il possibile effetto della differente stagione di produzione, il confronto sarà discusso a coppie tra formaggi primaverili di 12 e 16 mesi e formaggi invernali di 10 e 13 mesi. Nel caso di tutti i formaggi (tabelle 4.4.2.1 – 4.4.2.4), quando raggruppati per azienda di produzione, si può osservare un trend comune per cui il parametro L* aumenta nel passare dalla crosta al sottocrosta ed infine alla pasta, così come il parametro a* passa dai valori positivi della crosta a valori mediamente negativi di sottocrosta e pasta. Anche il parametro b* mostra valori crescenti dalla crosta alla pasta, ove probabilmente diventa più marcato l'effetto dell'aggiunta di zafferano. Può essere utile ricordare che la crosta è sottoposta ad oliatura con olio di lino e le reazioni dell'olio con l'ambiente portano a sviluppare la tipica colorazione rossastra.

Le differenze di colore dei formaggi prodotti dalle diverse aziende sono meno marcate nel caso della produzione primaverile ai 12 mesi, mentre aumentano a 16 mesi, soprattutto per l'azienda D.

Nel caso della produzione invernale le differenze tra aziende sembrano maggiori soprattutto a livello di indice di giallo della pasta, quando probabilmente le diverse aggiunte di zafferano manifestano maggiormente il loro effetto nel momento in cui si riduce l'apporto di caroteni tipico dell'alimentazione verde che diventa importante soprattutto per le produzioni tardo primaverili.

Confrontando l'evoluzione del colore nel tempo per i formaggi primaverili si osserva che L* e b* mostrano un trend all'aumento, mentre nel caso dei formaggi invernali si ha un andamento altalenante a seconda dell'azienda.

Il confronto tra formaggi invernali e primaverili mostra un valore di L* di crosta, sottocrosta e pasta generalmente superiore per i primi, così come un indice di giallo b* spesso superiore, con l'eccezione dell'azienda E (non presente fra i campioni primaverili) che mostra l'indice di giallo inferiore, paragonabile a quello della produzione di 12 mesi dell'azienda D.

I valori degli indici colorimetrici potrebbero tuttavia essere stati soggetti all'influenza del luogo di stagionatura, soprattutto a livello di crosta. A tal fine sono presentati i dati raggruppati per luogo di stagionatura (Tabelle 4.4.2.5-4.4.2.8).

Tab.4.4.2.5) Valutazione del colore di crosta, sottocrosta e pasta dei formaggi della produzione primaverile (2017) dopo 12 mesi di stagionatura in funzione del locale di stagionatura

		condizionata		miniera		naturale	
		Media	dev.st	media	dev.st	media	dev.st
Crosta	L*	50,7	4,8	60,4	4,9	49,3	3,9
	a*	8,0	1,1	4,6	1,7	7,0	2,0
	b*	17,7	5,6	17,1	3,0	15,1	6,3
Sottocrosta	L*	58,3	2,8	58,2	5,2	58,3	3,5
	a*	-1,0	0,9	-0,9	0,8	-1,2	0,8
	b*	20,4	2,8	19,8	4,1	19,5	2,0
Pasta	L*	66,1	5,8	66,6	6,7	65,8	6,1
	a*	-0,7	1,0	-0,7	1,0	-1,2	0,8
	b*	22,7	2,7	22,8	3,6	22,2	2,9

Tab.4.4.2.6) Valutazione del colore di crosta, sottocrosta e pasta dei formaggi della produzione primaverile (2017) dopo 16 mesi di stagionatura in funzione del locale di stagionatura

		condizionata		miniera		Naturale	
		media	dev.st	media	dev.st	media	dev.st
Crosta	L*	48,6	1,9	54,3	4,1	48,8	5,4
	a*	8,6	1,2	6,6	0,8	6,1	1,9
	b*	16,7	3,3	15,1	2,1	11,9	3,2
Sottocrosta	L*	59,2	2,5	63,8	4,8	61,0	3,1
	a*	-0,8	0,8	-0,4	1,3	-0,6	0,8
	b*	20,2	3,1	22,6	2,8	21,1	3,0
Pasta	L*	67,5	4,1	72,4	4,3	70,2	2,9
	a*	-0,6	0,9	-0,4	0,8	-0,8	1,0
	b*	23,5	3,6	23,8	2,1	24,0	3,0

Tab.4.4.2.7) Valutazione del colore di crosta, sottocrosta e pasta dei formaggi della produzione invernale (2018) dopo 10 mesi di stagionatura in funzione del locale di stagionatura

		condizionata		miniera		Naturale	
		media	dev.st	media	dev.st	media	dev.st
Crosta	L*	54,8	3,4	53,7	5,0	50,2	7,8
	a*	5,0	2,1	6,4	1,8	7,0	2,3
	b*	18,6	2,5	16,0	3,6	16,2	6,0
Sottocrosta	L*	63,1	4,0	63,9	6,0	65,5	6,1
	a*	-0,4	0,5	0,2	1,1	-0,5	0,9
	b*	19,5	4,3	22,3	6,4	18,3	4,9
Pasta	L*	76,9	3,5	75,1	4,6	77,0	4,4
	a*	0,5	0,5	0,6	0,7	0,2	0,7
	b*	22,4	3,3	24,7	4,0	21,0	3,8

Tab.4.4.2.8) Valutazione del colore di crosta, sottocrosta e pasta dei formaggi della produzione invernale (2018) dopo 13 mesi di stagionatura in funzione del locale di stagionatura

		condizionata		miniera		Naturale	
		media	dev.st	media	dev.st	media	dev.st
Crosta	L*	50,1	4,0	51,0	4,7	47,7	4,0
	a*	7,0	2,2	6,3	1,5	8,4	2,1
	b*	15,8	3,3	14,1	3,5	15,0	5,0
Sottocrosta	L*	59,7	3,2	58,4	3,1	62,6	4,9
	a*	-0,7	1,1	-0,8	0,6	-0,6	0,9
	b*	17,8	4,7	18,3	3,8	20,0	3,9
Pasta	L*	72,3	4,1	70,8	4,1	72,0	5,2
	a*	-0,1	1,2	-0,5	0,8	-0,4	1,2
	b*	21,6	3,5	22,0	4,5	22,2	3,8

Il confronto del colore dei formaggi in funzione dell'ambiente di stagionatura permette di osservare che i formaggi primaverili di 12 mesi, quando stagionati in miniera, presentano un valore dell'indice di luminosità L* della crosta superiore a quello del sottocrosta, contrariamente a quanto si verifica per gli altri formaggi stagionati in magazzino condizionato e naturale e a quanto si verifica sia per formaggi primaverili di 16 mesi che per quelli invernali di 10 e 13 mesi stagionati in miniera. Il valore di L* della crosta è inoltre il più elevato rispetto a tutti gli altri formaggi stagionati negli altri ambienti. Al contrario il valore di L* della pasta dei formaggi primaverili di 12 mesi in miniera è il minore in assoluto. Anche l'indice di rosso della crosta (a*) dei formaggi invernali di 12 mesi stagionati in miniera è inferiore a quello degli altri formaggi stagionati negli altri ambienti, fenomeno

che non si osserva più in modo omogeneo e così marcato per i formaggi primaverili di 16 mesi e per quelli invernali, per quanto stagionati in miniera. Discorso analogo per il parametro b*

Probabilmente le difficoltà iniziali di gestione della stagionatura in miniera, con il trasporto da luglio a settembre 2017 dei formaggi in altro magazzino per potere sistemare i locali della miniera, ha influito sulle caratteristiche di crosta ed è servito molto tempo per recuperare le caratteristiche.

La stagionatura dei formaggi invernali per 10 e 13 mesi in miniera, in una situazione progressivamente migliorata, non ha creato rilevanti differenze con i formaggi stagionati negli altri due ambienti.

Discussione e conclusioni

Il progetto ha permesso al Consorzio di Tutela del formaggio Nostrano Valtrompia DOP di raggiungere almeno due obiettivi principali:

-) mettere a punto un magazzino per la stagionatura dei formaggi situato in una galleria di miniera, con condizioni termo-igrometriche soddisfacenti per la stagionatura di formaggi duri a lunga maturazione;

-) approfondire le conoscenze sul formaggio Nostrano Valtrompia DOP grazie alla caratterizzazione del prodotto, in particolare relativamente alla definizione di gradienti di contenuto di umidità e attività dell'acqua tra crosta e pasta, e alla misura di parametri oggettivi, quali consistenza e colore che sono alla base degli standard di prodotto definiti dalle regole della DOP, costruendo una prima parametrizzazione che potrà in futuro integrare le descrizioni generiche di consistenza e colore che attualmente sono comuni a tutti i formaggi DOP.

Le difficoltà incontrate nella messa a punto del sistema di deumidificazione hanno purtroppo influenzato negativamente, soprattutto per la prima parte della sperimentazione con i formaggi di produzione primaverile, la possibilità di un confronto tra i formaggi provenienti dai tre luoghi di stagionatura. Le condizioni non idonee della miniera per la stagionatura di un formaggio duro con crosta non "morchiosa" hanno reso anomale le caratteristiche dei formaggi primaverili, anche se tali caratteristiche hanno trovato sufficiente favore da parte degli assaggiatori, soprattutto per i formaggi di 12 mesi. L'adsorbimento di umidità durante gli ultimi 4 mesi di stagionatura ha peggiorato ulteriormente le caratteristiche dei formaggi che sono stati meno graditi dai consumatori. E' tuttavia da osservare che in genere i consumatori hanno meno gradito tutti i formaggi primaverili di 16 mesi, probabilmente perché la maggiore consistenza associata al calo di umidità e allo sviluppo di un gusto più marcato trova oggi minore gradimento nei consumatori.

La progressiva soluzione dei problemi della miniera ha permesso di ottenere migliori risultati nel caso dei formaggi invernali, soprattutto quando arrivati al 13° mese di stagionatura.

I formaggi invernali stagionati in miniera, pur avendo avuto un percorso diverso rispetto a quelli stagionati in magazzino condizionato e in cantina tradizionale "naturale" in quanto a 10 mesi erano ancora più umidi e con diversa consistenza, sono risultati confrontabili con gli altri senza mettere in evidenza particolari differenze a livello di umidità, consistenza e colore.

I test sensoriali hanno confermato l'andamento osservato con i formaggi primaverili.

In modo empirico, senza fare misure, si è provato inoltre a utilizzare la miniera per completare la stagionatura di formaggi a maturazione già avviata (almeno 6 mesi) e lo stagionatore non ha evidenziato diversità rilevanti con i formaggi dello stesso periodo stagionati nel magazzino condizionato al momento del taglio.

La grande variabilità di caratteristiche dei formaggi determinata dalle condizioni produttive tradizionali probabilmente annulla o minimizza la percezione di differenze indotte dai locali di stagionatura. La stagionatura negli altri due magazzini non ha infatti portato a evidenziare differenze notevoli sia a livello di parametri oggettivi che di valutazione sensoriale da parte dei consumatori.

Sulla base dell'insieme di questi risultati si ritiene che la stagionatura in miniera possa rappresentare un valido complemento alle strutture esistenti.

In ogni caso, l'esperienza negativa della prima parte del lavoro ha reso chiaro e misurabile come sia necessario mantenere un controllo efficace ed efficiente dell'umidità relativa dell'ambiente

Il livello di umidità relativa ora raggiunto (variabile ma <95%) permetterà al Consorzio di proseguire i test introducendo sia formaggi appena salati che già a maturazione avviata. Attualmente in miniera dopo il termine della sperimentazione sono stati messi a completare la stagionatura oltre 300 formaggi. La decisione dei produttori di continuare ad utilizzare la miniera come luogo di stagionatura dei propri formaggi supporta le valutazioni tecnico-scientifiche di questa relazione. L'obiettivo di introdurre in valle un centro di stagionatura che non consumi nuovo suolo e con un impatto ridotto sui consumi energetici può quindi in buona parte essere considerato raggiunto e ci

sono le basi per un successo pieno nel momento in cui altri produttori, che oggi vendono freschi i loro formaggi destinandoli alla stagionatura fuori zona, decideranno di utilizzare la miniera.

Il progetto ha inoltre permesso di aumentare in misura notevole le conoscenze sul formaggio Nostrano Valtrompia DOP sia dal punto di vista tecnico-scientifico che per avere prodotto conoscenze di immediato utilizzo per i produttori.

L'indagine campione sulle tecnologie di caseificazione oggi in uso ha evidenziato come rispetto a un passato non remoto sia cambiata in alcuni casi la gestione del latte per la caseificazione, che oggi talvolta prevede anche l'uso di latte di una sola munta, come conseguenza dell'aumento della capacità produttiva dei singoli allevamenti e del miglioramento genetico della mandria e conseguentemente anche della qualità del latte a fronte dell'utilizzo degli impianti tradizionali del passato. Questo rapporto tra maggiore disponibilità di latte e mantenimento di bacinelle e caldaie tradizionali obbliga a ridurre il numero delle munte impiegate. Parallelamente cambiano anche le condizioni di gestione dell'affioramento della crema e questo può portare a produrre formaggi con un contenuto di grasso superiore anche a quello previsto dalle regole della DOP.

La valutazione della resa di caseificazione prima della salagione e dei fenomeni di calo-peso complessivo e nella sola fase di stagionatura diventa un elemento utile per fare comprendere all'insieme della filiera produttiva alcune variabili associate ai costi di produzione e quindi al prezzo di vendita del formaggio, sia esso consegnato "fresco" allo stagionatore, sia esso stagionato in proprio dal produttore e quindi posto in vendita quando pronto per il consumo.

Una maggiore consapevolezza attorno a questi fattori può aiutare la crescita del sistema permettendo scelte ragionate e motivate non basate solo sulle consuetudini e quindi aiutare al raggiungimento dell'obiettivo ultimo del progetto, ovvero mantenere e sostenere la zootecnia in valle attraverso la valorizzazione locale della produzione di latte.

Le misure differenziate di consistenza delle due facce dei formaggi e l'evidenziazione di una differenza di durezza è un indicatore del fatto che sarebbe utile aumentare la frequenza del rivoltamento delle forme.

La conoscenza dei valori di aw dei formaggi ed in particolare della pasta è un'indicazione a sostegno della scelta del Consorzio di avere stabilito una stagionatura minima di 12 mesi, in quanto prima di questo periodo il valore di aw è ancora spesso troppo elevato per rappresentare un freno alla crescita microbica e contribuire così alla sicurezza microbiologica del formaggio.

La disponibilità di nuovi posti forma in una struttura collettiva, unitamente a una serie di conoscenze sul formaggio Nostrano Valtrompia DOP, rappresentano i principali output tecnici e scientifici del progetto in coerenza con gli obiettivi dichiarati.

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare Roberto Mondinelli per la preziosa e costante attività di collaborazione a sostegno delle iniziative del progetto, oltre che per aver favorito i contatti con i produttori e per la programmazione e discussione delle attività e la discussione dei risultati.

Indice

RELAZIONE FINALE ATTIVITÀ DI PROGETTO	1
SINTESI DELLE ATTIVITÀ E DEI RISULTATI	2
Lo scopo	2
Attività 1: Caratterizzazione delle tecniche di produzione dei formaggi	2
Attività 2: monitoraggio delle condizioni termo-igrometriche dei tre luoghi di stagionatura	6
Attività 3 : monitoraggio del calo peso dei formaggi nei tre luoghi di stagionatura	10
Attività 4: Caratterizzazione analitica dei formaggi	16
Attività 4.1 Composizione centesimale	16
4.2 Attività dell'acqua	24
4.3 Analisi sensoriale	28
4.4 Valutazione oggettiva/strumentale di alcune proprietà sensoriali	35
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI	48
INDICE	50