



Esame di fine corso

Cod. Progetto 4262/2/668/2015 - Cod. Intervento 4262/003/636/DEC/22
Titolo: Tecnico per la gestione di impianti di produzione della carta
Sede del corso: Verona - VR - 37138 - Via Don Giovanni Minzoni, 50

Industria della carta alimentare: Cooky Sil in Burgo Group

di Di Cocco Aurora



Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona
fcs.istitutosalesianosanzeno.it - scuolacartaria@sanzeno.org

INDICE

1 - INTRODUZIONE

1.1 - Industria della carta alimentare

1.2 - La carta forno

2 - IL CASO STUDIO: BURGO GROUP

2.1 - Panoramica

2.2 - Sviluppo del nuovo prodotto: Cooky Sil

3 - IL SISTEMA DI APPLICAZIONE

3.1 - Speed Sizer (Film Press)

4 - CARATTERIZZAZIONE DELLE CARTE *RELEASE*

4.1 - Trattamento e tensione superficiale

5 - CONTROLLO DEL PRODOTTO FINITO

5.1 - Analisi di laboratorio

5.2 - Metodi di prova

- *Determinazione della Porosità Bendtsen*
- *Assorbimento H₂O - COBB*
- *Test estraibili*
- *Bakery Test*
- *Resistenze meccaniche: carico di rottura e lacerazione*

6 - CONCLUSIONI

7 - BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUZIONE

1.1 INDUSTRIA DELLA CARTA ALIMENTARE

L'industria della carta e della cellulosa, così come altri settori, contribuisce non solo al Prodotto Interno Lordo ma anche all'inquinamento ambientale e ai rischi per la salute. La carta ed il cartone, grazie alla loro caratteristica ecocompatibile, sono uno dei primi e più utilizzati materiali per l'imballaggio di prodotti alimentari come bevande, polveri secche, dolci, prodotti da forno, ecc. Essendo anche eco-bio, non solo proteggono ciò che contengono, ma garantiscono anche che, una volta terminato il loro ciclo di vita, non diventino un problema per il nostro pianeta: la loro produzione, uso e smaltimento sono progettati per essere efficienti e con un basso impatto ambientale. Il loro processo di riciclaggio consente, inoltre, di eliminare le fasi più costose in termini energetici: difatti, le spese finalizzate all'approvvigionamento di energia sono spesso per le cartiere la prima voce di costo della produzione. L'elevato consumo è dovuto, da un lato, all'elevata intensità del processo termico di asciugamento del foglio e, dall'altro, all'ampia diffusione di impianti di cogenerazione ad alto rendimento (produzione combinata di calore ed energia). Carta e cartone tal quali, sono facilmente riciclabili perché possono essere sottoposti a "repulping", ovvero un semplice processo che permette di ritrasformarli in polpa.

L'industria alimentare seleziona il materiale di imballaggio in base ai requisiti del prodotto, tenendo conto di fattori quali la termosaldabilità, la lavorabilità, la stampabilità, le resistenze meccaniche, le proprietà barriera (ad acqua, olio, gas ed umidità WVTR), il rapporto costo-efficacia, la sostenibilità ed i requisiti legali. Per il confezionamento alimentare, carta e cartone rappresentano il 31% del segmento di mercato globale e sono i più ampiamente utilizzati per il contenimento e la protezione dei prodotti alimentari, per la praticità durante la conservazione o il consumo. La carta ha un'etichetta ecologica che la rende la prima scelta, prevalentemente a livello primario (ovvero a diretto contatto con i prodotti alimentari) e secondario (ovvero per il trasporto e lo stoccaggio di confezioni primarie).

Ma la carta comune non è sufficiente per imballare i prodotti alimentari a causa delle scarse proprietà barriera, della scarsa saldabilità a caldo e della scarsa resistenza. Pertanto, necessita di essere “impregnata” con particolari additivi o addirittura laminata con alluminio o plastica per migliorarne le proprietà funzionali. Gli additivi possono migrare nei prodotti alimentari e causare gravi rischi per la salute umana a seconda del livello di migrazione e consumo. Si tratta di sostanze chimiche che vengono introdotte a far parte dell’impasto fibroso, per conferire alla carta finita specifiche proprietà di resistenza meccanica e fisica, agli agenti atmosferici, all’umidità, ai grassi, ma anche caratteristiche ottiche ed estetiche o di stampabilità. Possono essere aggiunti nell’impasto ancora in fase umida oppure sul foglio di carta finito dopo essiccazione completa o parziale. Il processo cartario necessita d’innovazione continua e gli additivi chimici giocano un ruolo fondamentale nel processo di fabbricazione, non solo in termini quantitativi, ma anche come responsabili del risultato del prodotto finale. La tendenza che si sta sviluppando in questi anni è di una sempre maggiore attenzione all’aspetto ambientale e della salute con prodotti più sostenibili, mantenendo il più possibile invariate le performance.

Recenti studi sollevano preoccupazioni sui materiali comunemente considerati ecologici e sicuri, come la carta da forno e le stoviglie monouso in biomassa. Nonostante siano spesso etichettati come “biodegradabili”, “compostabili” o “naturali”, questi prodotti possono contenere PFAS (anche denominati composti perfluorurati) e altre sostanze chimiche potenzialmente tossiche, capaci di migrare negli alimenti e comprometterne la sicurezza. Il fluoro è molto resistente, ha la caratteristica di deporsi nell’ambiente e negli organi del corpo umano che non è in grado di eliminarlo, apportando modifiche al sistema ormonale ed enzimatico: anche dopo otto anni, il sangue ne conserva ancora le tracce. Le sostanze PFAS sono largamente impiegate in vari settori poiché forniscono resistenza, resilienza e durata ai materiali ai quali vengono associate. L’industria alimentare è uno di questi: i PFAS vengono utilizzati per produrre un’ampia gamma di materiali a contatto con alimenti, prolungando la loro durata di conservazione e garantendo condizioni di trasporto igieniche. Per la loro caratteristica di oleo- ed idro-repellenza, sono utilizzati in gran misura anche per la produzione di packaging alimentare che protegge la qualità e l’integrità del cibo, come scatole per pizza e box per cibo d’asporto, stoviglie, bicchieri monouso fabbricati in pasta di

cellulosa, carta da forno e molto altro ancora. La permanenza del cibo in questi utensili è variabile: talvolta ridotta (da pochi minuti o a qualche ora) o prolungata quando i contenitori finali garantiscono salubrità e conservazione delle proprietà organolettiche e nutrizionali al cibo. Non esiste un elenco preciso degli imballi che contengono il fluoro, ma generalmente si può dire che: se su un imballo l'acqua non viene assorbita, formando una perla sulla superficie, la probabilità che contenga fluoro è molto alta (salvo che una scatola abbia una verniciatura protettiva). Per chi cerca invece soluzioni alternative, ci sono valide opzioni a disposizione.

1.2 LA CARTA FORNO

La carta forno è prodotta con fibre di cellulosa (ricavate dal legno), lavorate meccanicamente e raffinate in un velo di carta, poi rivestito da uno strato di silicone che lo rende impermeabile (non a caso, si può anche bagnare e strizzare), antiaderente e resistente alle alte temperature. Evita che i cibi si attacchino alla placca da forno, permettendo di rinunciare all'uso di grassi come la margarina, il burro e l'olio, e resistendo in genere a temperature fino a 250°C. Il consiglio di molti esperti è di non oltrepassare i 220 °C, temperatura oltre la quale potrebbe contaminare l'alimento con sostanze indesiderate. Può trattarsi di una carta semplicemente rivestita di silicone oppure di una carta simile ad una pergamena ottenuta in un bagno a base di agenti chimici come l'acido solforico. Chi immette in commercio una carta da forno, così come qualsiasi altro oggetto destinato ad entrare in contatto con alimenti, è tenuto a rilasciare una dichiarazione di sicurezza sulla base di analisi effettuate da laboratori specializzati, in modo da certificare che il prodotto abbia una conformità alimentare in linea con le normative. La carta siliconata è un materiale poco conosciuto dal grande pubblico, ma incredibilmente utile in numerosi ambiti. È caratterizzata da un trattamento di silicone, su una o entrambe le sue facce, che le conferisce proprietà antiaderenti e impermeabili, rendendola ideale per una vasta gamma di applicazioni.

1. Anti-aderenza: la caratteristica più distintiva della carta siliconata è la sua capacità di essere antiaderente. Questo significa che materiali come colle, adesivi, inchiostri o persino impasti da cucina non si attaccano facilmente alla sua superficie.
2. Resistenza all'umidità: grazie al rivestimento in silicone, questa carta è impermeabile e resistente all'umidità, il che la rende ideale per applicazioni che richiedono protezione da acqua o altri liquidi.
3. Flessibilità e leggerezza: nonostante il trattamento al silicone, la carta siliconata rimane flessibile e leggera, facilitando il suo utilizzo in diversi settori.

2. IL CASO STUDIO: BURGO GROUP

2.1 PANORAMICA

Lo stabilimento di Sora, con il nome “*Cartiera del Sole*”, fu costruito nel 1963 dai signori Fabbri e Bonelli sulle sponde del fiume Fibreno. La cartiera fu inizialmente progettata e realizzata per la sola produzione di carte grafiche patinate. La sua nascita evidenzia una filosofia aziendale che tiene conto di un corretto equilibrio tra industria e territorio grazie all’installazione di un impianto di depurazione delle acque di processo utilizzate per la fabbricazione della carta.

Il sempre crescente sviluppo è stato conseguito grazie alla continua ricerca rivolta alla tecnologia, all’analisi e alla professionalità. Nel giro di pochissimi anni, infatti, il mercato di riferimento non è stato più solo quello italiano, ma anche europeo e mondiale. L’informatica ha cambiato completamente gli assetti organizzativi e la formazione del personale è diventata un’esigenza sempre più complessa. Negli anni lo stabilimento ha subito svariate innovazioni e diversi cambi di gestione, finché a partire dal 2004 inizia a far parte del Burgo Group S.p.A. Quest’ultimo svolge la sua attività industriale attraverso dieci stabilimenti, di cui nove in Italia ed uno in Belgio, con dodici linee di produzione. La capacità produttiva del Gruppo comprende anche dieci centrali in assetto cogenerativo che assicurano l’autosufficienza energetica del Gruppo. Gli stabilimenti, infatti, sono dotati di impianti per produrre energia elettrica anche attraverso il riutilizzo di residui di produzione e di biomasse.

Ad oggi, lo stabilimento di Sora si estende per una superficie di circa 260.000 m^2 all’interno del quale avviene la produzione e lo sviluppo di tutti i nuovi prodotti, con un range di grammature che varia da 35 g/m^2 a 115 g/m^2 per MC₁ e da 80 g/m^2 a 400 g/m^2 per MC₂, realizzando una produzione annua di circa 300.000 *tonnellate*.

2.2 SVILUPPO DEL NUOVO PRODOTTO: COOKY SIL

Grazie alla collaborazione e all'impegno tra lo Stabilimento, la Direzione Industriale, il reparto Ricerca e Sviluppo e l'Area Commerciale, è stata avviata la produzione di Cooky Sil: *Mosaico Specialty Papers* produce la sua carta siliconata per alimenti nella Linea 1 dello stabilimento di Sora, la cui unicità dell'impianto consente la produzione di carta forno con un basso impatto energetico. Lo strato esterno in silicone, che consente il facile distacco degli alimenti, è il risultato di una chimica precisa e delicata; inoltre, per ottenere il livello di porosità desiderato, viene selezionata specificamente la fibra corta di betulla per la produzione del tipo di carta. Si tratta di un prodotto sviluppato sin dal principio con l'obiettivo di non prevedere al suo interno PFAS o altre sostanze chimiche potenzialmente tossiche, capaci di migrare negli alimenti e comprometterne la sicurezza.

Nell'ambito del processo produttivo a macchina continua, la fase di raffinazione ha richiesto particolari innovazioni e attenzioni. Anche i test di laboratorio per la qualificazione e la valutazione del prodotto sono stati aggiornati ed ottimizzati, così come il test di distacco degli alimenti (detto anche *stick test* o *bakery test*): esso valuta il distacco di un impasto standard dalla carta da forno e viene eseguito nel modo più "realistico" possibile, simulando delle vere e proprie cotture industriali. Anche l'acquisto di nuovi strumenti è stato necessario: un nuovo porosimetro da banco ed un'apparecchiatura specifica che consente la misurazione della quantità di silicone in g/m^2 . Cooky Sil si tratta di un prodotto che unisce innovazione, qualità e sostenibilità, dimostrando l'impegno costante del Gruppo nella proposta di soluzioni all'avanguardia anche nel settore alimentare. È una carta da forno multiuso, che può quindi essere riutilizzata più volte mantenendo ottimi livelli di distacco. Anche la sostenibilità è al centro del progetto: Cooky Sil è una carta 100% riciclabile e, su richiesta, disponibile con certificazioni FSC® e PEFC. Inoltre, è disponibile in diverse versioni e formati per adattarsi ad ogni esigenza di cottura, rendendola ideale sia per l'uso domestico che industriale. La sicurezza alimentare diventa una priorità ed ogni foglio è garantito per il contatto con gli alimenti.

3. IL SISTEMA DI APPLICAZIONE

3.1 SPEED SIZER (FILM PRESS)

Con il passare degli anni, i sistemi di patinatura si sono evoluti in funzione delle esigenze dei cartai. Le strade intraprese per questa fase del processo sono state due: il trattamento in linea ed il trattamento fuori linea. Le macchine impiegate nei due diversi processi sono molto simili tra loro, si distinguono in particolare per la velocità che, nel primo caso, coincide esattamente con quella della macchina continua. Le prime “spalmatrici” furono le presse collanti nate per il trattamento di amido in superficie e poi utilizzate solo successivamente per le applicazioni di “patinatura”, con scarsi risultati.

La prima pressa collante utilizzata per questo scopo fu la Size Press che però presentava un grosso limite, ovvero il pozzetto: la presenza delle forze idrauliche causava notevole stress alla carta per il fenomeno dello “splashing” e per la caratteristica finale della patina “a buccia d'arancia”. Si è cercato di porre rimedio a ciò con la laminazione di un film del prodotto distribuito uniformemente sulla carta con cilindri applicatori, eliminando così il pozzetto.

Con questo continuo adattamento ed innovazione delle attrezzature, si è andati a creare un certo numero di sistemi di applicazione con peculiarità specifiche per le diverse caratteristiche del supporto da trattare e del suo utilizzo finale. Si hanno quindi meno variabili che interagiscono nel processo, stabilendo una maggiore costanza del trattamento.

Nella Film Press, la regolazione dello spessore del film è molto legata alla velocità e alla durezza della gomma. Nell'applicazione fatta con la barretta, ove la dosatura è basata su un principio volumetrico, lo spessore del film dipende anche dall'area libera fra i fili che costituiscono la barra e di conseguenza dal loro diametro.

I vantaggi che possiamo riassumere a favore della Film Press rispetto alla Size Press possono essere:

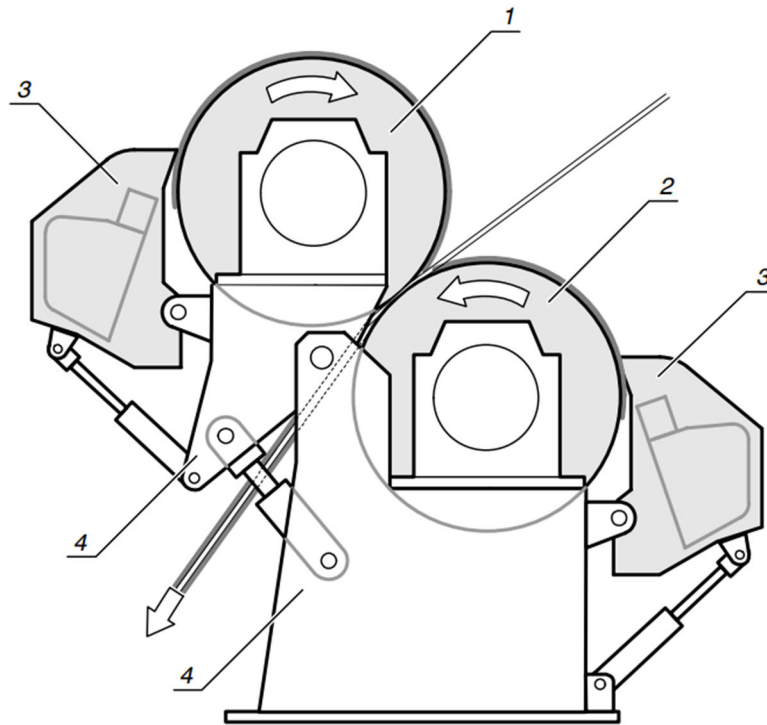
- riduzione del numero di rotture (il foglio, non essendo immerso nel bagno, perde molto meno le sue resistenze meccaniche);
- possibilità di applicare allo stesso tempo due diversi trattamenti al foglio;
- il contenuto di solidi che si può applicare è sensibilmente più alto;
- minor tendenza del fenomeno della “buccia d'arancia”;
- minor tendenza a sporcare i primi cilindri essiccatori dopo il trattamento;
- il basso assorbimento di acqua permette di avere un foglio abbastanza asciutto in uscita con la possibilità di misurare e regolare la tensione del foglio.

Nello stabilimento di Sora, la macchina è stata acquistata ed installata con tecniche all'avanguardia e in rispetto alle disposizioni riconosciute in materia di sicurezza. L'impianto installato è destinato alla produzione/finitura superficiale della carta entro i parametri ed i limiti di esercizio indicati per la macchina, come:

- grammatura;
- sollecitazioni;
- velocità;
- composizione dell'impasto, ecc.

La funzione dello Speed Sizer è quella di applicare la salda siliconica in modo uniforme e con uno spessore regolabile sul nastro di carta in transito.

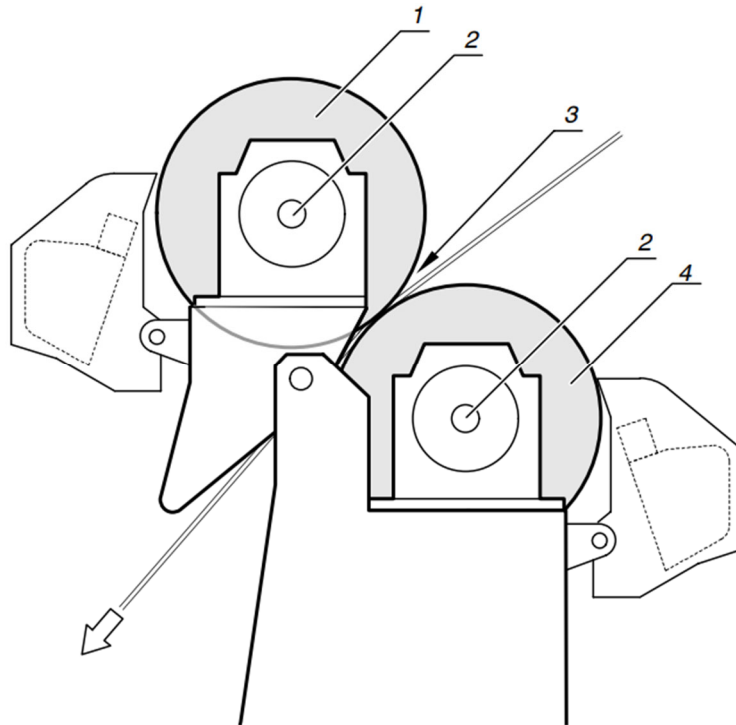
1. Rullo applicatore mobile
2. Rullo applicatore fisso
3. Sistema di applicazione
4. Telaio



Due sistemi di applicazione (3) alimentano la salda con base silicica ai due rulli applicatori (1, 2). Questi ultimi trasportano il materiale di rivestimento e lo trasferiscono sul nastro di carta, evitando la formazione di ristagni nell'intercapedine di applicazione.

La Speed Sizer è in grado di applicare patina, inchiostro, barriere oppure fluidi diversi contemporaneamente. Esistono inoltre ampie possibilità di modulazione del contenuto in solidi del fluido e della quantità applicata.

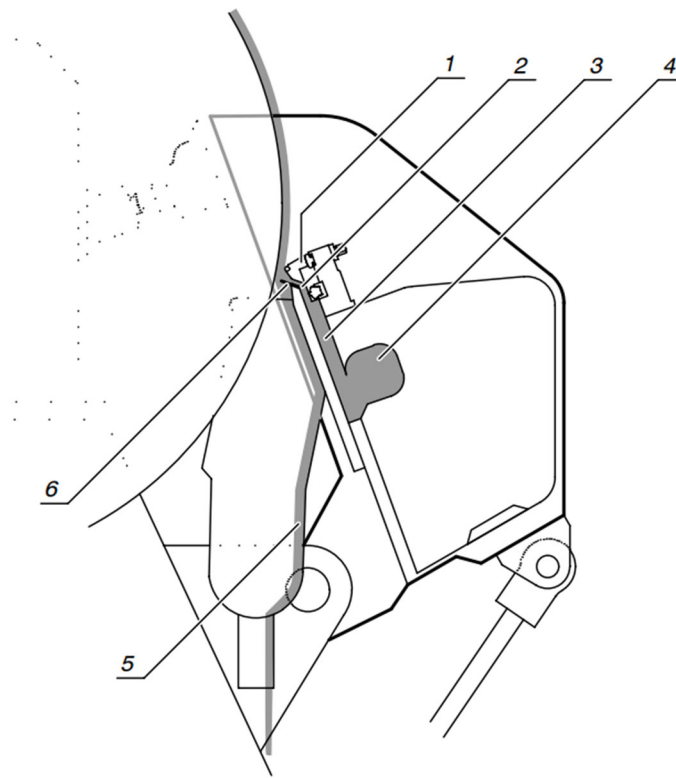
1. Rullo applicatore mobile
2. Sistema di condizionamento
3. Intercapedine di applicazione
4. Rullo applicatore fisso



Entrambi i rulli applicatori (1, 4) sono gommati ed equipaggiati con un sistema di condizionamento (2): vengono preriscaldati per due ore prima dell'avviamento della Speed Sizer per impedire al film di rivestimento di essere distribuito in modo disuguale per effetto di condizioni termiche alterate all'altezza dell'intercapedine di applicazione (3) (bombatura termica). A causa del calore generato in questo punto per effetto della flessione e della temperatura del rivestimento durante il funzionamento, i rulli applicatori devono essere raffreddati. Il raffreddamento impedisce che la temperatura sulla superficie di giunzione tra il rivestimento in gomma ed il rullo applicatore raggiunga valori insostenibili, impedendo quindi il distacco del rivestimento dal rullo. Il raffreddamento assicura inoltre un profilo omogeneo della temperatura dei rulli applicatori. Quanto più la temperatura del materiale di

rivestimento risulta superiore a 50 °C tanto più bassa deve essere la temperatura dell'acqua, che non deve scendere al di sotto di 30 °C.

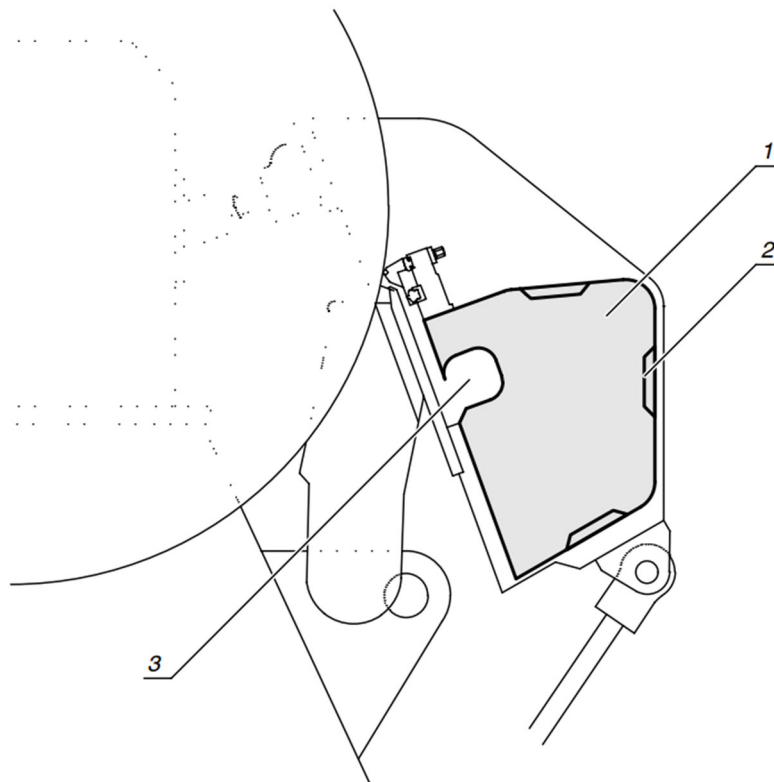
1. Unità dosatrice
2. Zona di applicazione
3. Camera dello spruzzatore
4. Tubo distributore
5. Canalina di ritorno
6. Listello di contenimento



Il fluido siliconico utilizzato per il trattamento superficiale della carta forno viene alimentato al sistema di applicazione, dove passa attraverso il tubo distributore (4), fino a raggiungere la camera ugelli (3). A valle della camera ugelli si trova la zona di applicazione (2), nella quale il materiale viene distribuito sui rulli applicatori uniformemente su tutta la larghezza della macchina. La zona di applicazione è delimitata dall'unità dosatrice (1) e dal listello di

contenimento (6). L'unità dosatrice (1) depone uno strato di rivestimento dallo spessore costante sul rullo applicatore, la quantità in eccesso defluisce dalla zona di applicazione passando attraverso l'intercapedine esistente tra il listello di contenimento (6) ed il rullo applicatore; qui viene raccolto mediante un sistema di recupero, che lo riconduce al serbatoio di riserva.

1. Barra portaracla
2. Tubo riscaldante
3. Tubo distributore



La racla (1) distribuisce uniformemente il rivestimento in silicone in ingresso all'interno della camera ugelli per mezzo del tubo distributore (3) incorporato che alimenta la salda solamente dal lato conduttore mediante l'apposita linea di alimentazione. Una volta attraversato il tubo distributore, il rivestimento viene immesso nella camera ugelli e di lì giunge alla zona di

applicazione. Per assicurare una temperatura di esercizio omogenea della racla, al suo interno sono installati dei tubi riscaldanti (2) percorsi da acqua calda. Il preriscaldamento della barra portaracla dura due ore.

L'unità dosatrice, costituita dall'asta e dalla sede della racla, modula lo spessore della salda siliconica sul rullo applicatore. Nel sistema sono presenti le lamine dei raschiatori bordi che asportano dai rulli il fluido destinato al rivestimento superficiale e l'acqua in eccesso ai lati della zona di applicazione: il materiale asportato viene convogliato in apposite canaline di evacuazione. In modo da impedire il raggrinzimento dei bordi dei rulli dovuto alla differenza di temperatura tra il centro e le zone marginali, sono montati su un'unica asta scorrevole, mediante supporti mobili sui lati conduttore e trasmissione, degli ugelli nebulizzatori preposti all'umidificazione delle fasce esterne. Il loro ruolo impedisce il funzionamento a secco dell'asta della racla in queste zone.

4. CARATTERIZZAZIONE DELLE CARTE *RELEASE*

4.1 TRATTAMENTO E TENSIONE SUPERFICIALE

Le carte release, ampiamente utilizzate nel settore alimentare, degli imballaggi e delle etichette, hanno una domanda in crescita costante e le cartiere nell'ultimo decennio sono costrette ad aumentare la qualità e a ridurre i prezzi per stare al passo con la concorrenza. Per un facile distacco, la superficie della carta deve avere una bassa energia superficiale: ciò si ottiene con una copertura uniforme di silicone che offre eccellenti proprietà distaccanti; la riduzione del suo utilizzo è quindi limitata. Allo stesso modo si tratta del componente più costoso. Per ridurre la sua quantità e di conseguenza i costi ad esso associati, la carta viene solitamente pretrattata in superficie con un agente di collatura, diminuendo il grado di penetrazione e la perdita di silicone nel foglio di base (supporto). Difatti, la natura idrofila della carta, del cartone e di alcuni altri prodotti cellulosici deve essere compensata per molti utilizzi. A tale scopo, sono disponibili alcuni prodotti chimici, comunemente chiamati collanti, per ridurre la bagnabilità della superficie della carta e, quindi, il suo assorbimento d'acqua. Oltre all'idrorepellenza, a seconda del tipo di agente chimico e del processo di applicazione, la collatura può anche migliorare la qualità della superficie, la sua levigatezza, la stabilità dimensionale e altre caratteristiche. I collanti possono essere applicati internamente o esternamente. Nel caso della collatura esterna, vengono solitamente applicate sul foglio di carta asciutto alcuni agenti idrofobi miscelati con derivati dell'amido. Di fondamentale importanza sono le sue proprietà filmogene ed il suo costo. Nel caso dell'applicazione interna (in "massa") invece, i prodotti chimici vengono aggiunti alla sospensione di fibre durante la fabbricazione della carta.

L'agente di collatura influenza maggiormente la resistenza alla penetrazione del silicone. L'assorbimento e la distribuzione di quest'ultimo deve essere tale da coprire tutte le irregolarità del supporto. Per valutare la qualità del rivestimento silconico e le sue proprietà superficiali, sono stati sviluppati diversi metodi di prova: uno tra questi è il cosiddetto test

della macchia, che consiste nell'espore la carta siliconata allo ioduro di potassio, o a un altro colorante, ottenendo una zona gialla. Tuttavia, se il silicone non ha ricoperto completamente la superficie della carta, il colorante che rileva la presenza dell'agente di collatura sottostante reagirà con esso, creando una macchia marrone.

I costosi catalizzatori di polimerizzazione, come i sali di zinco, stagno o piombo degli acidi carbossilici, o i composti chelanti dell'alluminio e del platino, accelerano la maturazione del silicone, migliorandone l'adesione. Sotto l'influenza di temperature relativamente elevate (70-230 °C), questi sistemi si reticolano e aderiscono alla superficie della carta, in modo che la maggior parte del trattamento rimanga fissato sulla superficie, inerte e non migrante. Tuttavia, la polimerizzazione continua a temperatura ambiente per diversi mesi, conducendo alla fine ad una leggera perdita di efficienza di rilascio in determinate condizioni. Il silicone e il catalizzatore vengono emulsionati separatamente, generalmente dal produttore del prodotto chimico. I sistemi di emulsione sono piuttosto stabili sotto l'azione dell'agitazione meccanica, le variabili applicative includono fattori quali la temperatura di essiccazione, la tensione del foglio, la velocità della macchina continua ed i cilindri essiccatori. Una polimerizzazione non ottimale (polimerizzazione insufficiente/sbavature/migrazione/residui estraibili) può essere più comunemente attribuita a:

- velocità della macchina troppo elevata
- temperatura di asciugamento troppo bassa
- formulazione del silicone (SiH/SiVi, ecc.)
- avvelenamento del catalizzatore
- altri potenziali inibitori della reazione (da macchina, materie prime, ecc.)
- residui estraibili del silicone come misura della polimerizzazione.

Quando ciò si verifica, si ottiene uno strato di silicone nella giusta quantità ma senza quella caratteristica di tensione superficiale necessaria da rendere il prodotto antiaderente.

5. CONTROLLO DEL PRODOTTO FINITO

5.1 ANALISI DI LABORATORIO

Assume fondamentale importanza effettuare una serie articolata di prove che indagano l'interazione tra il packaging in carta e l'alimento sotto ogni aspetto: bisogna essere sicuri che i materiali per il contatto alimentare siano conformi alle normative vigenti e ai requisiti di buona fabbricazione (GMP). Parallelamente a ciò, ad ogni ciclo produttivo, si tengono sotto controllo parametri come la grammatura, lo spessore, l'assorbimento di acqua, oli e grassi ed una serie di proprietà meccaniche. La resistenza alla trazione e alla lacerazione è una caratteristica che dipende non solo dalla quantità di fibre utilizzate ma anche dalla loro distribuzione che deve essere omogenea nelle diverse direzioni. La carta, essendo di natura igroscopica, varia le sue caratteristiche a seconda delle condizioni ambientali in cui si trova. Per effettuare le prove, specialmente quelle di carattere fisico, occorre un ambiente con una determinata umidità e temperatura, preferibilmente compresa tra i 18°C ed i 23°C al 65% di umidità relativa. Al contrario, la carta che soffre l'influenza di condizioni ben diverse da questa subisce alterazioni fisiche.

5.2 METODI DI PROVA

Determinazione della Porosità Bendtsen

La porosità è un valore espresso in *ml/min* che indica la quantità di aria che attraversa la superficie del campione in esame nell'unità di tempo. L'appellativo Bendtsen è riferito al particolare tipo di apparecchio utilizzato per effettuare la misura: il porosimetro. Una volta posizionato il campione, costituito da un singolo foglio, all'interno della testa di misura, un sensore rileverà la sua presenza serrandolo nella testa di misura. Vengono eseguite almeno tre letture su punti diversi dello stesso campione, calcolando al termine una media aritmetica dei valori riscontrati che sarà poi registrata su un foglio di collaudo, prestando attenzione che non sia fuori standard. Lo stesso strumento fornisce un'ulteriore unità di misura espressa in *secondi* e rappresentativa della porosità Gurley. Quest'ultima indica quanto la carta è permeabile all'aria ed è determinata dal numero e dalla dimensione delle micro-cavità che attraversano il foglio senza interruzione. I pori hanno dimensioni il cui ordine di grandezza non si discosta molto da quello delle fibre. Il tempo necessario affinché, attraverso l'area utile della carta, passi la quantità di aria contenuta in un volume di 100 *ml*, rappresenta la resistenza opposta della carta al passaggio dell'aria. Questo viene assunto, per l'appunto, come misura della permeabilità Gurley.

Assorbimento H₂O – COBB

Il Test Cobb viene eseguito per determinare la quantità di acqua distillata a 20°C assorbita da una data area campione attraverso il contatto unilaterale (feltro o tela) in un determinato periodo di tempo. Si posa la provetta di carta fra due cartoncini assorbenti e si elimina l'eccesso d'acqua passandovi sopra, avanti ed indietro, per una sola volta l'apposito rullo. Analiticamente, si determina dalla differenza di peso in grammi tra quello della provetta bagnata e quello della provetta asciutta, riferito ad una superficie di 1 *m*². In genere si applicano tempi di contatto di 30, 60, 180 e 1800 *secondi*, a seconda del materiale. Se si vuole

valutare la misura sulla carta, viene assunto un tempo di attesa sufficiente pari a 60 secondi. Tale test viene eseguito in quanto, materiali, come carta e cartone, tendono ad attrarre e trattenere le molecole d'acqua dall'ambiente circostante. Se viene assorbita troppa acqua, i prodotti realizzati con questi materiali avranno difficoltà a mantenere la forza e l'integrità. Si tratta di una misura espressa in percentuale (%) che, in una situazione ideale, presuppone un minor valore di Cobb, ossia una minor capacità di assorbimento d'acqua.

Test estraibili

Il test si applica alle carte siliconate e serve a determinare la percentuale di silicone non reticolato durante il processo chimico di polimerizzazione del silicone sul supporto di carta. La reticolazione è il processo mediante il quale le catene polimeriche reagendo, creano legami chimico-fisici fra diverse catene per avere le caratteristiche fisiche desiderate (maggiore è la reticolazione minori sono le catene polimeriche che non hanno reagito e che possono trasferirsi nel metil-isobutil-chetone). Viene preparato un numero sufficiente di contenitori in vetro contenenti almeno 6 cm di solvente. Si ritaglia con l'apposita dima un campione di carta siliconata, ne viene misurato il contenuto di silicone ($S1$) con l'apposito apparecchio, dopodiché lo si immerge per 20 minuti nel contenitore con il solvente, facendo in modo che rimanga completamente sommerso. Trascorsi i 20 minuti, il campione viene estratto e riposto su carta assorbente, lasciandolo asciugare per 5 minuti in modo che la parte volatile del solvente evapori. Si misura nuovamente il contenuto di silicone ($S2$).

La quantità di silicone estraibile (non reticolato) viene espressa come percentuale:

$$\% \text{ di reticolazione} = \frac{(S1-S2) \times 100}{S1}$$

Buoni valori di reticolazione a fine macchina si ottengono intorno al 20/30 %. Buoni valori finali, a termine del processo di polimerizzazione che si possono ottenere dopo circa 2 giorni dalla fabbricazione, si aggirano attorno al 5%.

Bakery Test

Il Bakery Test è una misura che esprime, in g/m^2 , il residuo di un preparato per pasticceria su un campione di Cooky Sil. Questa prova viene valutata su tutti i supporti di carta da forno siliconata e l'obiettivo è, per l'appunto, la valutazione dell'anti-adesione. Il primo passo è quello di pesare un campione quadrato, con dimensioni ben precise, su una bilancia di precisione e posizionarlo sulla piastra di cottura. Viene poi adagiata la formina sul pezzo di prova, facendo versare l'impasto sulla superficie. Dopo la cottura in forno, ad una temperatura e ad un tempo predefinito, si lascia raffreddare e poi si inizia a staccare la carta dalla tortina lentamente e con costanza. L'anti-aderenza viene quindi valutata dopo la polimerizzazione, effettuando a mano il distacco. Infine, si pesa nuovamente il campione finale con il residuo dell'impasto.

$$\text{Residuo per unità di area (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{massa dopo cottura (g)} - \text{carta tara (g)}}{\text{area testata (m}^2\text{)}}$$

Minore è il valore di residuo in g/m^2 sulla superficie e migliore è la capacità di anti-adesione della carta siliconata testata.

Resistenze meccaniche: carico di rottura e lacerazione

Sul mercato, è richiesta sempre di più una tipologia di carta siliconata che ne consente l'utilizzo fino a dieci volte senza perdere le sue proprietà. L'uso di questa carta è diventato indispensabile nelle cucine per usi domestici ed industriali. Per prima cosa si deve evitare di farla bruciare, cosa che accade se si effettua una cottura ad una temperatura superiore ai 220°C o se ne fa un utilizzo strettamente legato al multiuso. L'aspetto più rischioso è legato al fatto che bruciando tende a sgretolarsi e finire nelle pietanze, rendendo difficile la possibilità di togliere questi residui. Sebbene non siano di fatto tossici, non possiamo considerarli adatti all'ingestione. La resistenza ai grassi e la resistenza alle temperature viene conferita anche attraverso la raffinazione delle fibre di cellulosa. Questo processo dà vita ad un denso strato di fibre che drena con difficoltà. La capacità del drenaggio deve, pertanto, essere tenuta in considerazione accanto allo sviluppo delle altre caratteristiche, in particolare quelle delle resistenze meccaniche. Le proprietà della carta vengono per lo più definite attraverso le forze di legame fra le fibre e la loro lunghezza. Quest'ultima è particolarmente importante per le resistenze dinamiche della carta (lacerazione). La resistenza alla lacerazione aumenta nella prima fase del processo di raffinazione: l'influenza della fibrillazione, con il conseguente aumento delle resistenze statistiche del foglio, compensa l'influenza del taglio delle fibre. Dopo aver raggiunto un massimo, allora l'effetto del taglio prevale e la lacerazione diminuisce rapidamente, pur continuando ad aumentare la raffinazione. Il legame che si instaura tra le fibre, invece, ha effetto soprattutto sulle resistenze statistiche (lunghezza di rottura, scoppio). Così, con l'aumento della raffinazione, si riduce la porosità Bendtsen della carta e analogamente si abbassa la permeabilità all'aria. L'aumento della densità della carta, d'altra parte, permette la produzione di carte come quella da forno, con proprietà *greaseproof*. La lunghezza di rottura è un valore calcolato, espresso in metri, che rappresenta la minima lunghezza di una striscia di carta, avente larghezza qualsiasi purché uniforme, che sospesa ad una estremità, si rompe all'attacco, per effetto del proprio peso. Il carico di rottura (o resistenza alla trazione) è espresso in kN/m e rappresenta la forza necessaria per rompere una striscia di carta larga 1 metro.

La lacerazione, invece, è espressa in mN ed indica la resistenza alla lacerazione interna. Il suo fattore è la forza in mN che è necessario applicare ai due lembi del provino di carta per dar luogo alla lacerazione stessa, iniziata da un taglio verticale e riferita alla grammatura della carta analizzata.

In laboratorio, è stato fondamentale seguire con attenzione questo studio, così da permettere al nuovo prodotto di svilupparsi sotto nuove proprietà a vantaggio del multiuso. La scelta della tipologia di fibra lunga, la sua percentuale nell'impasto ed il grado di raffinazione (quindi di idratazione), ci hanno consentito di “rafforzare” la carta forno, riducendo le problematiche legate al suo “ingiallimento”, alla sua fragilità e al conseguente sgretolamento durante la cottura in forno.

6. CONCLUSIONI

In un'epoca in cui siamo costantemente circondati da materiali sintetici e processati, bisogna prestare attenzione alle nostre scelte e optare per alternative più sicure, biodegradabili, riciclabili e sostenibili per la salute e l'ambiente. Sin dall'inizio, la carta forno Cooky Sil è stata ideata e fabbricata con l'obiettivo di raggruppare in sé questi concetti, non prevedendo l'ausilio di sostanze chimiche potenzialmente tossiche, capaci di migrare negli alimenti e comprometterne la sicurezza, come ad esempio i PFAS. Gli additivi chimici della carta possono causare gravi rischi per la salute umana a seconda del livello di migrazione e consumo. L'unicità dell'impianto ha consentito una particolare e delicata modalità di applicazione della barriera siliconica, ma dietro c'è ancora un importante e costante lavoro orientato al risultato: selezionare specificamente le fibre più idonee, raggiungere attraverso la loro raffinazione le resistenze dinamiche e statiche ottimali, ottenere il livello di porosità desiderato e definire un pretrattamento ideale con un agente di collatura, diminuendo così il grado di penetrazione e la perdita di silicone nel supporto. Parallelamente avviene il controllo delle condizioni di macchina, dell'asciugamento del foglio e soprattutto del grado di maturazione del silicone.

Tutte le attenzioni del caso permettono di offrire sul mercato un prodotto che possa soddisfare la maggior parte delle esigenze richieste: una carta flessibile, leggera, antiaderente, resistente all'umidità e alle alte temperature che spesso possono essere causa della sua fragilità.

7. BIBLIOGRAFIA

- 1) Sito ufficiale di Burgo Group: <https://www.burgo.com/it>
- 2) Chandrasekaran Duraiswamy (1999), “*Effect of Various Starch Sources on the Silicone Holdout of Release Paper*”, Western Michigan University
- 3) Materiale di Cartiera: Manuale sui sistemi di applicazione
- 4) Rudolf Haraga (2004), “*Assessing Silicone Holdout for Release Papers*”, Western Michigan University