



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



INFORMACJA O OSIĄGNIĘTYCH WYNIKACH, PRZEPROWADZONYCH BADANIACH

dotyczących możliwości zastosowania rezultatów zrealizowanej operacji „Zielone Mleko” w praktyce, w zakresie innowacji technologicznej i osiągnięcia celu operacji „Innowacja w produkcji mleka krowiego surowego, jego przetwórstwie i wprowadzaniu na rynek serów dojrzewających o podwyższonych walorach odżywczych”.

PROW 2014-2020

Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich

“Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”.

Tytuł operacji: “Zielone Mleko”.

Cel Operacji: Innowacje w produkcji mleka krowiego surowego, jego przetwórstwie i wprowadzeniu na rynek serów dojrzewających o podwyższonych walorach odżywczych. Przewidywane wyniki operacji: produkcja wysokiej jakości serów dojrzewających o wyjątkowych właściwościach odżywczych, wdrożenie modelu żywienia krów mlecznych paszami pozyskiwanymi z użytków zielonych, zastosowanie do produkcji serów dojrzewających innowacyjnych rozwiązań technologicznych, wprowadzenie innowacji marketingowych.

Operacja pt. “Zielone Mleko”, współfinansowana jest ze środków Unii Europejskiej w ramach działania “Współpraca”

Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014 – 2020

Autor: dr inż. Joanna Szulc



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Spis treści

Wprowadzenie.....	4
Technologia produkcji serów podpuszczkowych dojrzewających	8
Ogólna technologia wytwarzania serów	8
Przygotowanie mleka	10
Pasteryzacja.....	10
Doprawianie mleka	10
Zaprawianie mleka podpuszczką	11
Obróbka skrzepu	11
Formowanie serów	11
Prasowanie	12
Solenie.....	12
Dojrzewanie	12
Końcowa obróbka przed dystrybucją i opcjonalne porcjowanie	12
Modyfikacje technologii produkcji serów	13
Innowacyjna technologia produkcji serów będąca przedmiotem projektu	19
Proces technologiczny otrzymywania sera dojrzewającego z mleka konwencjonalnego	19
Proces technologiczny otrzymywania sera dojrzewającego z „Zielonego Mleka”	22
Innowacyjna linia technologiczna do produkcji sera z „Zielonego Mleka”	25
Odbiór „Zielonego Mleka”	25
Dogrzewanie mleka (repasteryzacja)	27
Zaprawianie mleka podpuszczką i koagulacja.....	28
Formowanie i wstępne prasowanie	32
Badania i doświadczenia potwierdzające możliwość zastosowania innowacji technologicznej w praktyce.....	43



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"

Innowacja technologiczna - korzyści	55
Podsumowanie	57
Podsumowanie skrócone	58
Główne korzyści, wynikające z zastosowania rezultatów zrealizowanej Operacji „Zielone Mleko” w praktyce, w zakresie innowacji technologicznej.....	59
The main benefits resulting from the application of the results of the implemented Operation "Zielone Mleko" in practice, in the field of technological innovation	61
Literatura	63
Materiał dodatkowy.....	66
Innowacja technologiczna – kontrola	66
Innowacja technologiczna – bezpieczeństwo	67
Innowacja technologiczna – jakość i powtarzalność	68



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Wprowadzenie

Sery w Polsce są znane od dawna. Początkowo wyrabiano tzw. gomółki, oszcypki i bryndzę. Prawdopodobnie w XIX w. pojawiły się pierwsze serowarnie, w których zajmowano się produkcją innych serów, w tym ementalskich. Technologia produkcji serów została przywieziona do Polski z Niemiec, Holandii i Szwajcarii. Pierwsze serowarnie były przeważnie serowarniami dworskimi i miały zróżnicowaną wielkość i mogły przerabiać od kilkuset do nawet kilku tysięcy litrów mleka dziennie.

W ogólności technologia produkcji serów polega na otrzymywaniu i odpowiedniej obróbce mechaniczno-termicznej skrzepu mleka. Skrzep powstaje w wyniku zakwaszenia i koagulacji pod wpływem podpuszczki białek mleka, głównie kazeiny. W trakcie procesu produkcyjnego skrzep poddawany jest odwodnieniu przez oddzielenie go od serwatki. Wpływ na to ma m.in. stopień rozdrobnienia skrzepu, czyli wielkość ziaren serowych, a także obróbka termiczna. Metoda koagulacji białek mleka oraz dalsza obróbka skrzepu determinuje rodzaj sera oraz jego przeznaczenie. Można uzyskać sery świeże, do bezpośredniego spożycia, czyli sery kwasowe lub kwasowo-podpuszczkowe oraz sery dojrzewające, głównie podpuszczkowe. Rodzaj sera determinowany jest także składem chemicznym, a przede wszystkim zawartością tłuszczu i wody.

W Polsce produkuje się ok. 300 rodzajów sera. Jeszcze ok. 40 lat temu w Polsce znanych i produkowanych było ok. 80-100 rodzajów (Pijanowski i Gawęł, 1986). Wzbogacenie w wiedzę i umiejętności wytwarzania większej ilości rodzajów serów przełożyła się na intensyfikację produkcji serów. Ich produkcja w ostatnich 20 latach wzrosła dwukrotnie. W 2000 roku na rynku znalazło się 475 tys. ton, podczas gdy w 2019 roku już 945 tys. ton. serów i twarogów ogółem, a odpowiednio 30% i 40% tej produkcji stanowiły sery dojrzewające podpuszczkowe (GUS 2001-2022). Te liczby w 2020 roku przełożyły się na piąte miejsce wśród krajów w UE pod względem wielkości produkcji serów i twarogów. Na tle Unii Europejskiej Polskę wyprzedzają tylko Niemcy, Francja, Włochy i Niderlandy (BAiS KOWR, 2021). Jednocześnie wzrost produkcji tych artykułów spożywczych na przestrzeni lat przekłada się na rosnący eksport serów. Analiza danych KOWR jasno pokazuje, że od 2004 do 2020 roku



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



sprzedaż serów i twarogów za granicę wzrosła ponad 4-krotnie, wynosząc w 2004 roku 191 mln euro, a w 2020 roku 823 mln euro.

Również na rynku krajowym zauważyć można rosnące zainteresowanie serami. W okresie od 2013 do 2021 roku przeciętne spożycie serów i twarogów w Polsce wzrosło z 0,83 do 0,97 kg/mc/osobę, co przełożyło się na prawie 17% wzrost spożycia produktów z tej kategorii w ciągu ostatnich 10 lat.

Na rynku żywnościowym wielu krajów można zaobserwować wysoką dynamikę rozwoju nowych produktów żywnościowych. Na początku lat dziewięćdziesiątych, najpierw w Japonii, a później w USA i krajach Unii Europejskiej, została wprowadzona cała gama produktów, które jednocześnie obok podstawowej potrzeby fizjologicznej jaką jest jedzenie zaspokajają potrzeby zachowania i poprawy zdrowia (Krajewski, 1999). Trend ten jest nadal aktualny. Obecnie dobór i zakup odpowiednich produktów w diecie jest jednym z ważnych elementów zdrowego stylu życia. Konsument, dzięki informacjom zawartych na etykiecie, może w sposób świadomy i odpowiedzialny komponować swoją dietę. Wybierając produkty żywnościowe konsumenci coraz częściej wybierają produkty zaliczane do żywności funkcjonalnej, która łączy w sobie aspekt odżywczy i zdrowotny. Nieodżywcze składniki żywności mogą wpływać na funkcjonowanie organizmu w różny sposób, a naukowcy obecnie zajmują się znalezieniem zależności pomiędzy składnikami żywności, szczególnie tych o aktywności biologicznej a zdrowiem.

Raport Inquiry i firmy ITBC Communication z 2019 roku (RP.PL, 2019) potwierdził coraz większe zainteresowanie żywnością prozdrowotną. 84% respondentów zwraca uwagę na prozdrowotne działanie produktów (np. ich pomoc w obniżaniu ciśnienia, złego cholesterolu) i związana z tym zawartość składników odżywczych. Podobnie jak w rozwiniętych krajach Zachodu także u nas powiększa się grupa świadomych konsumentów. Dużą wagę respondenci przywiązują do sposobu przetwarzania żywności. Ponad trzy czwarte konsumentów docenia też tradycyjny sposób produkcji żywności. Biorąc pod uwagę również istotność dla respondentów składu produktu żywnościowego (szczególnie ograniczenia występowania dodatków do żywności, takich jak konserwanty i polepszacze smaku) można wyciągnąć wniosek, że konsumenci oczekują produktów o prostym składzie, o właściwościach prozdrowotnych i wytworzonych tradycyjnymi metodami.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Ostatnie 20 lat przyniosło wiele dowodów naukowych wykazujących, że główną funkcję w regulacji procesów metabolicznych w organizmie i w ochronie przed chorobami pełni żywność (Czapski i Górecka, 2014). Stąd żywność może być istotnym elementem profilaktyki chorób cywilizacyjnych, przyczyniając się do wydłużenia życia i zachowania dobrego zdrowia. W tym przypadku szczególne znaczenie ma żywność funkcjonalna. W polskim, jak i unijnym prawie, nie znajdziemy definicji żywności funkcjonalnej, ale w literaturze przedmiotu zostały opisane właściwości tego środka spożywczego. Przede wszystkim żywność funkcjonalna jest żywnością naturalnego pochodzenia, która może być wzbogacona lub zmodyfikowana. Modyfikacje mogą być biotechnologiczne, może także nastąpić na drodze zmiany i wykorzystania specyficznych procesów technologicznych. Żywność funkcjonalna musi dostarczać składników odżywczych, ale także musi wpływać na funkcjonowanie organizmu człowieka- zmniejszać ryzyko rozwoju chorób cywilizacyjnych, dietozależnych i ogólnie poprawiać stan zdrowia i samopoczucie. Postać tego rodzaju żywności nie może być inna niż żywność konwencjonalna, co od razu wyklucza postać tabletek, kapsułek, proszków i tym podobnych. Także ilość żywności funkcjonalnej jaką należy spożyć musi odpowiadać ilości w codziennej zbilansowanej diecie, stąd efekt prozdrowotny jest oczekiwany od porcji, którą spożywa się w optymalnych ilościach.

Kryterium podziału żywności funkcjonalnej jest wiele, jednak tym najbardziej powszechnym jest jej skład. Ze względu na rodzaj składnika wprowadzanego do żywności, bądź składnika, którego ilość zostaje ograniczona, lub który jest z niej całkowicie usunięty oraz procesy technologiczne jakim je poddano, żywność możemy podzielić na:

- naturalna żywność bogata w składniki prozdrowotne,
- żywność, w której zwiększono dostępność prozdrowotnych składników,
- żywność, do której dodano składnik lub składniki prozdrowotne, wzbogacono ją,
- żywność, z której usunięto składniki niepożądane, w tym antyżywnościowe.

Często z pojęciem żywności prozdrowotnej w parze pojawia się żywność projektowana. Stosując odpowiednie zabiegi już na etapie pozyskiwania surowca można uzyskać właściwości prozdrowotne w produkcie końcowym. Również w trakcie przetwarzania surowców



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



zastosowanie odpowiednich parametrów może wypłynąć na mniejsze straty składników bioaktywnych.

Producenci żywności chcąc podążać za trendami wśród konsumentów, tym samym spełniając ich oczekiwania, rozważają udoskonalanie swoich procesów oraz produktów, z ukierunkowaniem na pozyskiwanie produktów o potencjale prozdrowotnym. Jednym z obszarów szczególnych zainteresowań producentów działających na rynku spożywczym są innowacyjne technologie pozwalające na wyróżnienie się na rynku i zdobycie nowych odbiorców.

W operacji „Zielone Mleko” podjęto się wyzwania stworzenia innowacyjnej linii technologicznej pozwalającej na produkcję innowacyjnych serów o udoskonalonych właściwościach i potencjale prozdrowotnym. Spójne działania w wielu obszarach związanych z technologią i pozyskiwaniem surowca przełożyły się na osiągnięcie zamierzonych celów, tj. zaprojektowania i wdrożenia innowacji technologicznej pozwalającej na wdrożenie i praktyczne zastosowanie innowacji produktowej.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Technologia produkcji serów podpuszczkowych dojrzewających

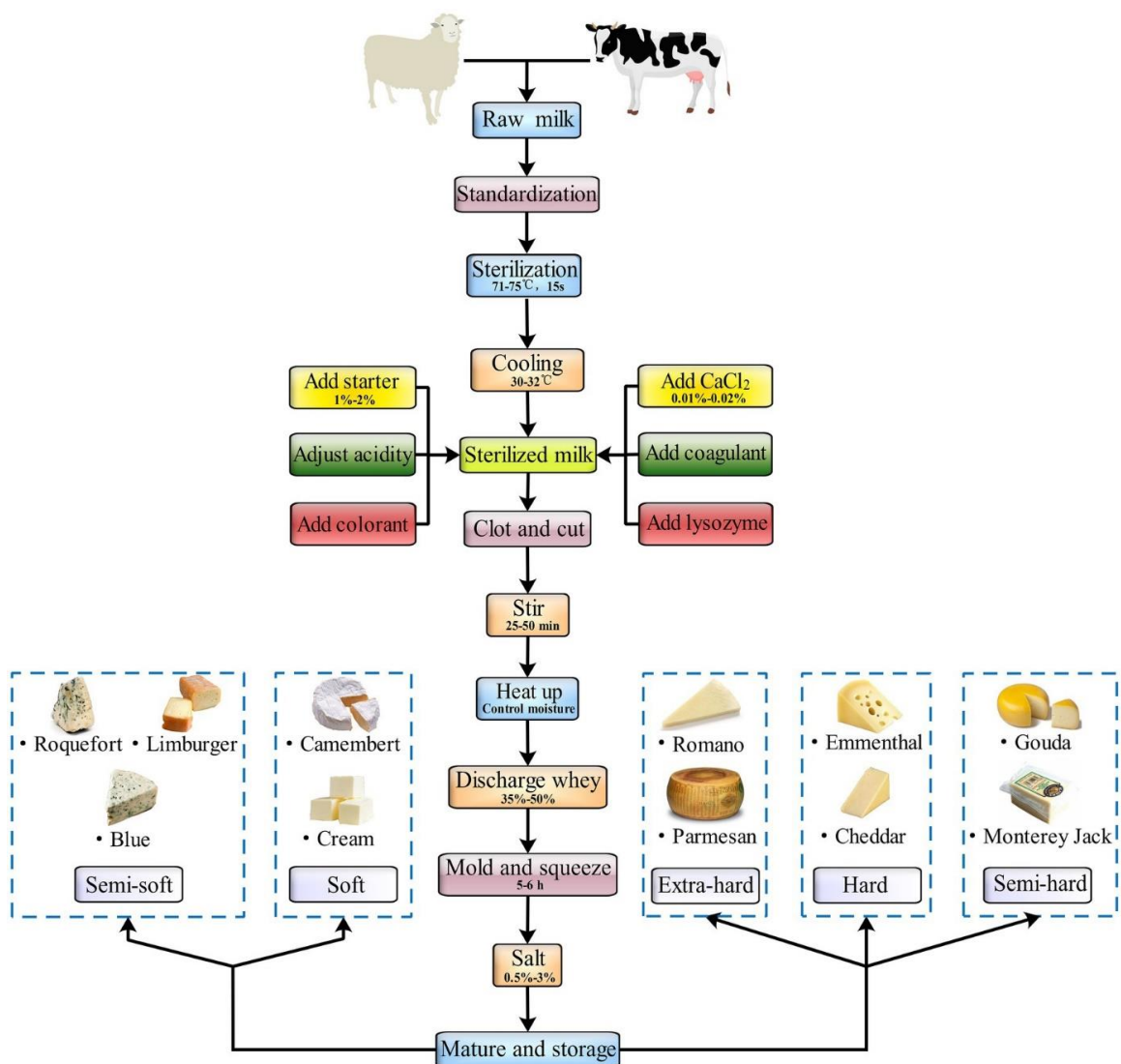
Produkcja sera to proces, którego początki sięgają kilka tysięcy lat wstecz. Jedne źródła podają, że pierwsze sery wytwarzano na terenach zachodniej Azji 8000 pne (Zheng i in., 2021). Inne źródła uznają, że najwcześniejsze oznaki procesu wytwarzania sera znajdują się na malowidłach naskalnych około 5000 pne (Pijanowski i Gawęł, 1986). Według tych doniesień rejonem, który uważa się na miejsce „narodzin” sera jest terytorium krajów basenu Morza Śródziemnego. Malowidła te reprezentują najstarsze technologiczne zastosowanie enzymów do mleka. To celowe działanie umożliwiało wówczas przekształcenie mleka w ser, a przez to uzyskiwano produkt bezpieczniejszy i trwalszy. Od samego początku technologia produkcji sera zmieniała się dzięki postępowi technologicznemu i naukowemu w materiałach i procesie produkcji. Obecnie produkcja serów stoi na bardzo wysokim poziomie, dzięki nowoczesnym materiałom i zastosowanej technologii.

Ogólna technologia wytwarzania serów

Proces technologiczny wyrobu większości rodzajów serów obejmuje następujące etapy:

- przygotowanie mleka (badania jakościowe, oczyszczanie standaryzacja/normalizacja zawartości tłuszczu)
- pasteryzacja
- doprawianie mleka (dodatek chlorku wapnia, barwników, azotynu sodu, bakterii serowarskich, lizozymu)
- zaprawianie mleka podpuszczką i krzepnięcie mleka
- obróbka skrzepu (krojenie, mieszanie, ewentualne podgrzanie lub chłodzenie)
- formowanie serów
- prasowanie

- solenie
- dojrzewanie serów
- końcowa obróbka przed dystrybucją i opcjonalne porcjowanie, pakowanie
- magazynowanie (Pijanowski i Gawęł, 1986)



Rys. 1. Schemat wyrobu serów (Zheng i in. 2021)



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Przygotowanie mleka

Ser jest generalnie produkowany z mleka krowiego, ale kilka serów, takich jak Roquefort, feta i Manchego, jest produkowanych z mleka owczego lub koziego (Branciarri i in., 2000). Zasadniczo mleko surowe należy wykorzystać do produkcji sera jak najszybciej po jego odciągnięciu. Cechy jakościowe mleka są szczególnie ważne w technologii produkcji serów. Skład mleka jest czynnikiem determinującym skład chemiczny masy serowej, a to przekłada się na strukturę skrzepu i powiązane jest dalej z aktywnością koagulantu. Ostatecznie właśnie bezsprzecznie skład mleka decyduje w dużej mierze o jakości sera.

Zawartość tłuszczu w mleku surowym zależy od wymaganej zawartości tłuszczu w serze, która z kolei ma proporcjonalny związek z zawartością kazeiny w mleku pełnym. Standaryzację mleka można przeprowadzić, dodając śmietankę, oddzielając część tłuszczu i dodając odtłuszczone mleko lub tłuszcz inne niż mleko w celu uzyskania jednolitej masy i zmniejszenia wszelkich odchyłań. Potrzeba standaryzacji wynika także z naturalnych wahań zawartości kazeiny w mleku.

Pasteryzacja

Aby wyeliminować szkodliwe i chorobotwórcze bakterie, zapewnić jednolitą jakość i zwiększyć stabilność jakości sera, do produkcji większości odmian sera stosuje się mleko pasteryzowane. Pasteryzację przeprowadza się w 63°C przez 30 min lub w 71–75°C przez 15 s. Pasteryzacja oprócz eliminacji mikroorganizmów chorobotwórczych przyczynia się do eliminacji mikroflory korzystnej, stąd konieczność dodawania zakwasu. Również w czasie pasteryzacji inaktywacji enzymów występujących w mleku, które biorą udział w przemianach związków smakowo-zapachowych w trakcie dojrzewania, stąd sery z mleka pasteryzowanego mogą mieć łagodniejszy smak. Również wytrącone jony wapnia w trakcie pasteryzacji uzupełnia się dodatkiem chlorku wapnia.

Doprawianie mleka

Do mleka po pasteryzacji można dodać substancje dodatkowe w zależności od tego, czy wymaga tego odmiana sera i warunki produkcji. Na przykład chlorek wapnia i barwniki można



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



dodawać w celu wytworzenia skrzepu o odpowiedniej twardości i stałym kolorze. Również na tym etapie można dodać substancje konserwujące, zakwasy- kultury serowarskie, farby serowarskie.

Zaprawianie mleka podpuszczką

Podgrzane do odpowiedniej temperatury mleka (optymalnej do działania enzymu) zadaje się podpuszczką. Skrzepnięcie mleka odbywa się bez konieczności ingerencji w wartość pH surowca. Podpuszczka powoduje hydrolizę wiązania peptydowego w kazeinie. W wyniku tego działania kazeina przechodzi w para-kazeinę, a zhydrolizowany krótszy łańcuch peptydowy zyskuje cechy silnie hydrofilowe, przez co przechodzi do fazy wodnej, czyli serwatki. Para-kazeina ma z kolei silne właściwości hydrofobowe, przez co pozostaje nierozpuszczalna w wodzie i tworzy skrzep (żel). Na uzyskanie zwięzłego skrzepu w wyniku działania podpuszczki ma wpływ obecność jonów wapnia. Ubytek jonów podczas pasteryzacji może być zrekomensowany dodatkiem chlorku wapnia lub dłuższym oczekiwaniem na wytrącenie się skrzepu o oczekiwanej zwięzłości.

Obróbka skrzepu

Skrzep można przeciąć dopiero po osiągnięciu odpowiedniej twardości. Cięcie pozwala na przekształcenie dużych skrzepów w mniejsze skrzepy, przyspieszając w ten sposób odprowadzanie serwatki. Zwiększa również powierzchnię skrzepu, umożliwiając kurczenie się poprzez odwodnienie. Obróbka skrzepu wiąże się z występowaniem zjawisk fizykochemicznych, jak synereza, czyli oddzielenie się serwatki od skrzepu, biologicznych, jak rozwój bakterii kwasu mlekowego, co powoduje zmiany kwasowości. Obróbka mechaniczna i termiczna skrzepu, czyli stopień rozdrobnienia oraz temperatura obróbki, może różnić się w zależności od rodzajów i typów produktów końcowych.

Formowanie serów

Formowanie serów polega na nadaniu właściwego kształtu i struktury masie serowej, przy użyciu odpowiednich form. W tym czasie (kilkanaście godzin) w temp. 18-20°C zachodzi łączenie się (sklejanie) ziaren masy serowej. Podczas formowania trwa intensywna fermentacja mlekowa, aż do całkowitego przekształcenia laktozy w kwas mlekowy. Stopniowy wzrost



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



kwasowości w masie serowej powoduje dalsze kurczenie się ziarna serowego i wyciek serwatki.

Prasowanie

Prasowanie ma na celu dokładniejsze dociśnięcie ziaren masy serowej w formie i przez to pełniejsze wydzielenie serwatki. Czas prasowania uzależniony jest od łatwości z jaką daje się usunąć nadmiar serwatki i trwa od kilku do kilkunastu godzin w temp. ok. 20°C.

Solenie

Solenie serów nadaje im prawidłowy smak i właściwie ukierunkowuje rozwój pożądanej mikroflory, procesy enzymatyczne w toku dojrzewania, przyspiesza tworzenia się skórki oraz hamuje rozwój niepożądanych drobnoustrojów. Uformowane sery przetrzymuje się w solance (14-23% roztwór soli) przez kilka do kilkunastu dni lub soli się powierzchnię sera wcierając w nią sól, która z czasem dyfunduje do wewnątrz.

Dojrzewanie

Ten etap dotyczy serów twardych. Podczas dojrzewania w świeżym skrzepie rozwijają się unikalne smaki poprzez działanie probiotyczne i enzymatyczne, którego intensywność zależy od rodzaju sera. Dojrzewanie polega głównie na enzymatycznym rozkładzie białek (kwaśna proteoliza) i częściowej lipolizie tłuszczu mlecznego, w wyniku aktywności enzymów bakterii zakwasu. Wykształcają się wówczas typowe cechy smakowo-zapachowe, wygląd, konsystencja, oczkowanie i skórka poszczególnych typów sera.

Końcowa obróbka przed dystrybucją i opcjonalne porcjowanie, pakowanie

Na tym etapie najczęściej dochodzi do porcjowania i pakowania. Można jeszcze spotkać etap, którym jest wędzenie. Wędzenie jest procesem w czasie, którego zachodzą zmiany wywołane składnikami dymu wędzarniczego. Sery poddawane są oddziaływaniu ciepła i związków chemicznych zawartych w dymie wędzarniczym lub poddawane są preparatom dymu wędzarniczego. Celem procesu jest nadanie wyrobom specyficznych cech sensorycznych, m.in. smaku, zapachu i barwy.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Modyfikacje technologii produkcji serów

Od samego początku technologia produkcji sera zmieniała się dzięki postępowi technologicznemu i naukowemu w obszarach dotyczących zarówno modyfikacji surowców i materiałów, np. opakowaniowych, jak i procesu produkcyjnego. Obecnie produkcja serów stoi na bardzo wysokim poziomie, dzięki nowoczesnej technologii i wysokiej jakości surowcom. Jakość, a w tym szczególnie bezpieczeństwo oraz cechy organoleptyczne, sera jest determinowana wieloma czynnikami. Wśród nich wymienia się cechy genotypowe i fenotypowe zwierząt, właściwości chemiczne i mikrobiologiczne mleka, które mogą być kształtowane m.in. przez żywienie zwierząt, oraz technologia produkcji. Sery produkowane z mleka pochodzącego od tej samej rasy mogą się różnić w zależności od wykorzystanych kultury mleczarskich oraz rodzaju podpuszczki stosowanej do produkcji sera, ponieważ wpływają one na procesy chemiczne podczas produkcji i dojrzewania. Z drugiej strony z powodu globalizacji i postępu przemysłowego różnice te ulegają zatarciu i obserwuje się zanikanie różnic w jakości serów w obrębie niektórych regionów. Jest to zjawisko charakterystyczne dla produkcji serów na dużą skalę, która opiera się głównie na wykorzystaniu mleka pasteryzowanego, a serownie zaopatrują się u wiodących kilku światowych producentów kultur mleczarskich i podpuszczki.

Producent sera, który chce być konkurencyjny na rynku i zdobywać nowych odbiorców musi rozważyć różne kierunki modyfikacji swojego portfela produktowego. Wyzwaniem w tym wypadku jest zarówno opracowywanie nowych innowacyjnych produktów odpowiadających na wymagania klientów, modyfikacja produktów własnych, ale podjęcie także innowacyjnych działań zmierzających do modyfikacji technologii. Modyfikacja technologii może polegać na różnych działaniach. Doniesienia naukowe w tym obszarze rozważają modyfikację technologii w kierunku produkcji serów z mleka niepasteryzowanego, dzięki czemu można uzyskać produkty bogatsze w mikroflorę potencjalnie probiotyczną, stanowiącą przeważnie bakterie kwasu mlekowego. Innym kierunkiem jest wprowadzanie w różnej postaci, np. mikrokapsulek substancji lub mikroorganizmów mających wywołać



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



prozdrowotne właściwości serów (El-Neshawy i in., 1988). Kierunkiem modyfikacji właściwości serów, a właściwie surowca do ich produkcji, czyli mleka jest selekcja genetyczna (Oštarić i in., 2022). Jest to obszar badany od wielu lat, w którym poszukuje się genów odpowiedzialnych m.in. za poszczególne właściwości mleka. Jednym z obszarów jest również modyfikacja żywienia zwierząt. Badania dotyczą wzbogacania pasz zwierząt w substancje odżywcze i nieodżywcze o potencjale prozdrowotnym, od których oczekuje się zarówno pozytywnego wpływu na organizm zwierzęcy, a także ich obecności w produktach odzwierzęcych. Stosuje się m.in. diety bogate w nienasycone niezbędne kwasy tłuszczowe lub dodatek do pasz ziół i innych ekstraktów roślinnych bogatych w przeciwutleniacze czy substancje o właściwości antymikrobiologicznych (Talbot-Walsh i in., 2018).

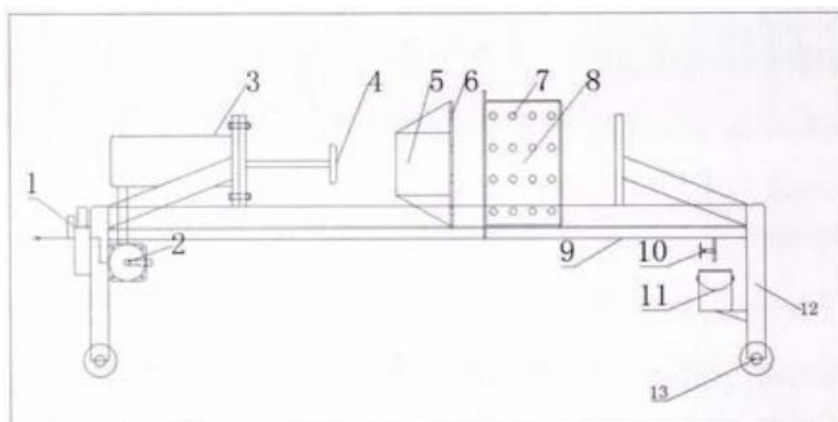
Nie należy zapominać o innowacjach w obszarze infrastruktury do produkcji sera. Szczególnym zainteresowaniem w ostatnich latach cieszą się urządzenia do formowania serów. W bazach patentowych znaleźć można wiele rozwiązań urządzeń formująco-prasujących oraz samych form. To tylko świadczy o tym, że jest to etap w produkcji serów, który może być udoskonalany i „skrojony” na potrzeby producenta serów.

Wśród wynalazków stanowiących urządzenia do formowania i prasowania gęstwy serowej znaleźć można różne konstrukcje, które pozwalają na uzyskanie serów dojrzewających o różnej masie i wielkości bloków. Ciekawym przykładem jest chiński wynalazek CN212232564U z 2020 roku (rys. 2). Jest to rozwiązanie składające się z prasy pneumatycznej do formowania sera i formy oraz szeregu dodatkowych urządzeń, które pozwalają na odzysk serwatki. Sama forma wg autorów zapewnić jednolite pod kątem wilgotności i kształtu sery, a także pozwala na gromadzenie serwatki podczas kształtowania/ściskania.

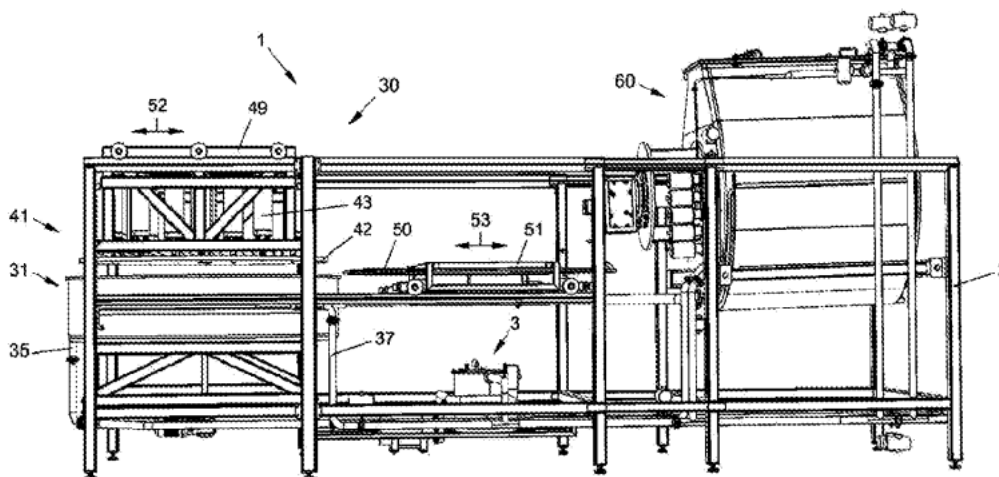
Innym przykładem wynalazku, w którym można prowadzić produkcję sera dojrzewającego, a szczególnie uzyskanie gęstwy serowej, oddzielenie serwatki, formowanie i prasowanie jest wynalazek wg niderlandzkiego patentu NL2002941C2 (rys. 3). Tutaj jednocześnie można uzyskać do 18 uformowanych serów. Rozwiązanie bardzo ciekawe z uwagi na znajdujący się w linii zbiornik buforowy, w którym mieszane jest ziarno.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Rys. 2. Rozwiązanie wg CN212232564U



Rys. 3. Rozwiązanie wg NL2002941C2

Rozwiązania systemów kolumnowych do formowania i wstępnego prasowania serów można odnaleźć w polskich zasobach patentowych. Pierwszym przykładem jest Urządzenie formująco-prasujące do produkcji serów twarogowych Pat.197635 (rys. 4). Urządzenie formująco-prasujące do produkcji serów twarogowych składa się z zasobnika (4) na ziarno twarogowe wyposażone w przenośnik ślimakowy (6), pod którym to zasobnikiem (4) umieszczone są perforowane rury (7) oraz układ porcjujący, w skład którego wchodzi nóż (10) z mechanizmem stabilizującym i zasuwa (11) z mechanizmem stabilizującym. Nad zasobnikiem (4) masy twarogowej zamocowany jest lej (1) w kształcie wycinka stożka

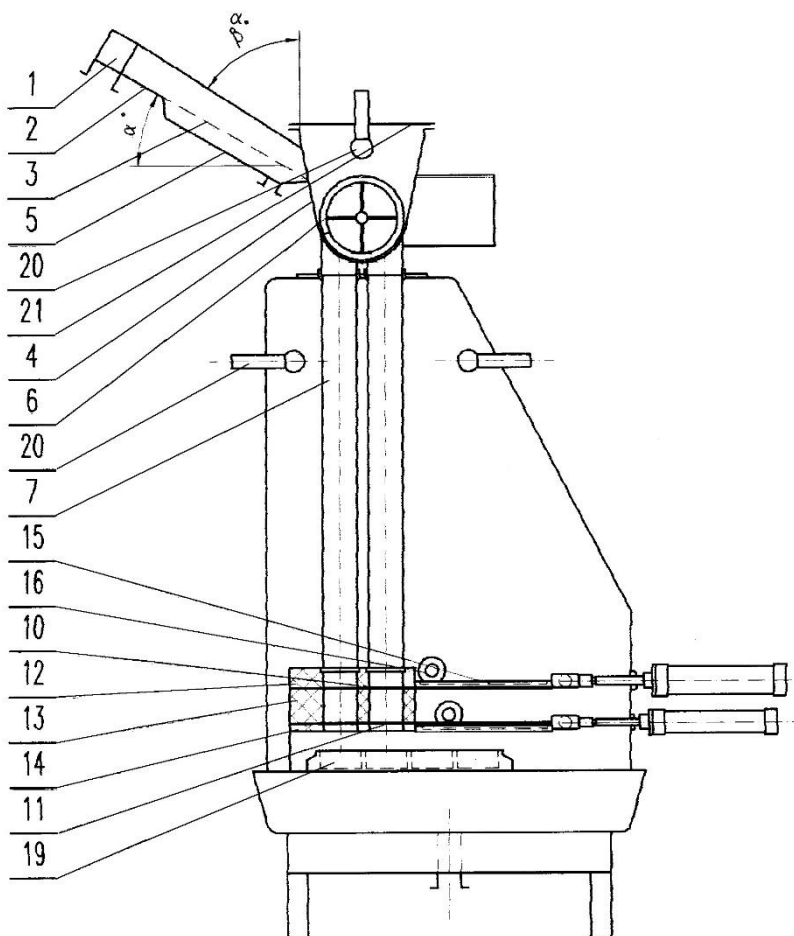


"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



rozszerzającego się ku dołowi Pod lejem (1) zamocowane jest korytko (5), służące do odprowadzania serwatki.

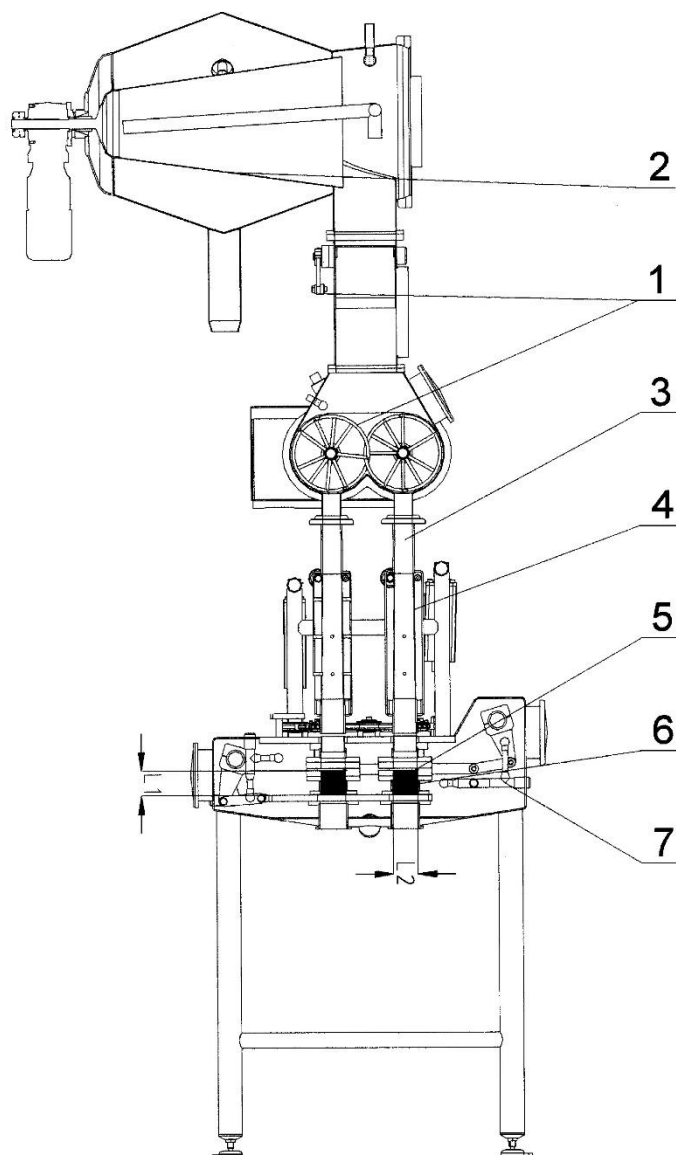
W innym polskim patencie pt. Urządzenie formująco-prasujące do produkcji serów dojrzewających Pat. 220966 spotykamy rozwiązanie dedykowane dużym blokom serów dojrzewających (rys. 5). Urządzenie to służy do wstępnego formowania, prasowania, a następnie porcjowania bloków o znacznych różnicach wymiarów gabarytowych. Urządzenie formująco - prasujące do produkcji serów dojrzewających składa się z zasobnika (1) gęstwy serowarskiej wyposażonego w system równomiernego rozkładu masy, pod którym to zasobnikiem (1) zamocowane są formujące rury (3) wyposażone w sektory perforowane (4), które mogą być lub nie zabudowane zewnętrznym płaszczem, a pod każdą formującą rurą (3) znajduje się mechanizm porcjujący składający się z noża (5) i komory porcjującej (6) oraz system przekazywania gęstwy serowarskiej do prasujących form.



Rys. 4. Rozwiązanie wg Pat.197635



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Rys. 5. Rozwiązanie wg Pat.220966

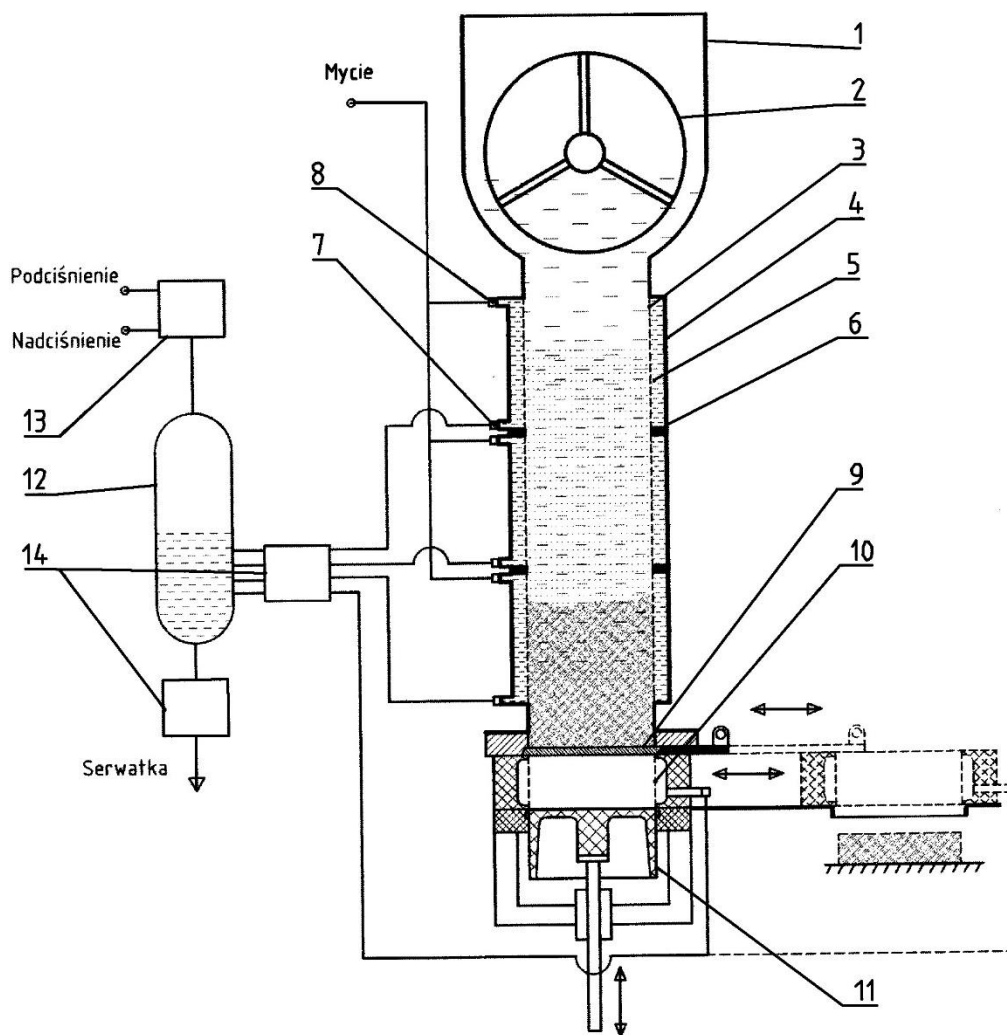
Jeszcze jednym ciekawym rozwiązaniem, w którym znaleźć można kolumnę do formowania i wstępnego prasowania, jest wynalazek opatentowany w UPRP pod nr 220809 (Rys. 6). Według wynalazku formowanie i prasowanie serów twarogowych i dojrzewających prowadzi się w perforowanych kolumnach tworzących zestaw rur w obudowie, gdzie odsączanie serwatki z gęstwy twarogowej następuje przez stosowanie kolejno: podciśnienia i nadciśnienia przerywanego okresami stabilizacji ciśnieniem atmosferycznym gdzie odcięta



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



porcję twarogu poddaje się procesowi końcowego prasowania w przesuwным kubku porcjującym z ruchomym dnem przy stosowaniu na przemian podciśnienia i nadciśnienia, przy czym wartości podciśnienia, ciśnienia atmosferycznego i nadciśnienia zmieniają się w czasie i przebiegają cyklicznie.



Rys. 6. Rozwiązanie wg Pat. 220809

Przedstawione wyżej rozwiązania dowodzą ciągłych udoskonaleń procesu technologicznego produkcji serów. Szczególnie interesujące z punktu widzenia dużego producenta są rozwiązania kolumnowe, które zapewniają możliwość przerobu dużej ilości surowca.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Innowacyjna technologia produkcji serów będąca przedmiotem projektu

Proces technologiczny otrzymywania sera dojrzewającego z mleka konwencjonalnego

Przed przystąpieniem do projektu „Zielone Mleko” w Spółdzielczej Mleczarni Spomlek o/Chojnice proces technologiczny produkcji sera dojrzewającego polegał na kolejnych czynnościach technologicznych:

- Odbiór mleka od dostawców
- Przyjęcie surowca do SM Spomlek
- Pasteryzacja, normalizacja mleka

Surowe mleko jest podgrzewane w wymienniku płytowym do temp. 45°C, a następnie kierowane na wirówkę czyszczącą - odtłuszczającą w celu oczyszczenia i oddzielenia tłuszczu. Następnie mleko poddaje się baktofugacji i pasteryzacji w temp. 75±2°C w czasie 25s. Pasteryzowane, znormalizowane i wychłodzone mleko kierowane jest do tankosilosów, gdzie mleko jest mieszane w celu ujednolicenia cech fizyko-chemicznych. Na tym etapie ustala się ilość tłuszczu w mleku przerobowym. Jest ona zależna od zawartości w surowcu białka ogółem. Do tego celu wykorzystywane jest urządzenie standaryzujące, w którym mleko odtłuszczone łączy się ze śmietanką (Standomat). Różnica pomiędzy tłuszczem a białkiem w mleku powinna wynosić 0,1÷0,5%. Tak znormalizowane mleko oczekuje do czasu obróbki, nie dłużej niż 36h.

- Produkcja sera dojrzewającego
 - Repasteryzacja mleka kotłowego

Przed przekazaniem mleka do kotłów serowarskich jest ono dogrzane do temperatury 31-32°C

- Dodatek do mleka dodatków funkcjonalnych (barwnik, chlorek wapnia, szczepy ochronne, szczepy kwaszące, podpuszczka)



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Barwnik β -karoten jest stosowany w celu właściwego wybarwienia masy serowej (uzyskania stałej wyrównanej barwy serów). Jest on dodawany na etapie napełniania kotłów serowarskich mlekiem.

W celu uzupełnienia równowagi soli mineralnych w mleku przerobowym, a tym samym poprawieniu krzepliwości mleka, dodaje się do niego rozpuszczalne sole wapniowe. Chlorek wapnia (CaCl_2) dodaje się do mleka po rozpuszczeniu go w wodzie technologicznej w stosunku 1:2 na początkowej fazie napełniania kotła lub tankosilosu. W przypadku dodatku chlorku do tankosilosu, do kotła dodaje się pozostałe 70%-75% dozy. Natomiast w przypadku nie dodania chlorku do tankosilosu, całą dozę dodaje się do kotła.

Jako baza ukwaszająca stosuje się następujące szczepionki: Flora C160/C170, MOS, RSF, PLC, CC 300, W1830, Choozit.

W celu zabezpieczenia serów przed wzdęciami stosuje się dodatek szczepów ochronnych: BS 30, D227.7/447,7; LPRA.

Roztwór podpuszczki przygotowuje się na ok. 10 minut przed zaprawianiem. Do naczynia odmierza się 650ml płynnej podpuszczki CHY MAX EXTRA NB i rozprawdza się ją w 6-7l wody. Temperatura zaprawiania mleka podpuszczką wynosi $31 \div 32^\circ\text{C}$. Przygotowany roztwór podpuszczki wlewa się cienkim strumieniem do mleka intensywnie mieszając przez ok. 5 min po czym wstrzymuje się ruch mleka.

➤ Obróbka mleka w kotłach serowarskich

Koagulacja trwa ok. 30 min, do momentu uzyskania skrzepu bardzo zwięzłego. Krojenie skrzepu prowadzi się do momentu uzyskania ziarna o średnicy ok. 40mm. Szybkość krojenia jest dopasowana do tego żeby uzyskać ziarno jednolitej wielkości bez drobnej frakcji.

Po pokrojeniu skrzepu gęstwę serową miesza się przez 5min, aż ziarno stanie się jędrne i elastyczne. Po osadzeniu się ziarna na dnie kotła odczerpuje się 33% serwatki, w stosunku do ilości mleka przerobowego (pH serwatki 6,20-6,60). Po odczerpaniu serwatki gęstwę serową miesza się intensywnie przez 5 min. Następnie nie zatrzymując mieszania dodaje się wodę technologiczną o temp. $40-50^\circ\text{C}$ w ilości 12 -33% w stosunku do ilości mleka w kotle. Dodatek wody technologicznej zależy od kwasowości serwatki. Im większy przyrost kwasowości, tym większy dodatek wody technologicznej. Dodatek wody technologicznej ma na celu zmniejszenie stężenia kwasu mlekowego i laktozy, które wpływają na konsystencję sera. Po dodaniu wody technologicznej, gęstwę serową dogrzewa się do temperatury $37-37,5^\circ\text{C}$ w przypadku szczepów mezofilnych i $38-39^\circ\text{C}$ w przypadku szczepów termofilnych. Następnie dosusza się ziarno, a proces dosuszania polega na dalszym mieszaniu gęstwy serowej.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Ponownie odczerpuje się serwatkę. Ilość odczerpanej serwatki wynosi 28-30% do ilości mleka w kotle (pH serwatki 6,20-6,60). Powtarza się dosuszanie ziarna, które trwa kilka minut, po czym następuje przepompowanie ziarna serowego z kotła do zbiornika buforowego.

- Przekazanie ziarna serowarskiego do zbiornika buforowego
- Przekazanie ziarna ze zbiornika buforowego do urządzenia formująco – prasujące Chalon Megard
- Formowanie i wstępne prasowanie sera

Po zakończeniu dosuszania gęstwy serowej przystępuje się do formowania i prasowania. Ten etap prowadzony jest w urządzeniu firmy Chalon-Megard, w którym dozowane jest ziarno i napełniane są formy. Po wstępnym prasowaniu określa się pH serów świeżych. Wynosi ono 5,75-6,50.

- Prasowanie główne

Prasowanie główne dla poszczególnego asortymentu przebiega następująco:

Salami: 2 bar – 5 min., 3,5 bar – 5 min., 4,5 bar - 40 min., 6,5 bar – 5 min., 7,5 bar – 5 min.

Euroblok: 6 kroków po 15 min. 2 kroki po 10 min. ze stopniowaniem ciśnienia od 0,5 bar do 5,5 bar.

Po głównym prasowaniu określa się pH serów świeżych. Wynosi ono 5,0-6,0 (optimum 5,3).

- Solenie

Zabieg ten nadaje serom właściwy smak oraz zwiększa ich trwałość. Ponadto solenie ułatwia wydzielanie się z sera serwatki, a tym samym reguluje wilgotność i kwasowość jego mięszu. Kontenery z serami zanurzone są całkowicie w solance o stężeniu 17-21% NaCl i pH 4,9-5,4 przez:

* 14-24 h salami

* 48-72 h euroblok

Temperatura solanki waha się w granicach od 9-14°C.

- Pakowanie

Po wysoleniu sery są krojone (opcjonalnie), natryskiwane roztworem soli, pakowane w worek termokurczliwy, obkurczane i poddawane detekcji. Jeśli sery są krojone to w



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



przypadku serów salami są one krojone na blok 1/2 lub na 1/5 w przypadku eurobloku. Po zapakowaniu ser jest znakowany (nadruk na worku sera) i ważony.

- Dojrzewanie i dystrybucja

Zapakowane sery kieruje się do dojrzewalni, gdzie panuje temp. 10-13°C. Czas dojrzewania serów typu holenderskiego trwa minimum 3 tygodnie (ser salami), 4 tygodnie (ser gouda). Sery po odpowiednim okresie dojrzewania poddaje się ocenie chemicznej i organoleptycznej. Ocenę sera prowadzi się zgodnie ze specyfikacją wyrobu gotowego. Dojrzałe sery przeznaczone do konfekcji i sprzedaży bezpośredniej przewożone są do zakładu w Radzynie Podlaskim.

Proces technologiczny otrzymywania sera dojrzewającego z „Zielonego Mleka”

Proces technologiczny produkcji sera dojrzewającego po przystąpieniu do projektu „Zielone Mleko” i wdrożeniu innowacji technologicznej w postaci nowej linii technologicznej do produkcji serów dojrzewających wyposażonej w nowoczesne i dostosowane do potrzeb zakładu urządzenie kolumnowe do formowania i wstępnego prasowania serów polega na kolejnych czynnościach technologicznych:

- Odbiór mleka od dostawców będących w projekcie Zielone Mleko

Odbiór mleka przeznaczonego do produkcji serów z „Zielonego Mleka” odbywa się od dostawców będących w programie „Zielone Mleko”. Do odbioru tego mleka jest przygotowana specjalna trasa odbiorowa, obejmująca tylko tych dostawców.

- Przyjęcie surowca do SM Spomlek, do przeznaczonego, dedykowanego tanku na Zielone Mleko

W zakładzie produkcyjnym mleko to jest kierowane do oddzielnego tanku, tak aby nie doszło do wymieszania się z innym surowcem.

- Pasteryzacja, normalizacja mleka

Surowe mleko jest podgrzewane w wymienniku płytowym do temp. 45°C, a następnie kierowane na wirówkę czyszczącą - odtłuszczającą w celu oczyszczenia i oddzielenia tłuszczu. Następnie mleko poddaje się baktofugacji i pasteryzacji w temp. 75±2°C w czasie 25s. Pasteryzowane, znormalizowane i wychłodzone mleko kierowane jest do tankosilosów, gdzie mleko jest mieszane w celu ujednolicenia cech fizyko-chemicznych.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Krok jest identyczny jak w przypadku produkcji sera z mleka konwencjonalnego, jednak „Zielone Mleko” trafia do oddzielnego silosu, celem uniknięcia wymieszania się z mlekiem konwencjonalnym.

Na tym etapie ustala się ilość tłuszczu w mleku przerobowym. Jest ona zależna od zawartości w surowcu białka ogółem. Do tego celu wykorzystywane jest urządzenie standaryzujące, w którym mleko odtłuszczone łączy się ze śmietanką (Standomat). Różnica pomiędzy tłuszczem a białkiem w mleku powinna wynosić $0,1 \div 0,5\%$. Tak znormalizowane mleko oczekuje do czasu obróbki, nie dłużej niż 36h.

- Produkcja sera dojrzewającego

- Repasteryzacja mleka kotłowego

Przed przekazaniem mleka do kotłów serowarskich jest ono dogrzane do temperatury $31-32^{\circ}\text{C}$.

- Dodatek do mleka dodatków funkcjonalnych (szczepy ochronne, szczepy kwaszające, podpuszczka)

Zaszczepianie (dozowanie szczepionek): Jako baza ukwaszająca stosuje się następujące szczepionki mezofilne: Flora C160/C170.

Dodatek szczepów ochronnych: W celu zabezpieczenia serów przed wzdęciami stosuje się dodatek szczepów ochronnych: BS 30.

Roztwór podpuszczki przygotowuje się na ok. 10 minut przed zaprawianiem. Do naczynia odmierza się 900ml płynnej podpuszczki CHY MAX EXTRA NB i rozprowadza się ją w 6-7l wody. Temperatura zaprawiania mleka podpuszczką wynosi $31 \div 32^{\circ}\text{C}$. Przygotowany roztwór podpuszczki wlewa się cienkim strumieniem do mleka intensywnie mieszając przez ok. 5 min po czym wstrzymuje się ruch mleka.

- Obróbka mleka w kotłach serowarskich

Przy produkcji serów z „Zielonego Mleka” wykorzystywany jest innowacyjny pomiar kwasowości skrzepu, który jest oprócz jego zwięzłości ważnym elementem warunkującym rozpoczęcie produkcji. Krojenie skrzepu prowadzi się do momentu uzyskania ziarna o średnicy ok. 40mm. Szybkość krojenia jest dopasowana do tego żeby uzyskać ziarno jednolitej wielkości bez drobnej frakcji. Po pokrojeniu skrzepu gęstwę serową miesza się przez 5min, aż ziarno stanie się jędrne i elastyczne. Po osadzeniu się ziarna na dnie kotła odczerpuje się 33% serwatki, w stosunku do ilości mleka przerobowego (pH serwatki 6,20-6,60). Po odczerpaniu serwatki gęstwę serową miesza się intensywnie przez 5



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



min. Następnie nie zatrzymując mieszania dodaje się wodę technologiczną o temp. 40-50°C w ilości 12 -33% w stosunku do ilości mleka w kotle. Dodatek wody technologicznej zależy od kwasowości serwatki. Im większy przyrost kwasowości, tym większy dodatek wody technologicznej. Dodatek wody technologicznej ma na celu zmniejszenie stężenia kwasu mlekowego i laktozy, które wpływają na konsystencję sera. Po dodaniu wody technologicznej, gęstwą serową dogrzewa się do temperatury 37-37,5°C z uwagi na wykorzystywanie jedynie szczepów mezofilnych. Następnie prowadzi się dosuszanie ziarna, które polega na dalszym mieszaniu gęstwy serowej. Potem ponownie odczerpuje się serwatkę. Ilość odczerpanej serwatki wynosi 28-30% do ilości mleka w kotle (pH serwatki 6,20-6,60). Ponownie ziarno polega dosuszaniu. Proces dosuszania ziarna trwa kilka minut, po czym następuje przepompowanie ziarna serowego z kotła do zbiornika buforowego.

- Przekazanie ziarna serowarskiego do zbiornika buforowego
- Przekazanie ziarna ze zbiornika buforowego do urządzenia formującego – prasującego Marbomatic
- Formowanie i wstępne prasowanie sera

Ten etap prowadzony jest w urządzeniu prasująco-formującym składającym się z dwóch pionowych kolumn serowarskich. Kolumny są wyposażone w szereg zaawansowanych czujników, a także zaworów regulujących poziom serwatki pozwalają na uzyskanie serów o zaprojektowanej jakości, które są powtarzalne.

- Prasowanie główne

Prasowanie główne dla sera produkowanego z „Zielonego Mleka” w formie eurobloku przebiega następująco:

6 kroków po 15 min., 2 kroki po 10 min. ze stopniowaniem ciśnienia od 0,5 bar do 5,5 bar.

Po etapie prasowania, tuż przed zatopieniem w solance, sery podawane są analizie fizykochemicznej w formie ciągłego procesu. Odbywa się to za pomocą spektrofotometru Corona Zeiss. Na podstawie strumienia świetlnego, odbitego od produktu następuje oznaczenie zawartości wody, tłuszczu i kwasowości w produkcie. Jest to miejsce kontroli on-line.

- Solenie

Zabieg ten nadaje serom właściwy smak oraz zwiększa ich trwałość. Ponadto solenie ułatwia wydzielanie się z sera serwatki, a tym samym reguluje



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



wilgotność i kwasowość jego miąższu. Kontenery z serami zanurzone są całkowicie w solance o stężeniu 17-21% NaCl i pH 4,9-5,4 przez 48-72 h (euroblok). Temperatura solanki waha się w granicach od 9-14°C.

- Pakowanie

Po procesie wysalania odbywa się krojenie serów na pięć części (euroblok). Pokrojone sery są natryskiwane roztworem soli, pakowane w worek termokurczliwy, obkurczane i poddawane detekcji. Po zapakowaniu ser jest znakowany (nadruk na worku sera) i ważony.

- Dojrzewanie i dystrybucja

Zapakowane sery kieruje się do dojrzewalni, gdzie panuje temp. 10-13°C. Czas dojrzewania serów z „Zielonego Mleka” trwa minimum 4 tygodnie. Sery po odpowiednim okresie dojrzewania poddaje się ocenie chemicznej i organoleptycznej. Ocenę sera prowadzi się zgodnie ze specyfikacją wyrobu gotowego. Dojrzałe sery przeznaczone do konfekcji i sprzedaży bezpośredniej przewożone są do zakładu w Radzynie Podlaskim.

Innowacyjna linia technologiczna do produkcji sera z „Zielonego Mleka”

Innowacja technologiczna w projekcie „Zielone Mleko” została wdrożona w Spółdzielczej Mleczarni Spomlek o/Chojnice. Innowacja technologiczna polega na wdrożeniu nowej linii technologicznej do produkcji serów dojrzewających i wyposażeniu jej w nowoczesne i dostosowane do potrzeb zakładu urządzenie kolumnowe do formowania i wstępnego prasowania serów. Poniżej opisano najistotniejsze różnice pomiędzy liniami technologicznymi, które stanowią innowację technologiczną.

Odbiór „Zielonego Mleka”

W ramach operacji „Zielone Mleko” proces technologiczny został udoskonalony w kilku obszarach. Pierwszym z nich jest dedykowanie i zapewnienie trasy odbiorowej oraz osobnych tanków i silosów dla „Zielonego Mleka”. Odbiór mleka z gospodarstw, w których wdrożono model żywienia krów mlecznych paszami pozyskiwanymi z użytków zielonych, przeznaczonego do produkcji serów z „Zielonego Mleka” odbywa się zgodnie z zaplanowaną



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



trasą odbiorową. Trasa ta obejmuje tylko gospodarstwa biorące udział w operacji „Zielone Mleko”. W zakładzie produkcyjnym mleko to jest kierowane do oddzielnego tanku (fot. 1 i 2), tak aby nie doszło do wymieszania się z innym surowcem (mlekiem konwencjonalnym). Kolejne czynności technologiczne w nowej innowacyjnej linii technologicznej są tożsame z etapami produkcji sera dojrzewającego z mleka konwencjonalnego, aż do etapu doprawiania mleka. Założeniem innowacji produktowej, jaką jest ser o podwyższonych walorach odżywczych jest „czysta etykieta”. W związku z tym innowacją wprowadzoną w procesie technologicznym jest eliminacja dodatku barwnika oraz chlorku wapnia. Obok tego zaszczepianie mleka oraz wykorzystanie szczepów ochronnym również zostało ograniczone do kilku szczepionek w porównaniu z dodatkami do mleka konwencjonalnego.



Fot. 1. Przyjęcie „Zielonego Mleka”



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Fot. 2. Tank dedykowany „Zielonemu mleku”

Dogrzewanie mleka (repasteryzacja)

Innowacja technologiczna wdrożona w Spomlek to wyposażenie linii technologicznej w repasteryzator (fot. 3). Dołączenie repasteryzatora mleka kotłowego zapewnia ciągłą pracę linii z zachowaniem reżimu sanitarnego, mikrobiologicznego i technologicznego.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Fot. 3. Repasteryzator

Zaprawianie mleka podpuszczką i koagulacja

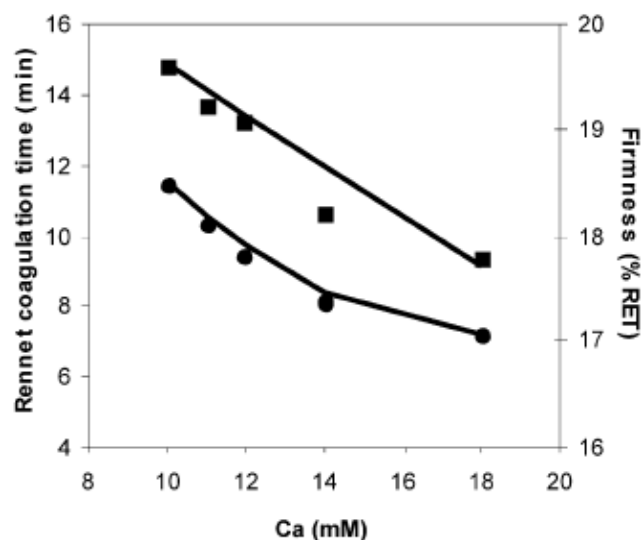
Istotnym etapem innowacji technologicznej jest zaprawianie mleka podpuszczką oraz koagulacja. W porównaniu z dotychczas stosowaną praktyką do produkcji sera z „Zielonego Mleka” zaprawianie podpuszczką wymaga większej ilości enzymu (wykorzystuje się 950 ml zamiast 600 ml roztworu podpuszczki na 15000 l mleka). Jest to związane eliminacją dodatku



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



chlorku wapnia. Wpływ jonów wapnia na przebieg koagulacji jest przedmiotem badań naukowych od ponad 60 lat (Ernstrom i in., 1958; Dalglish, 1980; Shalabi i Fox, 1982; Lucey i Fox, 1993; Lucey, 2002; Tarapata i in., 2020; Tarapata i in., 2021). Wydajność i właściwości reologiczne sera są silnie uzależnione od procesu krzepnięcia mleka (koagulacji). Czynniki takie jak stężenie podpuszczki, temperatura, pH i stężenie jonów Ca^{2+} wpływa na czas krzepnięcia mleka (RTC- rennet time coagulation), czyli na tworzenie się skrzepu (Nájera i in. 2003). Dodanie chlorku wapnia do mleka do produkcji sera zmniejsza ilość podpuszczki potrzebnej do optymalnego formowania skrzepu, poprawia właściwości skrzepu w pewnych warunkach i może zwiększyć wydajność sera (rys. 7).



Rys. 7. Zależność stężenia podpuszczki od stężenia jonów wapnia (Nájera i in. 2003)

Prace naukowe traktujące o koagulacji mleka wykazały, że krzepnięcie mleka w wyniku działania podpuszczki składa się z dwóch etapów. W pierwszej kolejności ma miejsce hydroliza enzymatyczna κ -kazeiny. Podpuszczka hydrolizuje wiązanie pomiędzy aminokwasami Phe 105 oraz Met 106, powodując zniszczenie się bariery ochronnej, która znajduje się wokół miceli kazeiny. W drugim etapie w wyniku naruszenia struktury miceli kazeiny i zmiany ich właściwości następuje agregacja miceli i powstanie sieci wiązań utrzymujących strukturę skrzepu. Ważną rolę w tworzeniu skrzepu pełnią jony wapnia. Dodanie chlorku wapnia do



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



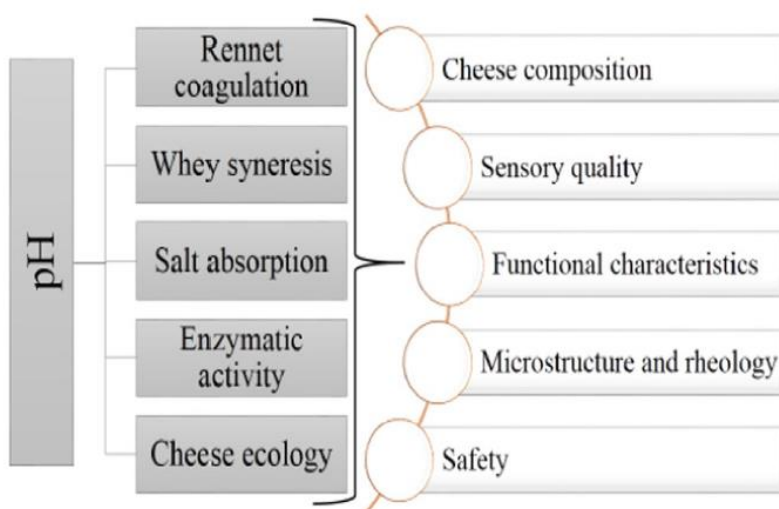
mleka wpływa korzystnie na agregację kazeiny, ponieważ same jony wapnia są odpowiedzialne za tworzenie skrzepu i wspierają działanie podpuszczki. Innym czynnikiem, który bez wątpienia odgrywa pewną rolę w działaniu chlorku wapnia, jest wpływ tej soli na obniżenie pH mleka, a tym samym zwiększenie kurczenia skrzepu przez enzymy podpuszczkowe.

Innowacja technologiczna wdrożona w procesie technologicznym wytwarzania serów z „Zielonego Mleka” polega na ciągłym nadzorowaniu zmian w przebiegu (długości) koagulacji mleka wynikające z niższego stężenia jonów wapnia. Dotychczas z praktyki produkcyjnej koagulacja mleka w tradycyjnym procesie technologicznym trwała ok. 30 min. W wyniku wdrożenia zmian w procesie technologicznym dedykowanemu produkcji serów o podwyższonych walorach odżywczych przebieg koagulacji jest teraz monitorowany. Kotły serowarskie zostały wyposażone w sondy do pomiaru stopnia koagulacji. Dzięki zastosowaniu w kotle innowacyjnej sondy proces produkcyjny jest powtarzalny. Zastosowanie sond do pomiaru stopnia koagulacji poprzez nadzorowanie kwasowości czynnej (pH) przekłada się na zwiększenie wykorzystania składników mleka użytego do produkcji sera i ograniczenie ich strat. Wyniki pomiarów pH stanowią dane wejściowe do systemu sterownia w zestawie buforowania i standaryzacji gęstwy serowej, a także w zestawie formowania i wstępnego prasowania gęstwy serowej. Ten element innowacji technologicznej wydaje się być najistotniejszą częścią udoskonaleń. Istnieje słuszne przekonanie, udowodnione w wielu pracach badawczych, że etap koagulacji mleka jest bardzo ważny i wpływa istotnie na cechy jakościowe produktu końcowego, czyli sera (Nájera i in. 2003).

Wpływ pH mleka na czas krzepnięcia jest bardzo istotny. Zmiana pH spowodowana bezpośrednim zakwaszeniem lub działalnością starterowych bakterii kwasu mlekowego reguluje różne aspekty procesów chemicznych, biochemicznych i mikrobiologicznych zachodzących podczas produkcji sera, co prowadzi do jakości produktu końcowego. Bansal i Mishra (2020) podali, że pH wpływa na wchłanianie i dyfuzję soli, aktywność enzymów podczas dojrzewania, wzrost mikroflory sera oraz dystrybucję wapnia w fazie miceli i surowicy, które są kluczowymi czynnikami decydującymi o jakości produktu końcowego (Bansal i Veena, 2022).



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"

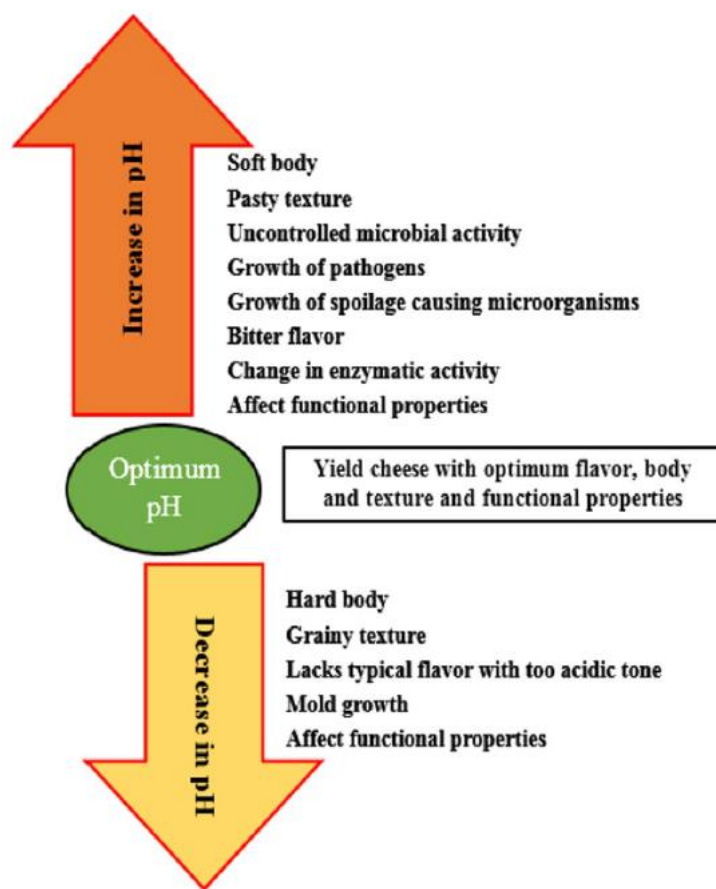


Rys. 8. Wpływ pH na proces produkcji sera (Bansal i Veena, 2022)

Pomiar pH podczas koagulacji, a także na innych etapach procesu produkcyjnego sera ma kluczowe znaczenie dla jakości i bezpieczeństwa sera. pH sera wpływa na teksturę i smak wynikające z enzymatycznych przemian kazeiny, aktywność enzymów podczas dojrzewania, aktywność metaboliczna bakterii kwasu mlekowego, aktywność dekarboksylazy aminokwasowej i produkcja bakteriocyny. Zbyt niskie pH (nadmierna kwasowość) przekłada się na ziarnistą i kruchą teksturę i może powodować rozwój pleśni podczas przechowywania. Przy wysokich wartościach pH ($>5,6$) skrzep może nie wiązać się zbyt dobrze, co prowadzi do kruchej konsystencji sera. To z kolei przełoży się na złe właściwości funkcjonalne, mniejszą rozpuszczalnością koloidalnego wapnia w skrzepie. Ponadto wysokie pH może również prowadzić do obaw związanych z bezpieczeństwem żywności. Bansal i Veena (2022) ujęli związek pomiędzy pH a właściwościami sera graficznie (rys. 9).



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Rys. 9. Związek pomiędzy pH procesu produkcji sera a jakością (Bansal i Veena, 2022)

Nadzór nad pH podczas etapu koagulacji, a także podczas innych czynności technologicznych (m.in. odczerpywanie serwatki) pozwala na zapewnienie jakości i bezpieczeństwa produktu końcowego. W przypadku innowacyjnej linii produkcyjnej pomiar pH to dane wejściowe do systemu sterowania całym procesem. Jest to bardzo świadome podejście technologiczne, które zapewnia bezpieczne i powtarzalne produkty końcowe (sery) o założonych właściwościach odżywczych, cechach organoleptycznych i potencjale prozdrowotnym.

Formowanie i wstępne prasowanie

Założenia innowacji technologicznej dotyczą także etapu formowania i wstępnego prasowania. W procesie technologicznym produkcji sera jest to etap kształtujący m.in. właściwości reologiczne produktu końcowego, dlatego ten etap jest tak ważny i w operacji



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



„Zielone Mleko” został udoskonalony w ramach utworzonej nowej innowacyjnej linii technologicznej.

Przed operacją „Zielone Mleko” proces formowania i prasowania wstępnego odbywał się w urządzeniu formującym – prasującym firmy Chalon – Megard. Urządzenie jest dedykowane do produkcji sera typu holenderskiego nasypowego. Sama kolumna serowarska składa się z obudowy oraz perforowanego wewnętrznego „wkładu”, który może być wymieniony w zależności od produkowanego rodzaju ser. Czynności technologiczne na tym etapie polegają na oddzieleniu ziarna od serwatki na sicie perforowanym, umieszczeniu ziarna we wkładzie i jego dalszym formowaniu. Prawidłowy przebieg formowania uzależniony jest od obecności serwatki. W przypadku brak serwatki w przestrzeni pomiędzy obudową a perforowanym wkładem ziarno ulega zawieszeniu, a dalsze prowadzenie czynności technologicznych jest niemożliwe w wyniku zablokowania kolumny. Wprowadzenie serwatki do kolumny formującej odbywa się za pomocą pompy mechanicznej. Jest to metoda bardzo uciążliwa, ponieważ serwatka ze względu właściwości fizyko-chemiczne pod wpływem ruchu burzliwego wywołanego pracą pompy napowietrza się, co sprzyja rozwojowi niepożądaney mikroflory. Potencjalne zagrożenie mikrobiologiczne jest minimalizowane poprzez wprowadzenie dodatkowej operacji między mycia produkcyjnego. Wiąże się to z wstrzymaniem produkcji (zakończeniem), umyciem urządzenia i instalacji towarzyszących i ponownym wznowieniem produkcji. Ta operacja łączy mycie manualne (czasochłonne mycie ręczne urządzenia) oraz mycie zasadnicze w stacji CIP. Skutkiem prowadzenia dodatkowej operacji mycia jest:

- zmniejszenie wydajności produkcyjnej, poprzez przerwanie procesu produkcyjnego i czasochłonne mycie oraz ponowne przygotowanie do produkcji,
- zwiększenie energochłonności procesu wiążące się ze zwiększeniem zużycia wody, środków chemicznych, energii elektrycznej oraz ilości ścieków.

Nowa linia technologiczna rozwiązuje powyższe problemy. Innowacyjne urządzenie formująco-prasujące stanowiące element nowej linii technologicznej pozwala na precyzyjniejszy nadzór nad czynnościami technologicznymi na etapie formowania i prasowania. Nowe rozwiązanie eliminuje konieczność zasilania kolumny formującej serwatką



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



ze zbiorników zewnętrznych, a co za tym idzie, ogranicza zagrożenie zakażenia mikroflorą, zmniejsza energochłonność i skraca czas trwania czynności technologicznych w porównaniu do wcześniejszego rozwiązania. W ramach operacji „Zielone Mleko” nowa linia technologiczna została wyposażona w innowacyjne urządzenie formujące. Innowacyjny układ kolumnowy formująco-prasujący składa się z:

- komory buforowej (dozowania) w górnej części urządzenia, wykonanej z kwasoodpornej stali, wyposażonej w luk rewizyjny i głowice myjące do mycia urządzenia w systemie CIP,
- systemu odczerpywania z innowacyjnym systemem cyrkulacji serwatki w środkowej części urządzenia, który stanowi kolumna składająca się z części perforowanej podzielonej na sekcje, zamkniętej obudową,
- segmentu formowania, odcinania i załadunku do form bloku sera, transportera napełnionych form w dolnej części urządzenia, w której następuje wstępne formowanie oraz prasowanie i w której wyróżnić można sekcję cięcia i załadunku sera do formy po uprzednim zagęszczeniu sera w kolumnie
- oraz systemu automatyki (rys. 10, 11, 12).

Ogromną zaletą nowej linii technologicznej jest synchronizacja z istniejącym w instalacji zestawem buforowania i standaryzacji gęstwy. Podobnie z wyposażeniem systemu kolumnowego- producent może wykorzystać dotychczas stosowane formy w nowym urządzeniu.

Gęstwa serowa o założonych i monitorowanych parametrach dzięki innowacyjnej sondzie dedykowanej nowej linii technologicznej z kotła trafia do komory buforowej (dozowania) w górnej części systemu kolumnowego (rys. 10, fot. 4). Komora wykonana jest ze stali kwasoodpornej i wyposażona w luk rewizyjny i głowice myjące do mycia urządzenia w systemie CIP. Poziom napełniania gęstwy i serwatki w tej strefie kontrolowany jest przy użyciu specjalnych czujników (rys. 11).



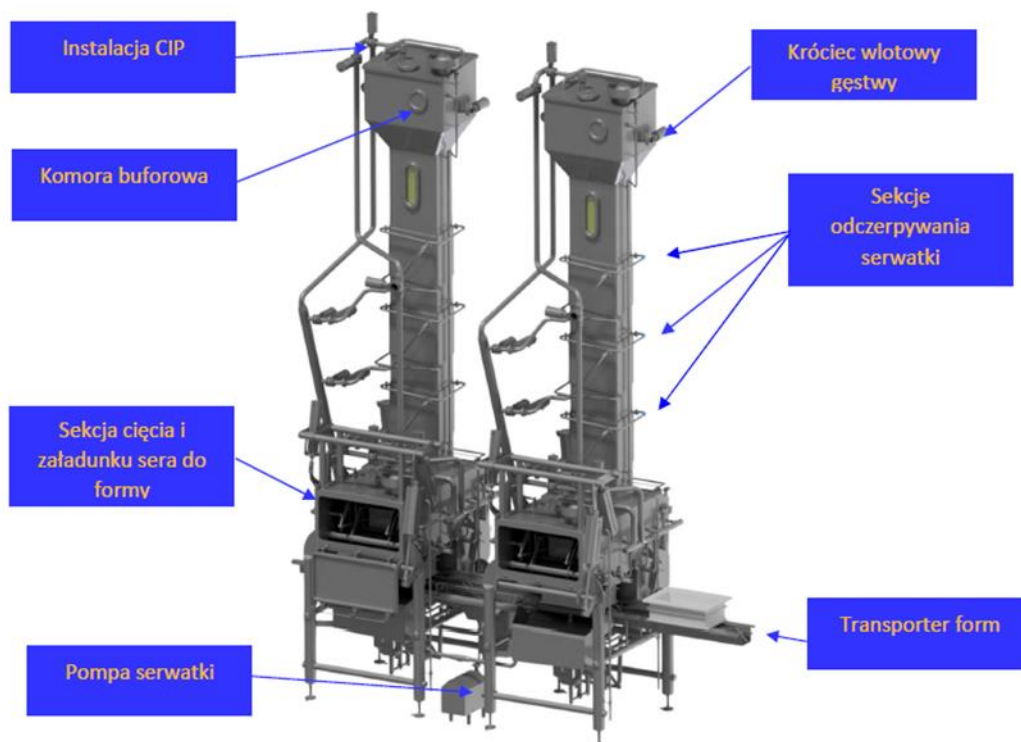
"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Fot. 4. Widok górnej części systemu formująco-prasującego – komory buforowe/dozujące



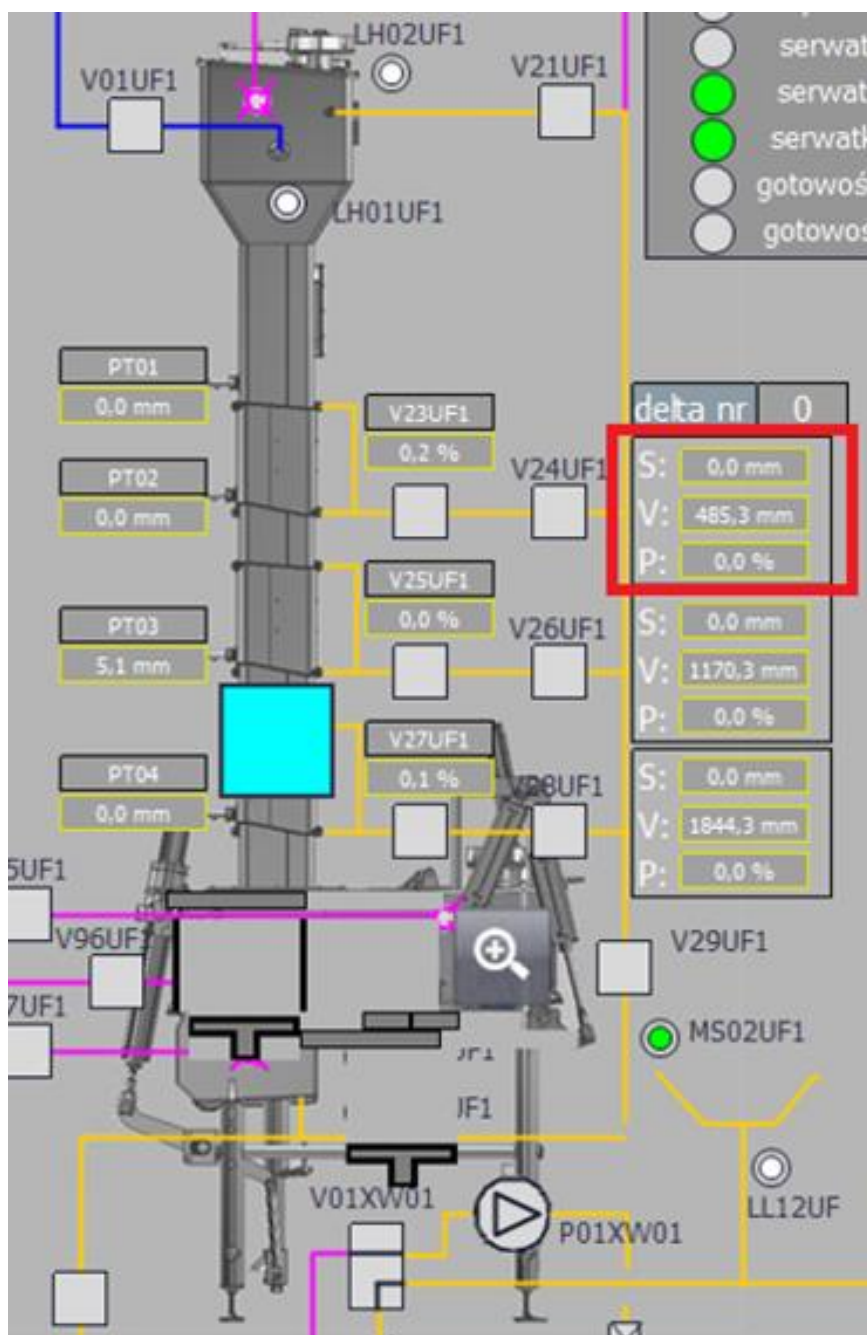
"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Rys. 10. Schemat podwójnego systemu formująco-prasującego



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Rys. 11. Fragment układu sterowania procesem technologicznym – kolumna do formowania i wstępnego prasowania



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Fot. 4. Układ sterujący kolumnami formująco-prasującymi

Poniżej komory buforowej, w środkowej części urządzenia, znajduje się kolumna serowarska, która podzielona jest na trzy sekcje wykonane z perforowanej blachy o zróżnicowanych wymiarach otworów umożliwiając na każdym etapie delikatne odsączanie serwatki do ilości określonej recepturą sera. Kolumna wyposażona jest w elementy pozwalające na ciągły monitoring poziomu serwatki i ziaren (fot. 5). W tej części znajduje się szereg zaawansowanych czujników pomiarowych oraz zawory regulujące poziom serwatki i jej właściwości, co gwarantuje wyprodukowanie sera o założonych parametrach. Przetworniki ciśnienia zainstalowane na poszczególnych sekcjach odpowiedzialne są za utrzymywanie prawidłowego poziomu serwatki. Innowacyjny system cyrkulacji serwatki w systemie kolumnowym obejmuje dozowanie, czyli dostarczenie gęstwy serowej do kolumny serowarskiej oraz przepływ gęstwy przez sekcje perforowane kolumny. W części środkowej następuje odczerpywanie serwatki. Ciągły ruch gęstwy zapobiega sedymentacji ziarna oraz zachowanie wymaganej (założonej) proporcji serwatki do ziarna. Nadzór nad udziałem serwatki przekłada się na ograniczenie występowania zróżnicowanej zawartości wody we wstępnie uformowanym bloku sera, a tym samym na powtarzalne wyroby.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"

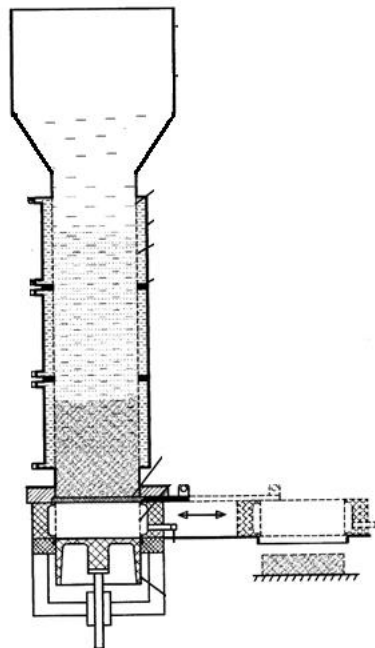


Fot. 5. Część środkowa systemu kolumnowego z sekcjami perforowanymi do odczerpywania serwatki, widok czujników

Oddzielone od serwatki ziarno pod wpływem grawitacji i przepływu serwatki z góry na dół w kolumnie jest zagęszczane, a następnie formowane w blok (rys. 13).



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Rys. 13. Schemat zagęszczania ziarna w kolumnie

Porcjowanie bloków sera odbywa się w sekcji cięcia i załadunku sera do formy po uprzednim zagęszczeniu sera w kolumnie. W dolnej części kolumny dozowane ziarna są wstępnie prasowane za pomocą układu z serwonapędem, który pozwala na precyzyjne zagęszczenie i płynną regulację wysokości ciętego bloku. Odcięty blok sera może być wstępnie prasowany, a potem automatycznie umieszczony w formie. Ser jest transportowany do formy przy pomocy układu załadunkowego. Podczas załadunku forma jest podniesiona pod blok uformowanego sera na skonstruowanej „windzie”. Winda posiada mechanizm amortyzujący w efekcie czego ser płynnie wpada do formy (fot. 6.). Niewątpliwą zaletą innowacyjnego systemu kolumnowego dostosowanego do potrzeb Spomlek jest wykorzystywanie istniejących form do sera w ciągłym cyklu pracy, wykorzystane istniejącego pneumatycznego opróżniania form, nie destrukcyjnego dla form i serów oraz nie wymagającego dodatkowej instalacji. Dodatkowo system mycia form zapewnia wysoką skuteczność, to daje bezpieczeństwo zdrowotne i gwarantuje najwyższą jakość.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Fot. 6. Uformowany i wstępnie wyprasowany ser opuszczający urządzenie kolumnowe

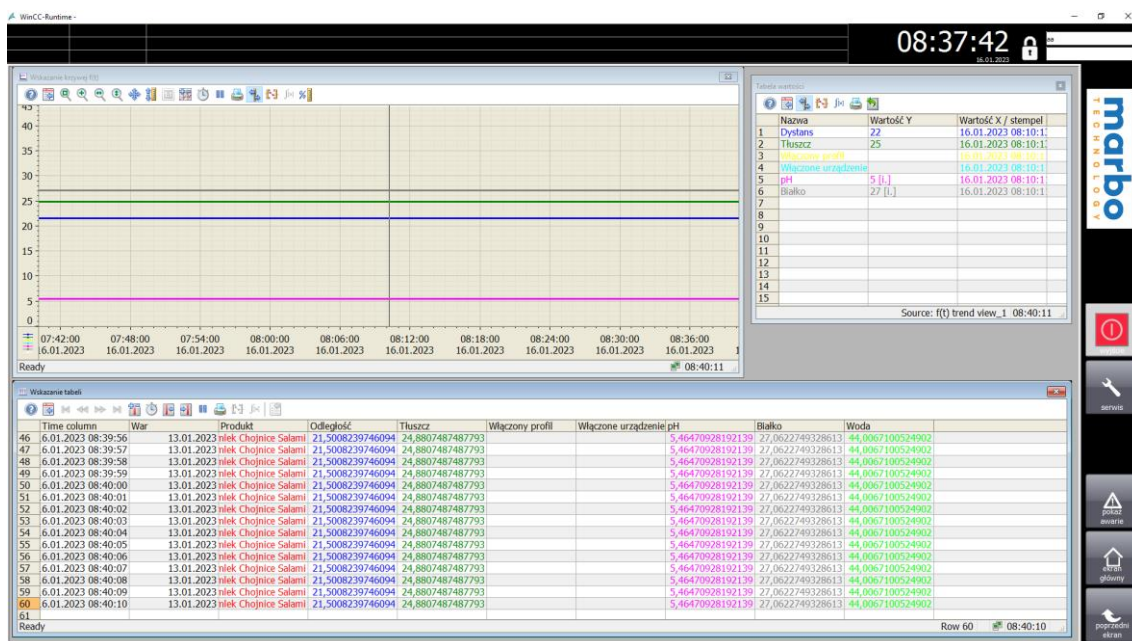
Nadzór i automatyzacja w dolnej części systemu kolumnowego pozwala na wytworzenie zwartego bloku sera o zadanych parametrach. Właściwości uformowanego sera opuszczającego system kolumnowy formująco-prasujący są ciągle kontrolowane dzięki zastosowaniu systemu pomiarowego inline. Spektrometr *Corona process* zamontowany nad przenośnikiem, którym transportowany jest ser opuszczający system kolumnowy (fot. 7.).



Fot. 7. Widok systemu pomiarowego *Corona press* w linii technologicznej



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Fot. 8. Widok aplikacji pomiarowej

Urządzenie pomiarowe działa w zakresie VIS i NIR. Na podstawie strumienia świetlnego, odbitego od produktu następuje oznaczenie zawartości wody, tłuszczu i kwasowości czynnej (pH) w serze (fot. 8.). Dzięki temu producent uzyskuje powtarzalność jakości każdej partii produkowanego sera. Kontrola inline pozwala na ciągły nadzór nad jakością oraz przyczynia się do spełnienia wymagań w zakresie identyfikacji i identyfikowalności oraz śledzenia produktów. Dane uzyskane stanowią dane wejściowe do systemu sterownia procesem technologicznym.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Badania i doświadczenia potwierdzające możliwość zastosowania innowacji technologicznej w praktyce

Pierwszym etapem badań i doświadczeń było przeprowadzenie prób wytwarzania serów z mleka konwencjonalnego oraz „Zielonego Mleka” na dotychczasowej linii technologicznej (obecnej w Spółdzielni przed przystąpieniem do operacji). Te badania miały przede wszystkim dać informację o różnicach w wartościach wybranych walorów odżywczych i prozdrowotnych serów wytworzonych z mleka konwencjonalnego i „Zielonego Mleka”. Następnie te badania pozwolą także na zweryfikowanie wpływu przetwarzania na te właściwości w nowej linii technologicznej. Badania serów wytworzonych na dotychczasowej linii przeprowadzono pod koniec 2022 roku.

W serach oznaczano zawartość witaminy, β -karotenu oraz kwasy α -linolenowego. Zawartość witaminy A, jako β -karotenu oraz zawartość witaminy E jako α -tokoferolu w serach oznaczono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) z wykorzystaniem chromatografu cieczowego firmy SHIMADZU w układzie faz odwróconych z elucją izokratyczną (metanol/tetrahydrofuran) z detekcją fluorescencyjną dla α -tokoferolu i detekcją UV-Vis dla β -karotenu. W analizach wykorzystano kolumny firmy Phenomenex Gemini–NX 3 μ m C18, 150x4.60 mm. Analizę chromatograficzną przeprowadzono na podstawie metodyki opracowanej w Zakładzie Analityki Żywności i Ochrony Środowiska. Analizę ilościową wykonano metodą wzorca zewnętrznego. Zawartość witamin obliczono na podstawie równania krzywej wzorcowej uwzględniając przygotowanie próbki i naważkę sera. Wyniki wyrażono w μ g witaminy/100 g sera. Profil kwasów tłuszczowych w serach oznaczono oraz zawartość ilościową kwasu α -linolenowego metodą chromatografii gazowej z wykorzystaniem chromatografu gazowego Agilent 7890B, Santa Clara, CA, USA wyposażonego w detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID) i kolumnę kapilarną SP-2380 (30 m $\times$ 0,25 mm $\times$ 0,2 μ m; Supelco, Bellefonte, PA, USA). Przepływ gazu nośnego wynosił 1 ml/min, temperatura dozownika oraz detektora – 250°C, tryb pracy ustawiono jako split (10:1), a objętość nastrzyku wynosiła 1 μ L. Program temperaturowy pieca chromatografu gazowego przedstawiał się



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



następująco: 50°C/0 min - 4°C/min - 220°C/15 min. Procedurę przygotowania próbek opracowano na podstawie zmodyfikowanej metody Folcha opracowanej i zwalidowanej w Zakładzie Analityki Żywności i Ochrony Środowiska.

Tab. 1. Wybrane składniki odżywcze i prozdrowotne oznaczone w serach z mleka konwencjonalnego oraz „Zielonego Mleka”

Próba Składnik	Ser z mleka konwencjonalnego (ser K)	Ser z Zielonego Mleka (ser ZM)
Witamina E (µg/100 g sera)	459,50	481,62
β-karoten (µg/100 g sera)	13,25	16,05
Kwas α-linolenowy (g/100 g sera)	0,105	0,109

W tabeli 1. przedstawiono wyniki badań wybranych składników odżywczych i prozdrowotnych w serach wytworzonych w dotychczasowej (starej) linii technologicznej. Sery były produkowane zgodnie z recepturą technologiczną dedykowaną serom z „Zielonego Mleka”, tj. bez dodatku chlorku wapnia oraz barwnika, co pozwoliło na porównanie właściwości serów i wyeliminowało wpływ dodatków. Ser z „Zielonego Mleka” charakteryzował się wyższymi wartościami wybranych składników. Wynika to z jakości i właściwości surowca. Zawartość witaminy E w serze z „Zielonego Mleka” była o 22 µg/100 g sera wyższa, co stanowi prawie 5% więcej. W przypadku obecności β-karotenu różnica wyniosła ponad 20% i w serze ZM było o 2,8 µg prowitaminy A/100 g więcej niż w serze K. Niecałe 4% więcej kwasu α-linolenowego znajdowało się w serze ZM.

Wdrożenie nowej linii technologicznej wymagało przeprowadzenia szeregu prób pozwalających na optymalizację procesu technologicznego, które stanowiły drugą część doświadczalną. Na początku 2023 r. kiedy uruchomiono nową innowacyjną linię



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



technologiczną wyprodukowano partie serów z „Zielonego Mleka”. Wyniki oznaczeń wybranych parametrów serów zestawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Wyniki Wybrane składniki odżywcze i prozdrowotne oznaczone w serach z „Zielonego Mleka” wyprodukowanych w nowej linii technologicznej

Próba Składnik	Ser z Zielonego Mleka Próba 1	Ser z Zielonego Mleka Próba 2	Ser z Zielonego Mleka Próba 3	Ser z Zielonego Mleka Próba 4
Witamina E ($\mu\text{g}/100 \text{ g sera}$)	495,62	496,02	496,20	495,98
β-karoten ($\mu\text{g}/100 \text{ g sera}$)	21,45	21,51	21,50	21,48
Kwas α-linolenowy ($\text{g}/100 \text{ g sera}$)	0,1220	0,1222	0,1221	0,1220

W wyniku pierwszych prób technologicznych uzyskano sery o średniej zawartości witaminy E 495,96 $\mu\text{g}/100 \text{ g sera}$, β -karotenu 21,49 $\mu\text{g}/100 \text{ g sera}$ oraz kwasu α -linolenowego 0,1221 $\text{g}/100\text{g sera}$.

Porównując właściwości serów wyprodukowanych w dwóch liniach: dotychczasowej – starej oraz nowej – innowacyjnej linii technologicznej zauważyć można, że innowacja technologiczna zastosowana w operacji „Zielone Mleko” i wdrożona w Spomlek korzystnie wpływa na właściwości produktu końcowego (tab. 3). Wartości wszystkich oznaczanych parametrów wzrosły kiedy sery były wytwarzane w nowej linii technologicznej. Innowacje technologiczne obejmujące zastosowanie nowych urządzeń i aparatury pomiarowo-kontrolnej przełożyły się na lepsze właściwości serów. Już pierwsze próby potwierdziły wyższą jakość serów, a kolejne działania optymalizacyjne pozwalają na jeszcze lepsze dostosowanie procesu technologicznego do wytworzenia serów o potencjale prozdrowotnym.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Tab. 3. Zestawienie składniki odżywcze i prozdrowotne oznaczonych w serach z „Zielonego Mleka” wyprodukowanych w dwóch liniach technologicznych (starej i nowej innowacyjnej)

Próba Składnik	Ser ZM Dotychczasowa linia technologiczna	Ser ZM Nowa innowacyjna linia technologiczna
Witamina E ($\mu\text{g}/100 \text{ g sera}$)	481,62	495,96
β-karoten ($\mu\text{g}/100 \text{ g sera}$)	16,05	21,49
Kwas α-linolenowy ($\text{g}/100 \text{ g sera}$)	0,109	0,122

Kolejne prace badawcze i doświadczalne dotyczyły dopasowania warunków procesu technologicznego na etapie koagulacji, co związane było z wyposażeniem kotłów w innowacyjne sondy pozwalające na pomiar stopnia koagulacji. Wytwarzanie skrzepu serowarskiego jest integralnym i zasadniczym procesem przy produkcji sera. Dzięki właściwym parametrom krojonego skrzepu, uzyskuje się pożądane właściwości fizykochemiczne oraz właściwe proporcje składników odżywczych produktu końcowego jakim jest ser. Przy produkcji serów dojrzewających skrzep uzyskuje się metodą kwasowo-podpuszczkową. To dodatek podpuszczki jako enzymu koagulującego ma zasadniczy wpływ na wytwarzany skrzep, natomiast dodatek szczepów ukwaszających na właściwy dalszy przebieg procesu. W tradycyjnym serowarstwie przyjęto, że ilość dodawanej podpuszczki musi zapewnić odpowiednią zwięzłość skrzepu w czasie 25-30 minut jej działania. Przez odpowiednią zwięzłość skrzepu rozumie się to by była ona na tyle duża, aby można było rozpocząć proces krojenia i co za tym obróbkę skrzepu w celu wytworzenia sera. Jeżeli skrzep nie będzie charakteryzował się odpowiednią zwięzłością i zostanie pokrojony zbyt wcześnie



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



wtedy konsystencja skrzepu będzie luźna, a w konsekwencji duża część białek przejdzie do serwatki (odpadu). Wówczas dojdzie do strat ważnych składników odżywczych i uzyskanie sera o obniżonej jakości dietetycznej. Natomiast zbyt późne krojenie (skrzep zbyt zwarty) spowoduje wytworzenie produktu o zbyt dużej zawartości wody. W tej sytuacji dochodzi do obniżenia zawartości składników odżywczych rozpuszczalnych w tłuszczach jak choćby witamina E i kwas α -linolenowy.

Sondy, w które zostały wyposażone kotły serowarskie w nowej linii technologicznej pozwalają na nadzór przebiegu koagulacji i ciągły pomiar pH tworzonego skrzepu. Z wykorzystaniem tych sond wyznaczono czas koagulacji i określono właściwy moment krojenia skrzepu, przez co stosunek składników odżywczych w gotowym produkcie charakteryzował najkorzystniejszą proporcją. Doświadczenia i obserwacje prowadzone w nowej linii technologicznej pozwoliły na standaryzację procesu produkcyjnego polegającą na wyznaczeniu czasu koagulacji i receptury (ilości dodatków- ilość podpuszczki). W tabeli 4. zestawiono kolejne wyniki analiz składników odżywczych w serach, których skrzep był uzyskany przy różnym pH i w różnym czasie z mleka kotłowego o pH 6,70.

W doświadczeniu zakres pH skrzepu wynosił 6,50-6,68, a czas, w którym oceniano wybrane parametry 23-34 minuty. Zawartość witaminy E w trakcie doświadczenia zmieniała się w zakresie od 491,88 do 526,52 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ sera. W przypadku β -karotenu ilość zmieniała się w zakresie od 21,30 do 22,94 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ sera. Zawartość kwasu α -linolenowego wahała się w zależności od czasu działania podpuszczki i odczynu środowiska w zakresie od 0,1098 do 0,1223 $\text{g}/100\text{g}$ sera. Na podstawie tych doświadczeń i obserwacji określono najkorzystniejszy moment krojenia skrzepu, który występuje pomiędzy 25 a 30 minutą koagulacji/flokulacji (liczona od momentu dodania podpuszczki), przy spadku pH o 0,1 – 0,15 w stosunku do pH mleka kotłowego bez udziału dodatków.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy
Im. Józefa Piłsudskiego w Bydgoszczy



KULIŃSKO-POMORSKI
OŚRODEK DORADZTWA ROLNICZEGO
w Mińskowie

GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Pietrong, Tadeusz Szypuł, Józef Gostomczy, Andrzej Pieńka, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Tab. 4. Zestawienie wybranych właściwości serów wytworzonych z „Zielonego Mleka” w zależności od pH skrzepu i czasu koagulacji

Próba	Ser ZM Próba 1 23 min pH 6,68	Ser ZM Próba 2 24 min pH 6,66	Ser ZM Próba 3 25 min pH 6,61	Ser ZM Próba 4 26 min pH 6,60	Ser ZM Próba 5 27 min pH 6,60	Ser ZM Próba 6 28 min pH 6,58	Ser ZM Próba 7 29 min pH 6,56	Ser ZM Próba 8 30 min pH 6,55	Ser ZM Próba 9 31 min pH 6,53	Ser ZM Próba 10 32 min pH 6,52	Ser ZM Próba 11 33 min pH 6,51	Ser ZM Próba 12 34 min pH 6,50
Witamina E ($\mu\text{g}/100 \text{ g sera}$)	491,88	494,52	518,56	525,24	526,52	525,55	525,89	526,02	523,01	515,21	506,08	500,54
β-karoten ($\mu\text{g}/100 \text{ g sera}$)	21,30	21,40	21,96	22,68	22,87	22,94	22,89	22,87	22,64	22,24	21,98	21,87
Kwas α-linolenowy ($\text{g}/100 \text{ g sera}$)	0,1098	0,1128	0,1200	0,1222	0,1223	0,1222	0,1220	0,1221	0,1185	0,1178	0,1168	0,1141



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
im. Józefa Kosińskiego w Pielis



GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szpyra, Mirosław Gostomczyk, Andrzej Pętko, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Innowacja technologiczna dotyczyła również zmian pracy mieszadła w zbiorniku buforowym ziarna serowarskiego. Celem zmiany obrotów mieszadła jest zmniejszenie burzliwości mieszanki serwatki i ziarna w zbiorniku buforowym, co przekłada się na spowolnienie przejścia składników odżywczych z ziarna serowarskiego do serwatki, czyli przeciwdziałanie stratom białka i zachowanie jakości dietetycznej produktu końcowego. Szczegółowe dane pracy mieszadła w zbiorniku buforowym w zależności od surowca (mleko konwencjonalne dotychczasowe ustawienia w starej linii, a „Zielone Mleko” ustawienia w nowej innowacyjnej linii) przedstawiono w tabeli 5.

Tab. 5. Zestawienie obrotów mieszadła w zbiorniku buforowym w zależności od wypełnienia i stosowanego surowca

Poziom wypełnienia zbiornika (%)	Obroty mieszadła (1/min) surowiec: mleko konwencjonalne	Obroty mieszadła (1/min) surowiec: „Zielone Mleko”
0	85	45
10	85	45
20	85	50
40	80	75
50	80	95
60	85	85
70	90	90
90	90	90
95	95	95

Wpływ zmiany obrotów mieszadła w zbiorniku buforowym był monitorowany przez określenie wybranych składników odżywczych i prozdrotownych. W tab. 6 zestawiono kolejne próby serów po wprowadzeniu wcześniejszych innowacji z uwzględnieniem zmiany obrotów mieszadła w zbiorniku buforowym.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
Im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy



KULIŃSKO-POMORSKI
OŚRODEK DOBRODZIAWA ROLNICZEGO
w Mińskowie

GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Pietrąg, Tadeusz Szypułt, Józef Gostomczyk, Andrzej Pieńka, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Tab. 6. Zestawienie wybranych właściwości serów wytworzonych z „Zielonego Mleka” po modyfikacji pracy mieszadła w zbiorniku buforowym

Próba	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM
Składnik	Próba 1	Próba 2	Próba 3	Próba 4	Próba 5	Próba 6	Próba 7	Próba 8
Witamina E ($\mu\text{g}/100\text{ g sera}$)	560,12	562,55	559,25	558,89	561,32	562,85	562,25	560,89
β-karoten ($\mu\text{g}/100\text{ g sera}$)	23,97	23,94	24,89	23,87	24,07	23,99	24,09	23,97
Kwas α-linolenowy ($\text{g}/100\text{ g sera}$)	0,1258	0,1261	0,1265	0,1268	0,1287	0,1271	0,1268	0,1262



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"

Uniwersytet Techniczny-Przedsiębiorcy
In. Jacek i Jolanta Kozłowski w Rybniku

GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szpyra, Jacek Gostomczyk, Andrzej Pęta, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Na podstawie wyników w tabelach 4 i 6 można stwierdzić, że zaproponowane zmiany w zakresie pracy mieszadła w zbiorniku buforowym pozwoliły na poprawę jakości sera z „Zielonego Mleka”. Zawartość wybranych składników serów wzrosła po wdrożonych zmianach wzrosła o 7% do 8,9% w stosunku do tych wartości przed zmianami. Wdrożenie nowych parametrów pracy mieszadła wpłynęło korzystnie na właściwości sera z „Zielonego Mleka”.

Ostatnie doświadczenia w nowej linii technologicznej prowadzono w okresie wiosenno-letnim 2023 r. Dzięki temu surowcem do produkcji sera było mleko krów, których sposób żywienia polegał na wypasaniu na zielonych łąkach i pastwiskach. Wcześniejsze badania były prowadzone na „Zielonym Mleku” z okresu jesienno-zimowego.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy
Im. Józefa Wybickiego - Świdziałowski



KULIŃSKO-POMORSKI
OŚRODEK DORADZTWA ROLNICZEGO
w Mińskowie

GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Pietróg, Tadeusz Szypuł, Józef Gostomczy, Andrzej Pełka, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Tab. 7. Zestawienie wybranych właściwości serów wytworzonych z „Zielonego Mleka” w okresie wiosenno-letnim 2023 r.

Próba	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM	Ser ZM
Składnik	Próba 1	Próba 2	Próba 3	Próba 4	Próba 5	Próba 6	Próba 7	Próba 8	Próba 9	Próba 10	Próba 11	Próba 12
Witamina E ($\mu\text{g}/100 \text{ g sera}$)	745,24	731,53	778,43	721,87	749,7	765,24	756,4	786,87	723,42	709,04	706,51	705,52
β-karoten ($\mu\text{g}/100 \text{ g sera}$)	28,43	28,65	28,43	28,19	30,08	30,22	29,52	28,99	28,64	28,46	28,36	28,09
Kwas α-linolenowy ($\text{g}/100 \text{ g sera}$)	0,1215	0,2002	0,1955	0,1226	0,1364	0,1303	0,1073	0,1077	0,1220	0,1166	0,1271	0,1205



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
Im. Józefa Księżpolskiego w Rybniku



GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szpyra, Mirosław Gostomczyk, Andrzej Pęta, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

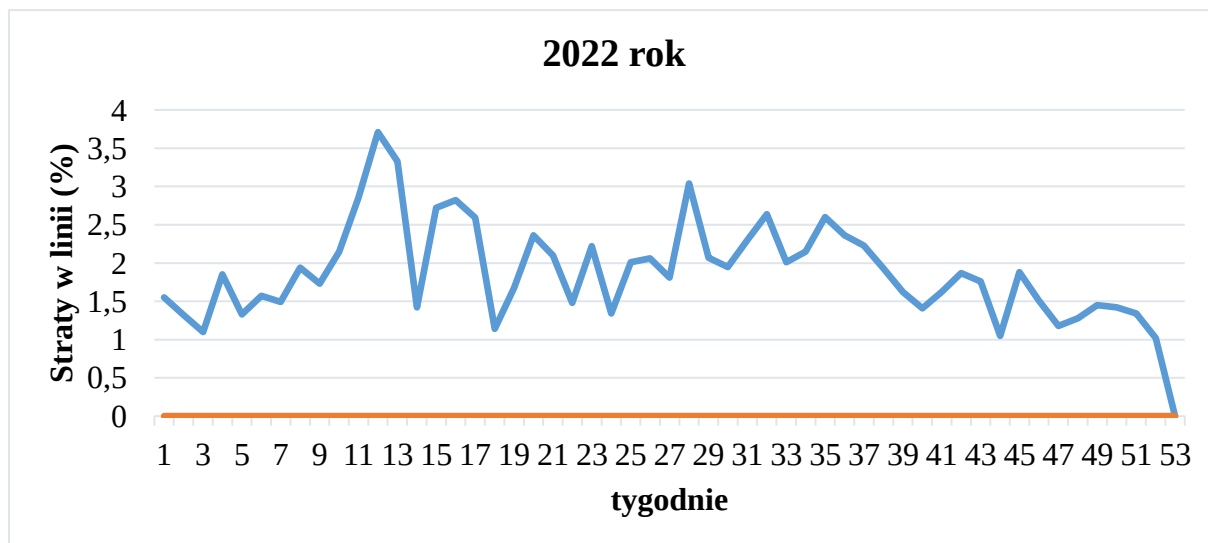
Wprowadzone innowacje w zakresie urządzeń i aparatury kontrolno-pomiarowej, sposobu przetwarzania i ustawień urządzeń zaskutkowały istotnym wzrostem wybranych składników odżywczych i prozdrowotnych w serze z „Zielonego Mleka”. Ostatnie doświadczenia wykazały, że surowiec jakim jest „Zielone Mleko” z okresu żywienia pastwiskowego krów pozwala na uzyskanie jeszcze lepszych właściwości serów. Jednak należy pamiętać, że jakość produktu końcowego jest zależna od wielu czynników, które obok jakości surowca stanowią urządzenia, nadzór, monitoring i kontrola, działania optymalizacyjne, które w ramach operacji „Zielone Mleko” zostały poczynione.

Wdrożona innowacja technologiczna przez wprowadzenie nowych rozwiązań polegających na dostosowaniu do produkcji nowoczesnej kolumny formująco – prasującej, wdrożeniu metody pomiaru pH skrzepu oraz zmniejszenie obrotów mieszadła w zbiorniku buforowym ziarna serowarskiego, obok istotniej poprawy wybranych składników odżywczych i prozdrowotnych przełożyła się również w znacznym stopniu na ograniczenie strat powstających linii serowarskiej. Dla porównania straty powstałe w roku 2022 na starej linii i straty na nowej linii (w połączeniu z pracą na starej linii) w roku 2023 wynosiły odpowiednio **1,2 do 2,2%** w stosunku do całej wielkości produkcji, natomiast na nowej linii były to dane od **0,5 do 0,8%** w odniesieniu do całkowitej produkcji. Szczegółowe dane przedstawiona na wykresach rys. 14 i 15. UWAGA: W STRATACH UJĘTE SĄ RÓWNIEŻ SYTUACJE INCYDENTALNE I AWARIE – SĄ TO WYRAŹNE PIKI NA PRZEDSTAWIONYCH WYKRESACH.

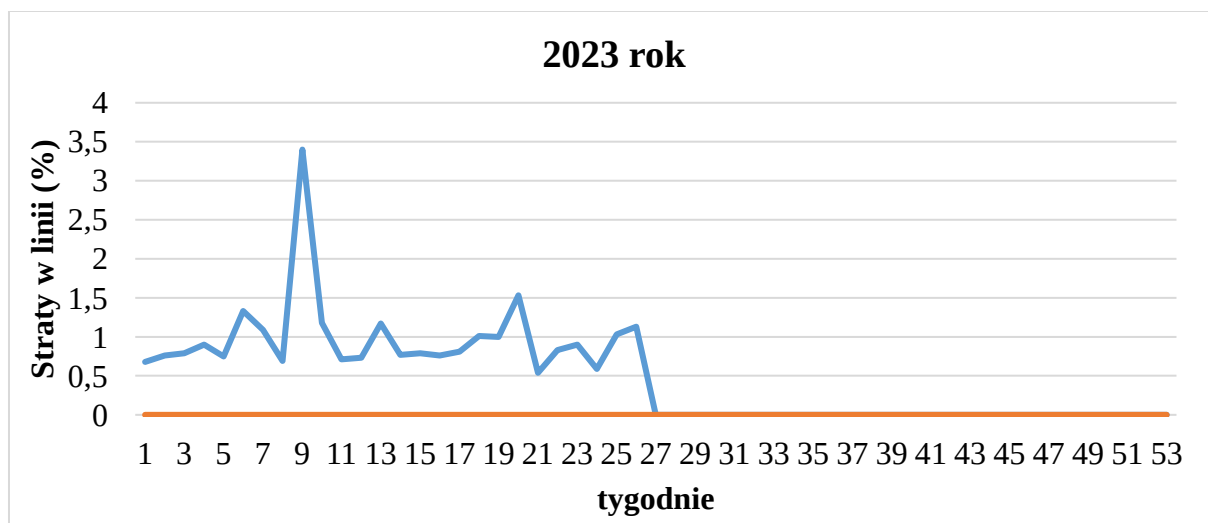


"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"

GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Pistrong, Tadeusz Szpyra, Mirosław Gostomczyk, Andrzej Pietka, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen



Rys. 14. Straty zarejestrowane w roku 2022 tylko dla pracy w starej linii serowarskiej



Rys. 15. Straty zarejestrowane w roku 2023 roku



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
Im. Józefa Górnika w Rybniku



GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szypka, Mirosław Gostomczyk, Andrzej Pętko, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Innowacja technologiczna - korzyści

Wszystkie wymienione elementy składają się na innowacje w zakresie procesu technologicznego produkcji serów. Innowacja technologiczna zrealizowana w Spomlek spełnia założone w projekcie cele i wyżej opisane udoskonalenia na etapie odbioru mleka, dogrzewania mleka, procesu koagulacji oraz formowania i wstępnego prasowania stanowią przesłanki do uznania tych działań za innowację technologiczną w obszarze produkcji mleka i jego przetwarzania.

Wprowadzone innowacje pozwalają na:

- produkcję sera o podwyższonych walorach odżywczych, z uwagi na włączenie w linię systemów kontroli oraz czujników nadzorujących kolejne etapy wytwarzania, tj. sondy do pomiaru stopnia koagulacji mleka w kotłach, czujniki w systemie kolumnowych do formowania i wstępnego prasowania sera pozwalające na regulację udziału serwatki i ziarna w poszczególnych sekcjach, ciągły pomiar pH oraz innych parametrów jakościowych sera przed soleniem,
- produkcję sera o powtarzalnych parametrach, czyli zapewnienie powtarzalnej jakości wyrobów, bardzo istotne z punktu widzenia działań związanych z zarządzaniem jakością, a także konsumentów oraz właściwości produktu, czyli sera o podwyższonych walorach odżywczych o potencjale prozdrowotnym.
- zapewnienie bezpieczeństwa żywności przez
 - wyposażenie linii technologicznej w repasteryzator pozwala na ciągłą pracę linii, ale także wpływa na bezpieczeństwo produkowanych serów,
 - automatyzację i nadzór pracy kolumnowego systemu w cyklu ciągłym (automatyzacja załadunku, transportu i wyładunku), co eliminuje pracę ludzką oraz ewentualną reinfekcję i/lub uszkodzenia bloku sera,
 - wykorzystanie dotychczas stosowanych form jest istotne nie tylko z uwagi na wykorzystanie istniejących już w zakładzie zasobów, sama



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
im. Józefa Głuchowskiego w Bydgoszczy



GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szpyra, Mirosław Gostomczyk, Andrzej Pietka, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

konstrukcja form oraz procedury ich mycia są ważne dla jakości i bezpieczeństwa żywności- indywidualne mycie forma zapewnia wysoką skuteczność tej operacji, co zapewnia spełnienie jednego z warunków, które muszą być podjęte aby sery były bezpieczne dla konsumentów,

- pełną automatyzację i kontrolę procesu technologicznego, wyposażenie dotychczasowej linii technologicznej w nowe urządzenia z oprzyrządowaniem pomiarowym i kontrolującym pozwala uzyskanie danych wejściowych do lepszego sterowania procesem,
- identyfikowalność oraz śledzenie (traceability) każdej partii produktu,
- mniejsze straty- wdrożenie nowej linii technologicznej przez wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań pozwala na zmniejszenie strat, włączenie innowacyjnego systemu formująco-prasującego z systemem cyrkulacji serwatki pozwala ograniczenie strat z poziomu 1,2-1,5% do 0,5-0,8%, czyli straty w procesie produkcyjnym (wyłączając straty związane z awariami i incydentami) zmniejszyły się o połowę.

Wdrożenie opisanych elementów w linii technologicznej w Spomlek jest rozwiązaniem innowacyjnych przekładającym się na nowe możliwości działalności podmiotu biorącego udział w operacji „Zielone mleko”. Innowacyjne rozwiązania zaimplementowane w technologii pozwalają na prowadzenie ciągłego procesu produkcyjnego. Jest to możliwe dzięki zakupom repasteryzatora, innowacyjnego systemu formująco-prasującego czy sondom do nadzorowania koagulacji. Obok zapewnienia większego bezpieczeństwa wyrobom końcowym, powtarzalności procesu produkcyjnego innowacyjne zmiany nadzwyczaj korzystnie wpłynęły na jakość i właściwości serów.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
im. Józefa Gosławskiego w Bydgoszczy



Podsumowanie

Technologia produkcji serów polega na otrzymywaniu i odpowiedniej obróbce mechaniczno-termicznej skrzepu mleka. Skrzep powstaje w wyniku zakwaszenia i koagulacji pod wpływem podpuszczki białek mleka, głównie kazeiny. Wydawać się może, że proces technologiczny jest prosty i ogranicza się do pozyskania surowca, ukwaszenia go, wytworzenia skrzepu, oddzielenia serwatki, uformowania sera z ziarna, by po dojrzewaniu móc go skonsumować. Nic bardziej mylnego. W procesie technologicznym produkcji sera można wyróżnić wiele miejsc i etapów, które są krytyczne wobec właściwości produktu końcowego. Już sam surowiec- mleko, jego jakość mikrobiologiczna i skład chemiczny będzie w dużej mierze decydować o walorach i zdrowotności produktu. Kolejne etapy, jak koagulacja, będą decydować o składzie chemicznym- nieprawidłowa obróbka skrzepu może wpłynąć na zawartość składników odżywczych i wody. Następnie formowanie i prasowanie będzie decydowało o właściwościach reologicznych, co przekłada się na cechy związane m.in. z konsystencją, tak ważne dla konsumentów.

W operacji „Zielone Mleko” podjęto się stworzenia nowego innowacyjnego produktu-sera o założonych właściwościach odżywczych i prozdrowotnych. W tym celu wprowadzono innowacyjny sposób pozyskiwania surowca, a także innowacyjną linię technologiczną pozwalającą na wytwarzanie takiego sera. Podjęte działania dotyczące nowej linii technologicznej do produkcji serów spełniają założenia innowacji technologicznej operacji pt. „Zielone Mleko”. Wyposażenie linii w innowacyjne sondy do kontroli procesu koagulacji, system kolumnowy formująco-prasujący z systemem do cyrkulacji serwatki, system pomiarowy do oceny właściwości serów przed soleniem czyni linię technologiczną innowacyjną. Dzięki temu proces produkcyjny jest kontrolowany i powtarzalny, a straty składników mleka w procesie koagulacji są ograniczone, co pozwala na produkcję serów o podwyższonych walorach odżywczych. Ciągły pomiar pH serów eliminuje możliwość niedokwaszenia lub przekwaszenia serów.

Z wdrożonych innowacji technologicznych wynika szereg korzyści związanych przede wszystkim z możliwością praktycznego wdrożenia innowacji produktowej. Ponadto innowacyjna linia technologiczna do produkcji sera o podwyższonych walorach odżywczych pozwala na wytworzenie produktów o wysokiej i powtarzalnej jakości. Cały proces



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
Im. Józefa Głuchowskiego w Rybniku



technologiczny jest kontrolowany i nadzorowany, a badania i doświadczenia prowadzone na etapie wdrażania innowacyjnych rozwiązań pozwoliły na optymalizację procesu i uzyskanie wysokiej jakości sera z „Zielonego Mleka”.

Podsumowanie skrócone

Działania dot. innowacyjnej linii technologicznej do produkcji serów spełniają założenia innowacji technologicznej operacji pt. „Zielone Mleko”. Wyposażenie linii w innowacyjne sondy do kontroli procesu koagulacji, system kolumnowy formująco-prasujący z systemem do cyrkulacji serwatki, system pomiarowy do oceny właściwości serów przed soleniem czyni linię technologiczną innowacyjną. Dzięki temu proces produkcyjny jest kontrolowany i powtarzalny, a straty składników mleka w procesie koagulacji są ograniczone, co pozwala na produkcję serów o podwyższonych walorach odżywczych. Ciągły pomiar pH serów eliminuje możliwość niedokwaszenia lub przekwaszenia serów.

The actions undertaken as part of the innovative technological line for the production of cheese meet the assumptions of the technological innovation of the operation "Zielone Mleko". The line is equipped with innovative probes to control the coagulation process, a forming and pressing column system with a whey circulation system, a measuring system for assessing the properties of cheeses before salting, which makes the technological line innovative. Thanks to this, the production process is controlled and repeatable, and the losses of milk components in the coagulation process are limited, which allows the production of cheeses with increased nutritional values. Continuous cheese pH measurement eliminates the possibility of under- or over-acidification of cheeses.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
Im. Józefa Piłsudskiego w Bydgoszczy



GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szpyra, Jacek Gostomczyk, Andrzej Pętko, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Główne korzyści, wynikające z zastosowania rezultatów zrealizowanej Operacji „Zielone Mleko” w praktyce, w zakresie innowacji technologicznej

Innowacja technologiczna w obszarze produkcji mleka i jego przetwarzania obejmuje szczególnie etapy odbioru mleka, dogrzewania mleka, procesu koagulacji oraz formowania i wstępnego prasowania. Podmiot wdrażający i wykorzystujący innowację technologiczną opracowaną w ramach Operacji „Zielone Mleko” zyskuje przede wszystkim możliwość produkcji sera o podwyższonych walorach odżywczych, z uwagi na włączenie w linię systemów kontroli oraz czujników nadzorujących kolejne etapy wytwarzania, tj. sondy do pomiaru stopnia koagulacji mleka w kotłach, czujniki w systemie kolumnowych do formowania i wstępnego prasowania sera pozwalające na regulację udziału serwatki i ziarna w poszczególnych sekcjach, ciągły pomiar pH oraz innych parametrów jakościowych sera przed soleniem. Dodatkową korzyścią z wprowadzonych innowacyjnych elementów kontroli i nadzoru nad procesem produkcyjnym jest produkcja sera o powtarzalnych parametrach, czyli zapewnienie powtarzalnej jakości wyrobów. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia działań związanych z zarządzaniem jakością, a także z punktu widzenia odbiorców, którzy otrzymują produkt o niezmiennie wysokiej jakości, która jest nadzorowana.

Kolejną korzyścią z wdrożenia i utrzymania innowacji technologicznej opracowanej w ramach Operacji „Zielone Mleko” jest udoskonalenie zapewnienia bezpieczeństwa żywności przez wyposażenie linii technologicznej w repasteryzator pozwalający na ciągłą pracę linii i wytwarzanie bezpiecznych produktów. Bezpieczeństwo żywności jest także wynikiem wdrożonej automatyzacji i wdrożonego innowacyjnego nadzoru pracy kolumnowego systemu w cyklu ciągłym (automatyzacja załadunku, transportu i wyładunku), co eliminuje pracę ludzką oraz ewentualną reinfekcję i/lub uszkodzenia bloku sera.

Wdrożona innowacja technologiczna pozwala na wykorzystanie dotychczas stosowanych form jest istotne nie tylko z uwagi na wykorzystanie istniejących już w zakładzie zasobów. Sama konstrukcja form oraz procedury ich mycia są ważne dla jakości i bezpieczeństwa żywności, ponieważ indywidualne mycie form zapewnia wysoką skuteczność tej operacji, co zapewnia spełnienie jednego z warunków, które muszą być podjęte aby sery były bezpieczne dla konsumentów.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
Im. Józefa Głuchowskiego w Bydgoszczy



W ramach Operacji „Zielone Mleko” zakupione innowacyjne elementy linii technologicznej do produkcji serów pozwoliły na pełną automatyzację i kontrolę procesu technologicznego. Wyposażenie dotychczasowej linii technologicznej w nowe urządzenia z oprzyrządowaniem pomiarowym i kontrolującym pozwala uzyskanie danych wejściowych do lepszego sterowania procesem, co przekłada się na tak ważne zarządzanie jakością i bezpieczeństwem wyrobów stanowiące część obligatoryjnych systemów nadzoru nad bezpieczeństwem produkcji.

W wyniku zaimplementowania innowacyjnych rozwiązań Beneficjent zyskał kolejną korzyść w postaci narzędzi pozwalające na identyfikowalność oraz śledzenie (traceability) każdej partii produktu.

Innowacja technologiczna zaskutkowała zmniejszeniem strat produkcyjnych. Wdrożenie nowej linii technologicznej przez wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań pozwoliła na ograniczenie strat o połowę. Włączenie innowacyjnego systemu formująco-prasującego z systemem cyrkulacji serwatki ograniczyło straty z poziomu 1,2-1,5% do 0,5-0,8% w procesie produkcyjnym (wyłączając straty związane z awariami i incydentami).

Wdrożenie opisanych elementów w linii technologicznej w Spomlek jest rozwiązaniem innowacyjnych przekładającym się na nowe możliwości działalności podmiotu biorącego udział w Operacji „Zielone Mleko” i wynika z tego wiele korzyści w obszarze jakości produktu, jego bezpieczeństwa i ograniczenia strat produkcyjnych. Innowacyjne rozwiązania zaimplementowane w technologii pozwalają na prowadzenie ciągłego procesu produkcyjnego. Jest to możliwe dzięki zakupom repasteryzatora, innowacyjnego systemu formująco-prasującego czy sondom do nadzorowania koagulacji. Obok zapewnienia większego bezpieczeństwa wyrobom końcowym, powtarzalności procesu produkcyjnego innowacyjne zmiany nadzwyczaj korzystnie wpłynęły na jakość i właściwości serów.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy
im. Jana i Jolanty Sosnowskich w Bydgoszczy



GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szpyra, Mirosław Gostomczyk, Andrzej Pietko, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

The main benefits resulting from the application of the results of the implemented Operation "Zielone Mleko" in practice, in the field of technological innovation

Technological innovation in the area of milk production and processing includes in particular the stages of milk collection, milk heating, coagulation process as well as forming and pre-pressing. The entity implementing and using the technological innovation developed as part of Operation "Zielone Mleko" gains, first of all, the ability to produce cheese with increased nutritional values, due to the inclusion of control systems and sensors in the line that supervise subsequent stages of production, i.e. probes for measuring the degree of milk coagulation in boilers, sensors in the column system for forming and pre-pressing cheese allowing for the regulation of the content of whey and grain in individual sections, continuous measurement of pH and other quality parameters of the cheese before salting. An additional benefit of the introduced innovative elements of control and supervision of the production process is the production of cheese with repeatable parameters, i.e. ensuring repeatable quality of products. This is particularly important from the point of view of quality management activities, as well as from the point of view of recipients who receive a product of consistently high quality, which is supervised.

Another benefit of implementing and maintaining the technological innovation developed as part of Operation "Zielone Mleko" is the improvement of food safety by equipping the line with a repasteurizer allowing continuous operation of the production of safe products. Food safety is also the result of the implemented automation and the implemented innovative supervision of the operation of the column system in a continuous cycle (automation of loading, transport and unloading), which eliminates human work and possible reinfection and/or damage to the cheese block.

The implemented technological innovation allows the use of previously used forms, which is important not only because of the use of resources already existing in the plant. The design of the molds itself and the procedures for washing them are important for quality and food safety, because individual washing of molds ensures high effectiveness of this operation, which ensures that one of the conditions that must be met to make the cheese safe for consumers.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"

Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
Im. Józefa Głuchowskiego w Bydgoszczy

GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szpyra, Mirosław Gostomczyk, Andrzej Pietko, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

As part of Operation "Zielone Mleko", innovative elements of the cheese production line were purchased, allowing for full automation and control of the technological process. Equipping the existing line with new devices for measuring and controlling allows to obtain input data for better process control, which translates into quality and safety management of products, which are part of the mandatory production safety supervision systems.

As a result of implementing innovative solutions, the Beneficiary gained another benefit in tools enabling traceability of each cheese batch.

Technological innovation resulted in reduced production losses. The implementation of a new line through the introduction of innovative solutions allowed to reduce losses by half. The inclusion of the innovative forming and pre-pressing system with a whey circulation system reduced losses from 1.2-1.5% to 0.5-0.8% in the production process (excluding losses related to failures and incidents).

The implementation of the described elements in the line in Spomlek is an innovative solution that translates into new business opportunities for the entity participating in Operation "Zielone Mleko" and results in many benefits in the area of product quality, its safety and reduction of production losses. Innovative solutions implemented in technology allow for a continuous production process. This is possible thanks to the purchase of a repasteurizer, an innovative forming and pre-pressing system and probes to monitor coagulation. In addition to ensuring greater safety of final products and repeatability of the production process, innovative changes had an extremely positive impact on the quality and properties of cheeses.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
Im. Józefa Głuchowskiego w Rybniku



GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szpyra, Mirosław Gostomczyk, Andrzej Pęta, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Literatura

Bansal V., Veena N.: Understanding the role of pH in cheese manufacturing: general aspects of cheese quality and safety. Journal of Food Science and Technology. 2022.
<https://doi.org/10.1007/s13197-022-05631-w>

Biurze Analiz i Strategii Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa: Rośnie eksport serów i twarogów z Polski, 2021

Branciarri R., Nijman I., Plas M., Di Antonio E., Lenstra J.: Species Origin of Milk in Italian Mozzarella and Greek Feta Cheese. Journal of Food Protection, Vol. 63, No. 3, 2000, s. 408–411

Czapski J., Górecka D.: Żywność prozdrowotna – składniki i technologia. Wyd. UP w Poznaniu, Poznań 2014

Dalgleish D.: Effect of milk concentration on the rennet coagulation time. Journal of Dairy Research, 1980, 47, s. 231-235

El-Neshawy A. A., Farahat S. M., Wahbah M. A.: Production of processed cheese food enriched with vegetable and whey proteins. Food Chemistry, Vol. 28, Issue 4, 1988, s. 245-255

Ernstrom C. A., Price W.M., Swanson A. M.: Effects Of Reducing Rennet And Adding Calcium Chloride On The Manufacture And Curing Of Cheddar Cheese. Journal of Dairy Science, 41 (1), 1958, s. 61-69

Główny Urząd Statystyczny: Budżety gospodarstw domowych (roczniki 2000-2021)

<https://www.rp.pl/handel/art1214891-konsument-jest-coraz-bardziej-swiadomy>

dostęp:

30.06.2023

Krajewski K.: Kierunki rozwoju i segmentacja rynku żywności prozdrowotnej na tle doświadczeń światowych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. Supplement, 4(21), 1999, s. 150-167



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy
im. Jana i Józefy Śniadeckich w Bydgoszczy



GOSPODARSTWA ROLNE

Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szpyrka, Mirosław Gostomczyk, Andrzej Pietka, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Lucey J.A., Fox P.F.: Importance of Calcium and Phosphate in Cheese Manufacture: A Review. *Journal of Dairy Science*, 76(6), 1993, s. 1714-1724

Lucey J.A.: Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels. *Journal of Dairy Science*, 85(2), 2002, s. 281-294

Nájera A.I., de Renobales M., Barron L.J.R.: Effects of pH, temperature, CaCl_2 and enzyme concentrations on the rennet-clotting properties of milk: a multifactorial study. *Food Chemistry*, 80, 2003, s. 345–352

Oštarić F., Antunac N., Cubric-Curik V., Curik I., Jurić, S., Kazazić S., Kiš, M., Vinceković M., Zdolec N., Špoljarić, J., et al.: Challenging Sustainable and Innovative Technologies in Cheese Production: A Review. *Processes* 2022, 10, 529. <https://doi.org/10.3390/pr10030529>

Pijanowski E., Gawęł J.: *Zarys chemii i technologii mleczarstwa Tom III*, WRIŁ, Warszawa 1986

Shalabi S, Fox P.: Influence of pH on the rennet coagulation of milk. *Journal of Dairy Research*, 1982, 49, s. 153-157

Talbot-Walsh G., Kannar D., Selomulya C.: A review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese. *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 81, 2018, s. 193-202

Tarapata, J., Lobacz, A., Zulewska, J.: Physicochemical properties of skim milk gels obtained by combined bacterial fermentation and renneting: Effect of incubation temperature at constant inoculum level. *International Dairy Journal*, 123, 2021, s. 105167. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105167>

Tarapata, J., Smoczyński, M., Maciejczyk, M., Zulewska, J.: Effect of calcium chloride addition on properties of acid-rennet gels. *International Dairy Journal*, 2020, 106, s. 104707. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104707>.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
Im. Jana i Jolanty Kosielskich w Bydgoszczy

GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szpyra, Jacek Gostomczyk, Andrzej Pietka, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Zheng X., Shi X., Wang B.: From Traditional to Modern: Progress of Molds and Yeasts in Fermented-Food Production, *Frontiers in Microbiology*, 2021, Vol. 12 – 2012
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.703284>



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
Im. Józefa Głuchowskiego w Bydgoszczy



GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szpyra, Mirosław Gostomczyk, Andrzej Pętko, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Material dodatkowy

Innowacja technologiczna – kontrola

Działania podjęte w ramach wdrożenia nowej linii technologicznej do produkcji serów dotyczą kontroli procesu produkcji serów o podwyższonej wartości odżywczej. Wyposażenie linii w innowacyjne sondy do kontroli procesu koagulacji, system kolumnowy formująco-prasujący z systemem do cyrkulacji serwatki, system pomiarowy do oceny właściwości serów przed soleniem czyni linię technologiczną innowacyjną. Te elementy włączone w linię technologiczną powodują, że proces produkcyjny jest zautomatyzowany i nadzorowany, a przez to jest kontrolowany i świadomie prowadzony.

Innowacyjne sondy do kontroli procesu koagulacji, w które zostały wyposażone kotły pozwalają na ciągły nadzór nad procesem krzepnięcia mleka w wyniku działania podpuszczki. Ten etap jest istotny m.in. z uwagi na właściwości reologiczne produktu końcowego. Czynniki takie jak stężenie podpuszczki, temperatura, pH i stężenie jonów Ca^{2+} wpływa na czas krzepnięcia mleka (RTC- rennet time coagulation), czyli na tworzenie się skrzepu (Nájera i in. 2003). W opisywanym procesie technologicznym wyeliminowano dodatek chlorku wapnia, stąd bardzo istotne jest nadzorowanie procesu koagulacji. Dodatkowo etap koagulacji pośrednio jest kontrolowany przez ciągłego pomiaru pH każdego bloku przed soleniem. Wyniki pomiarów pH stanowią dane wejściowe do systemu sterownia w zestawie buforowania i standaryzacji gęstwy serowej, a także w zestawie formowania i wstępnego prasowania gęstwy serowej.

Innowacyjny system kolumnowy formująco-prasujący jest wyposażony w szereg czujników, które są połączone z układem sterującym. Środkową część urządzenia stanowi kolumna serowarska, która podzielona jest na trzy sekcje wykonane z perforowanej blachy o zróżnicowanych wymiarach otworów umożliwiając na każdym etapie delikatne odsączanie serwatki do ilości określonej recepturą sera. Kolumna wyposażona jest w elementy pozwalające na ciągły monitoring poziomu serwatki i ziaren, co pozwala na uzyskanie sera o zadanych właściwościach.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"



Uniwersytet Techniczny-Przemysłowy
Im. Józefa Wybickiego w Bydgoszczy



Bardzo istotny element kontroli procesu produkcyjnego stanowi spektrometr VIS-NIR mierzący wybrane właściwości sera na wyjściu z systemu kolumnowego formująco-prasującego. Każdy blok opuszczający urządzenie kolumnowe przed soleniem jest analizowany pod kątem kwasowości oraz zawartości tłuszczu, białka i wody. Ciągły pomiar pH serów eliminuje możliwość niedokwaszenia lub przekwaszenia sera.

Innowacja technologiczna – bezpieczeństwo

Działania podjęte w ramach wdrożenia nowej linii technologicznej do produkcji serów przekładają się na zwiększenie bezpieczeństwa produktu końcowego. Obecność w linii repasteryzatora gwarantuje ciągłość napełniania kotłów procesowych mlekiem bez koniecznego postoju na międzyoperacyjne mycie. Repasteryzator mleka kotłowego zapewnia ciągłą pracę linii z zachowaniem reżimu sanitarnego, mikrobiologicznego i technologicznego.

Innowacja technologiczna wdrożona na etapie formowania i wstępnego prasowania, tj. system kolumnowy do formowania i wstępnego prasowania serów jest kompatybilna z pozostałymi elementami istniejącej linii technologicznej. Niewątpliwą zaletą innowacyjnego systemu kolumnowego dostosowanego do potrzeb Spomlek jest wykorzystywanie istniejących form do sera w ciągłym cyklu pracy, wykorzystane istniejącego pneumatycznego opróżniania form, nie destrukcyjnego dla form i serów oraz nie wymagającego dodatkowej instalacji. Dodatkowo system mycia form zapewnia wysoką skuteczność, to daje bezpieczeństwo zdrowotne i gwarantuje najwyższą jakość.

Nadzór i automatyzacja w dolnej części systemu kolumnowego pozwala na wytworzenie zwartego bloku sera o zadanych parametrach. Właściwości uformowanego sera opuszczającego system kolumnowy formująco-prasujący są ciągle kontrolowane dzięki zastosowaniu systemu pomiarowego inline. Spektrometr *Corona process* zamontowany nad przenośnikiem, którym transportowany jest ser opuszczający system kolumnowy. Urządzenie pomiarowe działa w zakresie VIS i NIR. Na podstawie strumienia świetlnego, odbitego od produktu następuje oznaczenie kwasowości oraz zawartości wody, tłuszczu w serze.



"Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie"

Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy
im. Jana i Józefy Karłowiczów w Bydgoszczy

GOSPODARSTWA ROLNE:
Jacek Piśtrąg, Tadeusz Szypyr, Jacek Gostomczyk, Andrzej Pietko, Marek Kalinowski,
Grzegorz Romanowski, Stanisław Jansen

Innowacja technologiczna – jakość i powtarzalność

Innowacje wdrożone w linii w zakresie kontroli i zapewnienia bezpieczeństwa to innowacje, które jednocześnie są elementem zarządzania jakością. Sondy, czujniki, urządzenia pomiarowe dostarczają danych, które stanowią dane wejściowe do systemu sterowania procesem technologicznym. Dzięki temu producent uzyskuje informacje o jakości, w tym bezpieczeństwie, każdej partii produkowanego sera. Kontrola inline pozwala na ciągły nadzór nad jakością oraz przyczynia się do spełnienia wymagań w zakresie identyfikacji i identyfikowalności oraz śledzenia produktów.