



WHITE PAPER

## ***Chłodnym okiem: wybór właściwej technologii zamrażania dla każdej linii produkcyjnej***

**Dr Chris Kennedy**

niezależny konsultant dla przemysłu spożywczego,  
Członek Instytutu Technik Chłodniczych,  
Instytutu Nauki o Żywieniu i Instytutu Fiizyki.

## 2. Porównanie technologii zamrażania

### 1. Wstęp

Schładzanie i zamrażanie są bardzo ważnym aspektem wielu procesów związanych z produkcją i dystrybucją żywności. Wyraźne trendy w przemyśle spożywczym sugerują, że wzrost popytu na schładzane i zamrażane produkty żywnościowe będzie się utrzymywał, więc coraz większa liczba producentów modernizuje lub rozbudowuje swoje linie produkcyjne do schładzania i zamrażania.

Nie jest to jednak tak prosta kwestia jak dawniej. Technologie zamrażania rozwinęły się i tradycyjne mechaniczne urządzenia do zamrażania, które są najczęściej stosowanymi urządzeniami, stawia się teraz obok nowszych technologii, przewyższających zaletami swoich poprzedników.

Jakimi urządzeniami do zamrażania mogą zatem dziś dysponować przetwórcy żywności? Jakie są ich plusy i minusy i w jaki sposób producenci mogą wybrać najlepsze urządzenia dla firm?

Dzisiejsze urządzenia do zamrażania dzielą się na trzy kategorie.

- **Mechaniczne urządzenia do zamrażania** wykorzystują krążący w układzie czynnik chłodniczy do uzyskania obniżenia temperatury poprzez wymianę ciepłą między powietrzem a żywnością.
- **Kriogeniczne urządzenia do zamrażania** uzyskują obniżenie temperatury dzięki bezpośredniemu poddaniu żywności działaniu ciekłego azotu (-196°C) lub dwutlenku węgla.
- **Urządzenia do zamrażania uderzeniowego** kierują na produkt żywnościowy bezpośredni strumień powietrza o dużej prędkości.

We wszystkich tych kategoriach dostępne są różne urządzenia: tunele zamrażalnicze, spiralne, do zamrażania IQF oraz systemy fluidyzacyjne. Wybór optymalnego systemu zależy od szeregu czynników, w tym rodzaju i rozmiaru produktów, wymaganej przepustowości i schematu zakładu produkcyjnego.

Te trzy technologie i wszystkie rodzaje urządzeń do zamrażania mają różne zalety, wady i ograniczenia. W niniejszym raporcie będziemy porównywać technologie mechaniczne, kriogeniczne i mechaniczne z wykorzystaniem zamrażania uderzeniowego, a nie konkretne urządzenia. Najlepszą technologię można wybrać wyłącznie po rozważeniu przez przetwórców żywności specyficznych okoliczności i wymagań.

### Zamrażanie mechaniczne

Mechaniczne urządzenia do zamrażania to pierwsza technologia, jaką zastosowano w przemyśle spożywczym; są wykorzystywane w licznych liniach zamrażających i chłodzących. Systemy te są przeważnie liniami dedykowanymi, których właścicielem i użytkownikiem jest przetwórcza żywności.

Ich zasada działania polega na tym, że czynnik chłodniczy, zwykle amoniak, krąży w układzie i odprowadza ciepło z produktów żywnościowych. Ciepło jest następnie przenoszone do skraplacza, gdzie jest rozpraszane w powietrzu lub w wodzie. Czynnik chłodniczy, który teraz jest gorącą cieczą pod dużym ciśnieniem, jest kierowany do parownika. Gdy przechodzi przez zawór rozprężny, jest schładzany i paruje, przybierając postać gazową. Wtedy jest znów gazem pod niskim ciśnieniem i może być z powrotem wprowadzony do układu.

### Zamrażanie kriogeniczne

Kriogeniczne urządzenia do zamrażania to nowe technologie, lecz są z powodzeniem używane przez największych na świecie przetwórców żywności. Urządzenia te są częściej wynajmowane; rzadziej pozostają własnością firmy z branży spożywczej.

Urządzenia kriogeniczne wykorzystują gazy w bardzo niskich temperaturach – zwykle jest to ciekły azot albo stały dwutlenek węgla – które są podawane bezpośrednio na produkt żywnościowy.

### Zamrażanie uderzeniowe

Na przestrzeni ostatniej dekady powstały urządzenia mechaniczne do zamrażania uderzeniowego. Produkt jest zwykle umieszczany na taśmie, na którą kieruje się dysze z powietrzem pod wysokim ciśnieniem. Powietrze jest sprężane w specjalnej komorze pod (czasem także nad) urządzeniem, a następnie kierowane przez szczeliny, otwory lub dysze na produkt żywnościowy.

Proces ten przebiega szybciej niż w przypadku zamrażania za pomocą tradycyjnych urządzeń mechanicznych, gdyż następuje przebicie warstwy granicznej przy powierzchni, co poprawia strumień ciepły.

Poniżej zamieszczamy zestawienie głównych różnic pomiędzy różnymi technologiami zamrażania:

| Cecha   | Zamrażanie mechaniczne  | Zamrażanie kriogeniczne   | Zamrażanie uderzeniowe  |
|---|---|---|---|
| Własność  | Właścicielem jest zwykle producent żywności   | Zwykle wynajmowane/ dzierżawione od dostawcy (który także dostarcza czynnik chłodniczy)   | Właścicielami są zwykle producenci żywności   |
| Struktura kosztów                                     | Duża początkowa inwestycja kapitałowa, niskie koszty eksploatacji bieżącej                                      | Niska początkowa inwestycja kapitałowa, wyższe dalsze koszty zmienne  | Wysoka początkowa inwestycja kapitałowa, bieżące koszty eksploatacyjne niższe niż w przypadku tradycyjnych mechanicznych urządzeń zamrażających |
| Umiejscowienie w zakładzie                            | Stale, urządzenie jest zwykle posadowione na betonowym cokole. Posadowienie jest ograniczone dostępnym miejscem | Elastyczne, posadowienie jest prostsze z powodu mniejszej powierzchni podstawy niż w przypadku mechanicznych urządzeń zamrażających | Bardziej elastyczne niż w przypadku mechanicznych urządzeń zamrażających  |
| Czynnik chłodniczy                                    | Zwykle stosowane: amoniak, R22 ...  | Ciekły azot (LIN) lub stały dwutlenek węgla (CO <sub>2</sub> )  | Zwykle stosowane: amoniak, R22 ...  |
| Wskaźnik przewodnictwa cieplnego: prędkość zamrażania | Mniejsze, z powodu stosunkowo wysokiej temperatury czynnika chłodniczego  | Wyższe, z powodu dużej różnicy temperatur między powierzchnią produktu a czynnikiem chłodniczym                                     | Wyższe, pod warunkiem, że produkt jest płaski i nie wyższy niż 20 mm  |

### 3. Czynniki mające wpływ na wybór technologii zamrażania

Producenci żywności muszą także wziąć pod uwagę szereg czynników przy podejmowaniu decyzji związanych z technologią, jakiej zamierzają użyć w swoich liniach produkcyjnych. Dzielą się one z grubsza na cztery kategorie: wymagania związane z jakością i wydajnością, wymagania związane z zarządzaniem zakładem, kwestie finansowe i czynniki związane z ochroną środowiska.

#### 3.1 Jakość produktu

##### Utrata wody/zawartość wody

Wszystkie metody zamrażania powodują w pewnym stopniu utratę wody, podczas samego procesu zamrażania (utrata masy z powodu parowania) i/lub podczas rozmrażania (utrata masy z powodu rozmrażania).

- Utrata masy z powodu parowania powoduje zmniejszenie masy, a więc wartości produktów, szczególnie w przypadku mięsa, drobiu, ryb i owoców morza. Odwodnienie powierzchni ma także wpływ na teksturę i kolor produktu oraz czas obróbki cieplnej. Utrata masy z powodu parowania zmniejsza przewodnictwo cieplne warstwy wierzchniej, a zatem wydłuża czas obróbki cieplnej. Jest to szczególnie ważne w przypadku zastosowań, kiedy czas obróbki cieplnej jest ograniczony, na przykład burgerów dla barów szybkiej obsługi.

W przypadku większości zastosowań najlepszym sposobem na zmniejszenie utraty masy z powodu parowania jest jak najszybsze obniżenie temperatury. Błyskawiczne obniżenie temperatury obniża ciśnienie pary wody niezwiązanej na powierzchni żywności, a zatem zmniejsza odwodnienie.

- Utrata masy z powodu rozmrażania ma miejsce, jeśli podczas rozmrażania dojdzie do uszkodzenia komórek wskutek rozwinięcia się dużych kryształów lodu, podczas procesu wolnego zamrażania. W tym przypadku utrata wody ma wpływ na kolor, smak i wartości odżywcze rozmrożonego produktu, gdyż składniki odżywcze i barwniki zostaną usunięte wraz z wodą. Uszkodzenie struktury może także powodować pogorszenie tekstury lub zmniejszenie twardości, szczególnie w przypadku warzyw i owoców. Wykazali to Agnelli i Mascheroni w badaniach przeprowadzonych w 2002 r., kiedy to udowodniono skutki uszkodzeń podczas zamrażania, badając teksturę mrożonych truskawek za pomocą testu zgniatania. Udowodniono, że truskawki lepiej zachowują jędrność, jeśli są błyskawicznie zamrażane z wykorzystaniem procesów kriogenicznych.

##### Kolor

Rozmrażanie ma dwojaki wpływ na kolor rozmrażanej żywności. Pierwszy z nich to utrata barwników z powodu odsączenia wody – objaśnialiśmy to zjawisko powyżej. Po drugie, gdy kryształy lodu rosną podczas zamrażania, w pozostałej części niezamrożonej frakcji występuje duże stężenie substancji rozpuszczonych. Ten wzrost stężenia przyspiesza takie procesy, jak utlenianie i brązowienie enzymatyczne. Im dłużej produkt pozostaje w temperaturze bliskiej temperatury zamrażania (tj. im wolniej przebiega proces zamrażania), tym większe oddziaływanie tych czynników.

Agnelli i Mascheroni przedstawili w swoich badaniach pomiary kolorów w przypadku zamrożonych i rozmrożonych hamburgerów. Wykazali oni znaczenie tempa zamrażania i korzyści związanych z szybszym tempem zamrażania.

- Zmniejszeniu ulega zarówno utrata masy podczas rozmrażania, jak i utrata pigmentów.
- Brązowienie mięsa ulega minimalizacji: kolor kriomechanicznie zamrażanych burgerów bardziej przypomina pierwotny kolor mięsa niż kolor burgerów zamrażanych z użyciem wyłącznie metod mechanicznych.

##### Produkty delikatne

Z powodu struktury układu i charakterystyki obróbki produktu uznaje się, że kriogeniczne urządzenia do zamrażania są najbardziej przydatne do przetwarzania produktów łatwo ulegających uszkodzeniu i delikatnych, jak różne rodzaje miękkich owoców.

##### Jakość produktu: wnioski

Badania i doświadczenia wykazują, że szybkie zamrażanie zmniejsza utratę wody i straty masy oraz minimalizuje zmiany tekstury produktu, koloru i smaku. Jaka technologia pozwoli więc osiągnąć najszybsze obniżenie temperatury?

Prędkość, z którą urządzenia zamrażające zmniejszają temperaturę, to średni strumień cieplny (na jednostkę powierzchni), czyli  $h \times \Delta T$ . Im większy średni strumień cieplny, tym szybciej obniżana jest temperatura.

Załóżmy, że średnia temperatura powierzchni produktu podczas procesu zamrażania to  $-10^{\circ}\text{C}$ . Konwencjonalne mechaniczne spiralne urządzenie zamrażające przy temperaturze powietrza  $-30^{\circ}\text{C}$  i strumieniu cieplnym  $25 \text{ W/Km}^2$  ma równoważny średni strumień cieplny  $25 \times 20 = 500 \text{ W/Km}^2$ .

Konwencjonalny kriogeniczny tunel zamrażalniczy ze średnią temperaturą  $-80^{\circ}\text{C}$  i strumieniu cieplnym  $60 \text{ W/Km}^2$  ma równoważny średni strumień cieplny  $60 \times 70 = 4200 \text{ W/Km}^2$ .

Z powodu szybszego tempa zamrażania, mechaniczne urządzenia do zamrażania uderzeniowego oraz kriogeniczne urządzenia do zamrażania stanowią więc lepsze technologie, zapewniające optymalną jakość produktów. Jednakże mechaniczne urządzenia do zamrażania uderzeniowego osiągają podobny strumień ciepła jak urządzenia kriogeniczne wyłącznie w przypadku niektórych zastosowań, mianowicie cienkich produktów żywnościowych z płaskimi, prostopadłymi bokami, jak burgery. Strumień ciepła w dużym stopniu zależy od kierunku przepływu powietrza, zatem w przypadku produktów o większych rozmiarach czy nieregularnych kształtach, zamrażanie uderzeniowe może sprawdzać się znacznie gorzej.

#### 3.2 Zarządzanie zakładem

Każdy zakład zajmujący się przetwarzaniem żywności ma unikatowy charakter, który należy uwzględnić przy wyborze technologii zamrażania. Czynniki, które należy rozważyć, obejmują dostępne miejsce, stopień wymaganej elastyczności oraz higienę, czyszczenie i konserwację.

##### Powierzchnia podstawy/dostępne miejsce

W prawie wszystkich przypadkach kriogeniczne urządzenia zamrażające mają mniejszą powierzchnię podstawy niż ich tradycyjne mechaniczne odpowiedniki, przy założeniu zbliżonej wydajności. Niektóre mechaniczne urządzenia do zamrażania uderzeniowego obecnie również są oferowane w formie modularnej i mają mniejszą powierzchnię podstawy. Można to wykazać porównując wartości dwóch typowych urządzeń do zamrażania burgerów.

| Wydajność | Zamrażanie mechaniczne  | Zamrażanie kriogeniczne                                    |
|-----------|---|--|
| 2000 kg/h | powierzchnia podstawy 9,5 x 6,5m, minimalna wymagana wysokość: 3,7m | powierzchnia podstawy 12 x 1,6m, maksymalna wysokość 1,75m |
|           | <b>Łączna powierzchnia podstawy: 62m<sup>2</sup></b>                | <b>Łączna powierzchnia podstawy: 19m<sup>2</sup></b>       |
| 500 kg/h  | 6,5 x 3m (razem 19,5m <sup>2</sup> )                                | 4 x 1,6m (razem 6,4 m <sup>2</sup> )                       |

## **Fluktuacje**

Zmienny popyt na usługi może powodować nagle, często niespodziewane, wzrosty i spadki przetwarzanych ilości. Osoby zarządzające zakładami muszą więc uwzględnić wiele zmiennych, na które nie mają wpływu, na przykład akceptację produktu przez klientów i jego cykl życia.

Konieczne jest zatem przewidywanie, możliwe jak najbardziej precyzyjne, maksymalnych przetwarzanych ilości w okresie amortyzacji urządzeń do zamrażania. W przypadku mechanicznych urządzeń do zamrażania okres ten może wynosić kilka lat. Nadmiernie optymistyczne prognozy spowodują spadek wydajności, zaś pesymistyczne planowanie może skutkować niewystarczającymi mocami przerobowymi w dziedzinie zamrażania.

Mechaniczne urządzenia do zamrażania mają stałą wydajność maksymalną dla określonego produktu, modułarne urządzenia kriogeniczne i do zamrażania uderzeniowego można przystosować (na przykład zwiększając długość tunelu), by szybko reagować na zmiany popytu. Co ważniejsze, ponieważ kriogeniczne urządzenia do zamrażania są zwykle wynajmowane, zmiany takie zwykle nie powodują konieczności inwestycji kapitałowych ze strony producenta.

Należy podkreślić, że technologia mechanicznego zamrażania uderzeniowego rozwiązała wiele problemów. Z drugiej strony, mechaniczne zamrażanie uderzeniowe jest mniej elastyczne niż tradycyjne procesy mechaniczne, gdyż sprawdza się wyłącznie w przypadku płaskich produktów o wysokości nie większej niż 20mm. Zarówno systemy kriogeniczne, jak i tradycyjne systemy mechaniczne, lepiej sprawdzają się w przypadku linii produkcyjnych zamrażających czasami – lub zawsze – produkty wyższe lub nierówne.

## **Konfiguracja linii produkcyjnej**

W dzisiejszym szybko zmieniającym się świecie branży spożywczej producenci często muszą zmieniać strukturę swoich zakładów. Dotyczy to szczególnie produkcji na zlecenie. Duże mechaniczne spiralne urządzenia do mrożenia to bardzo duże maszyny, które z powodu masy muszą być posadowione na cokole betonowym. Zmiana pozycji urządzeń kriogenicznych lub mechanicznego tunelu mroźniczego do zamrażania uderzeniowego nie zawsze jest prosta, ale rzadko wymaga zmian w konstrukcji budynku.

## **Zmiany produktów**

Szczególnie w przypadku małych przetwórców żywności istotna jest możliwość zamrażania szerokiego wachlarza różnych produktów. Zarówno czas zamrażania, jak i czas przestoju mają wpływ na możliwość zmieniania produktów przez przetwórcę. Przy zmianie produktów, idealnie byłoby, gdyby pierwszy produkt opuścił tunel zamrażalniczy zanim zostanie tam wprowadzony drugi produkt. Różnice w czasie zamrażania wyznaczają bowiem czas przebywania produktu w urządzeniu i niezbędną prędkość pasa dla danego produktu. Im dłuższy czas przebywania, tym większy przestój między dwoma produktami.

Jeśli podczas zmiany z jednego produktu na drugi wymagane jest czyszczenie, jak to często bywa w przypadku produktów powlekanych, czy zmiany z produktu surowego na produkt po obróbce termicznej lub odwrotnie, przetwórcy muszą także uwzględnić czynniki związane z higieną i czyszczeniem, opisane poniżej.

Jeśli przetwórcza wytwarza tylko jeden rodzaj produktu, z bardzo dużą prędkością, codziennie przez dłuższy czas, bardziej odpowiednią technologią może być zamrażanie mechaniczne. Zależy to, oczywiście, od dostępnej powierzchni, dostępności kapitału, znalezienia wykwalifikowanych pracowników itp.

## **Konserwacja, higiena i czyszczenie**

Procesy te powinny być jak najprostsze i najszybsze, celem maksymalizacji czasu produkcji i optymalizacji wydajności linii. Gromadzenie się wilgoci i szronu w parownikach urządzeń mechanicznych może na przykład przedłużać czas produkcji i skutkować niższą wydajnością.

Regularne zabiegi higieniczne i czyszczenie mają, rzecz jasna, zasadnicze znaczenie w przemyśle spożywczym, nie powinny jednak wpływać na obniżenie wydajności. Mniejsze i prościej zaprojektowane urządzenia do zamrażania szybciej i taniej się czyści. Mniejsza liczba złożonych elementów wewnętrznych, mniejsza wysokość i jak najlepszy dostęp – wszystkie te elementy zmniejszają czas niezbędny na czynności związane z czyszczeniem i zwiększają ich efektywność.

Urządzenia mechaniczne do zamrażania uderzeniowego są często mniejsze i zapewniają łatwiejszy dostęp, podobnie jak w przypadku systemów kriogenicznych. Jednakże ich konstrukcja jest nadal skomplikowana i trudno się je suszy, czyszczenie ich jest więc niewygodne, co może być przyczyną potencjalnych problemów z higieną.

## **Zarządzanie zakładem: wnioski**

Biorąc pod uwagę problemy, w obliczu których stają zarządzający zakładem, można wnioskować, że kriogeniczne urządzenia do zamrażania są często preferowaną technologią dla wielu przetwórców żywności, z powodu:

- niewielkiej powierzchni podstawy,
- możliwości dostosowania się do zmiennego popytu,
- elastyczności w przetwarzaniu różnych produktów,
- prostszej konstrukcji i lepszego dostępu,
- mniejszych początkowych kosztów kapitału.

## **3.3 Rozważania finansowe**

Instalacja czy rozbudowa urządzeń do zamrażania wiązą się z poniesieniem kosztów w różnych dziedzinach, także inwestycjami kapitałowymi, bieżącymi kosztami eksploatacji oraz kosztami robocizny związanymi z obsługą i konserwacją.

### **Nakłady kapitałowe i koszty eksploatacji**

W dziedzinie kosztów rysuje się wyraźna różnica między zamrażaniem kriogenicznym a mechanicznym. Zamrażanie mechaniczne wymaga znacznie większych początkowych nakładów kapitałowych, zaś koszty eksploatacji są większe w przypadku urządzeń kriogenicznych. Skala tej różnicy zależy od wielu czynników, lecz dla dowolnej linii produkcyjnej można wyznaczyć punkt w czasie, w którym koszty łączne zamrażania kriogenicznego zaczynają przekraczać koszty zamrażania mechanicznego.

Należy jednak podkreślić, że w obecnej sytuacji ekonomicznej rozważania finansowe są jeszcze trudniejsze. Producenci, którzy nie mogą lub nie chcą ponosić znaczących nakładów kapitałowych, mogą zatem odnieść korzyści dzięki kriogenicznym urządzeniom do zamrażania.

### **Koszty robocizny**

Z powodu rozmiarów i skomplikowanej budowy, mechaniczne urządzenia do zamrażania wymagają większego nakładu pracy przy czyszczeniu. Potrzeby związane z konserwacją są także większe w przypadku urządzeń mechanicznych, podobnie jak umiejętności osób zajmujących się konserwacją. Względne znaczenie tych czynników będzie zależało od modelu urządzenia do zamrażania i lokalnych kosztów robocizny.

### **Jakość produktu**

Jak już wspominaliśmy, minimalizacja utraty wody oznacza maksymalizację jakości i wartości produktów, w szczególności w przypadku produktów o dużej wartości. Przy wyborze urządzeń do zamrażania przetwórcy muszą zatem wziąć pod uwagę implikacje zarówno finansowe, jak i ilościowe.

### **Zagadnienia finansowe: wnioski**

Przy dokonywaniu wyboru między kriogenicznymi a mechanicznymi urządzeniami do zamrażania należy bezwzględnie wziąć pod uwagę wszystkie czynniki finansowe. Przetwórcy powinni przyjrzeć się kosztom w danym okresie czasu i określić całkowity koszt posiadania dla każdej z tych technologii. Dostawcy sprzętu do zamrażania chętnie im w tym pomogą, jednak technologia zamrażania uderzeniowego jest prawie zawsze kosztowniejsza niż tradycyjne zamrażanie mechaniczne z powodu kosztów wytworzenia strumienia powietrza o dużej prędkości. Na decyzję może mieć duży wpływ dostępność kapitału inwestycyjnego.

### **3.4 Zagadnienia związane z ochroną środowiska**

Wraz ze wzrostem świadomości dotyczącej zużycia energii i wytwarzania odpadów oraz wpływem przemysłu na emisje związków węgla, jak również rozwojem w dziedzinie przepisów prawnych, producenci żywności muszą uwzględnić wpływ technologii zamrażania na środowisko.

Organizacje takie, jak Food and Drink Federation oraz The Carbon Trust oceniają, że wytwarzanie żywności generuje tylko do 10% emisji związanych z energią w łańcuchu żywnościowym. Większość z tego – około 60% – jest spowodowane mrożeniem i zamrażaniem wykonywanym przez dużych przetwórców żywności. Urządzenia do zamrażania mechanicznego wymagają mniej energii, niż jest to konieczne w przypadku wytwarzania ciekłego azotu, lecz gdybyśmy rozpatrywali system wytwarzania żywności jako całość, obie technologie przyczyniają się jedynie do niewielkiego odsetka emisji.

## **4. Wnioski**

Jakich informacji dostarcza nam analiza? Jest oczywiste, że wybór technologii zamrażania nie jest prosty i nie istnieje jedna technologia, która stanowiłaby doskonały wybór dla wszystkich przetwórców.

Przed wyborem określonego urządzenia użytkownicy muszą wziąć pod uwagę dostępne finansowanie, dostępne produkty, plan zakładów i zarządzanie oraz wymóg elastyczności.

Kriogeniczne urządzenia do zamrażania liczne zalety w przypadku prędkości zamrażania różnych produktów żywnościowych, co zapewnia. Niskie nakłady kapitałowe, elastyczność i łatwość czyszczenia to także cechy poszukiwane dziś przez wielu producentów żywności. Urządzenia mechaniczne wymagają większych nakładów kapitałowych, ale w dłuższej perspektywie mogą zapewnić korzyści finansowe. Postępy w dziedzinie technologii zamrażania uderzeniowego w pewnym stopniu wypełniają lukę między urządzeniami mechanicznymi a kriogenicznymi, lecz ich zalety ograniczają się do niektórych rodzajów produktów. Producentom sugeruje się współpracę z czołowymi dostawcami urządzeń do zamrażania, w celu zidentyfikowania technologii, która najlepiej odpowiada ich potrzebom i najlepszych urządzeń dla ich linii produkcyjnych.

## **5. Tell me more**

### **Informacje o autorze:**

Dr Chris Kennedy jest znanym niezależnym konsultantem w dziedzinie produkcji spożywczej.

W roku 2009 zajmował się analizą kluczowych problemów przy wyborze nowych urządzeń do zamrażania. Oceniał i poddawał krytyce opinie dotyczące zalet związanych z różnymi technologiami zamrażania, tam, gdzie to możliwe, odwołując się do opublikowanych danych. Niniejszy raport podsumowuje kluczowe kwestie będące owocem tych badań.

Dr Kennedy jest członkiem Instytutu Techniki Chłodniczych, Instytutu Nauki o Żywieniu i Instytutu Fizyki. Szczyci się 15 latami doświadczenia w dziedzinie świadczenia usług doradczych dla przemysłu spożywczego.

### **For more information**

**Aby omówić najlepszą technologię zamrażania dla Państwa zakładu produkcyjnego, lub w celu zamówienia bezpłatnej oceny Państwa procesu zamrażania**, prosimy o kontakt w celu umówienia wizyty jednego ze specjalistów Air Products:

Tel 0 801 08 11 22

+48 77 4054525

Email [ciecze@airproducts.com](mailto:ciecze@airproducts.com)

**tell me more**  
**[www.airproducts.com.pl](http://www.airproducts.com.pl)**