

# Neutralna proteaza *Bacillus subtilis*\* do kontrolowanej modyfikacji białek mąki i poprawy obrabialności ciasta

Zespół badawczy Enzymes.bio · Wellington, Nowa Zelandia · June 19, 2026

Neutralna proteaza *Bacillus subtilis* stosowana w systemach mącznych jest enzymem proteolitycznym: rozcina wiązania peptydowe w białkach, dzięki czemu może częściowo osłabiać nadmiernie mocną sieć białkową i poprawiać plastyczność ciasta. W praktyce B2B jej wartość polega nie na „maksymalnym rozkładzie” białka, lecz na kontrolowanej korekcie właściwości technologicznych mąki — zwłaszcza mieszania, wałkowania, formowania i tekstury gotowego wyrobu. Nazwę handlową „flour-specific endonuclease” należy rozumieć w tym kontekście jako proteazę działającą wewnątrz łańcuchów białkowych, a nie jako enzym przeznaczony do cięcia DNA lub RNA.

## Czym jest neutralna proteaza *Bacillus subtilis* w zastosowaniach mącznych?

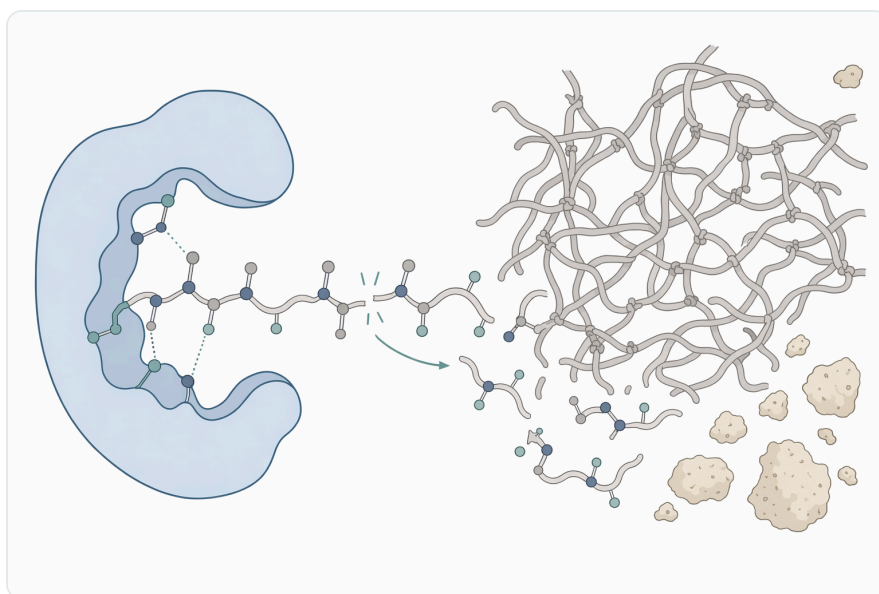
Neutralna proteaza *Bacillus subtilis* należy do proteaz, czyli enzymów katalizujących hydrolizę białek. W odróżnieniu od amylaz, które pracują przede wszystkim na skrobi, proteaza oddziałuje na frakcję białkową mąki: gluteniny, gliadyny oraz inne białka obecne w surowcu zbożowym. Dla technologa oznacza to możliwość regulowania sprężystości, oporu mechanicznego i rozciągliwości ciasta poprzez ograniczoną hydrolizę wiązań peptydowych. Badania nad proteazą wytwarzaną przez *Bacillus subtilis* pokazują, że enzymy z tego źródła są rozpatrywane jako narzędzia do hydrolizy białek i poprawy właściwości funkcjonalnych hydrolizatów, w tym hydrolizatów glutenu pszennego <sup>[1]</sup>.

W nazwie produktu pojawia się określenie „flour-specific endonuclease”, które może być mylące, jeżeli czytać je dosłownie. W enzymologii „nuclease” zwykle odnosi się do enzymów tnących kwasy nukleinowe, natomiast neutralna proteaza jest proteazą — enzymem białkowym, którego substratem są białka. Bardziej technicznie można powiedzieć, że działa jako endopeptydaza, ponieważ rozcina wiązania wewnątrz łańcuchów polipeptydowych, a nie wyłącznie od końców cząsteczki. Materiały enzymologiczne dotyczące neutralnej proteazy typu dispase opisują ją jako proteazę neutralną zdolną do rozkładu wybranych białek macierzy, co potwierdza proteolityczny, a nie nukleolityczny charakter tej klasy enzymów <sup>[2]</sup>.

W systemach mącznych neutralna proteaza jest więc narzędziem do modyfikacji białek, a nie dodatkiem „wzmacniającym” ciasto w klasycznym sensie. Jej działanie może być korzystne tam, gdzie ciasto jest zbyt zwarte, zbyt elastyczne, trudne do rozwałkowania albo wykazuje nadmierny skurcz po formowaniu. Może natomiast być niepożądane, jeżeli celem jest maksymalne zatrzymanie gazu w wyrobach silnie fermentowanych i wymagających bardzo stabilnej sieci glutenowej. Ta różnica jest kluczowa: proteaza nie zastępuje całej technologii prowadzenia ciasta, lecz koryguje jeden z jej najważniejszych elementów — strukturę białkową.

## Dlaczego białka mąki są tak ważne dla obróbki ciasta?

Mąka nie jest jednorodnym proszkiem skrobiowym. Jej zachowanie w procesie zależy od równowagi między skrobią, białkami, wodą, lipidami, enzymami endogennymi, popiołem mineralnym i dodatkami recepturowymi. Przeglądy dotyczące przetwarzania zbóż podkreślają, że obróbka wpływa na strukturę węglowodanów oraz właściwości fizykochemiczne skrobi, ciasta i mąki, a więc końcowe zachowanie układu wynika z wielu równoległych przemian [3]. Proteaza działa tylko na część tej matrycy, ale jest to część wyjątkowo istotna dla reologii.



**Figure 1.** Bacillus subtilis 유래 중성 프로테아제는 글루텐 단백질의 펩타이드 결합을 가수분해하여 반죽의 탄성을 낮추고 취급성을 개선합니다.

W mące pszennej główną rolę technologiczną odgrywa gluten, czyli układ białek zdolnych po uwodnieniu i mieszanii do tworzenia sieci lepkosprężystej. Gluteniny odpowiadają przede wszystkim za sprężystość i wytrzymałość struktury, natomiast gliadyny zwiększają lepkość i rozciągliwość. Jeżeli sieć jest za mocna, ciasto może stawiać duży opór podczas wałkowania i formowania. Jeżeli jest za

słaba, może tracić kształt, kleić się lub nie utrzymywać struktury podczas dalszej obróbki. Neutralna proteaza działa właśnie w tym obszarze: ogranicza długość i ciągłość wybranych fragmentów białkowych, zmieniając proporcję między siłą a plastycznością.

Znaczenie matrycy mącznej dobrze widać także w badaniach nad produktami formowanymi i drukowanymi z układów zbożowych, gdzie typ mąki, kwasowość ciasta, temperatura procesu i obróbka frakcji otrębowej wpływały na brązowienie oraz zdolność do uzyskania pożądanej struktury <sup>[4]</sup>. Dla proteazy oznacza to, że identyczny enzym może dawać inne efekty w mące pszennej chlebowej, mące do ciastek, mieszankach pełnoziarnistych, układach z dodatkiem otrąb albo recepturach o zmienionej kwasowości. Enzym nie działa w próżni — działa w matrycy, która może ułatwiać albo ograniczać dostęp do białek.

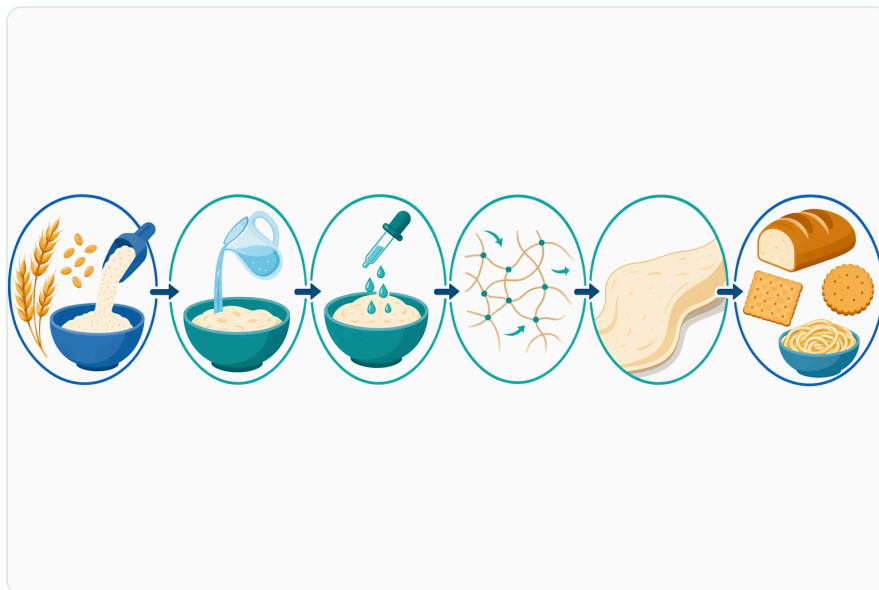
## Mechanizm działania: kontrolowana hydroliza wiązań peptydowych

---

Neutralna proteaza katalizuje hydrolizę wiązań peptydowych, czyli chemicznych połączeń między aminokwasami w białku. W praktyce oznacza to, że długie łańcuchy białkowe zostają przecięte na krótsze fragmenty. Jeżeli proces jest ograniczony, zmienia się funkcjonalność białek: zmniejsza się ich zdolność do tworzenia bardzo rozległej sieci, a ciasto może stać się bardziej podatne na rozciąganie. Jeżeli hydroliza jest zbyt intensywna, sieć białkowa może zostać osłabiona nadmiernie, co prowadzi do utraty pożądanej struktury.

W literaturze dotyczącej neutralnych proteaz z rodzaju *Bacillus* podkreśla się, że enzymy te mogą mieć różne profile stabilności i aktywności, zależne od pochodzenia, budowy oraz warunków środowiskowych. Przykładem jest neutralna proteaza z *Bacillus caldolyticus*, opisywana w kontekście wysokiej termostabilności, co pokazuje, że nawet w obrębie neutralnych proteaz bakteryjnych właściwości technologiczne mogą znacząco się różnić <sup>[5]</sup>. Nie należy więc automatycznie przenosić parametrów jednego enzymu na każdy preparat handlowy; poprawne jest raczej rozumienie wspólnego mechanizmu i jego możliwych konsekwencji procesowych.

W mące działanie proteazy ujawnia się szczególnie podczas uwodnienia i mieszania. Woda umożliwia pęcznienie białek oraz tworzenie sieci, a jednocześnie daje enzymowi warunki do kontaktu z substratem. Mieszanie rozprowadza enzym i odsłania nowe powierzchnie białek, lecz nadmierna energia mechaniczna może również sama zmieniać strukturę ciasta. Dlatego wpływ proteazy jest zawsze sumą działania enzymatycznego i procesu fizycznego: czasu kontaktu, intensywności mieszania, temperatury, nawodnienia oraz składu receptury.



**Figure 2.** 제분 및 밀가루 가공 공정에서는 굽기나 성형 전에 글루텐 강도를 조절하기 위해 혼합 단계에서 중성 프로테아제를 투입합니다.

## Jak proteaza zmienia właściwości ciasta?

Najbardziej bezpośrednim skutkiem działania neutralnej proteazy jest zmniejszenie oporu białkowej sieci ciasta. W produktach takich jak krakersy, wafle, ciastka laminowane, podpłomyki, tortille, cienkie arkusze ciasta lub niektóre przekąski zbożowe może to ułatwiać formowanie i ograniczać sprężysty powrót po rozwałkowaniu. W praktyce technologicznej pożądany efekt często polega na tym, aby ciasto było mniej „gumowe”, bardziej podatne na kształtowanie i mniej skłonne do kurczenia się po obróbce mechanicznej.

Wpływ enzymu nie kończy się jednak na etapie formowania. Zmiana białek może przełożyć się na kruchość, łamliwość, odczucie w ustach i stabilność wymiarową gotowego produktu. W układach ekstrudowanych parametry procesu silnie wpływają na zachowanie reologiczne materiału zbożowego, co potwierdza, że tekstura produktów zbożowych jest wynikiem wzajemnego oddziaływania surowca, receptury i obróbki <sup>[6]</sup>. Proteaza może być jednym z narzędzi regulacji tej tekstury, ale nie działa niezależnie od ścinania, temperatury, wilgotności i czasu przebywania w procesie.

W produktach fermentowanych proteaza wymaga szczególnej ostrożności. Ograniczona hydroliza może pomóc, jeżeli ciasto jest zbyt napięte lub trudne w obróbce, ale zbyt silne osłabienie glutenu może pogorszyć retencję gazu i objętość. Z tego powodu proteazy są zwykle bardziej intuicyjne technologicznie w zastosowaniach, gdzie celem jest relaksacja ciasta i kontrola tekstury, a nie maksymalne wzmocnienie struktury nośnej.

## Neutralna proteaza na tle innych enzymów stosowanych w mące

W systemach mącznych często stosuje się różne klasy enzymów, które działają na odmienne składniki surowca. Porównanie jest ważne, ponieważ proteaza nie powinna być mylona z enzymami skrobiowymi ani błonnikowymi. Amylaza, pullulanaza, ksylanazy i proteazy mogą wpływać na reologię, ale robią to przez różne substraty i mechanizmy. Badania nad enzymatyczno-hydrotermalnym przetwarzaniem mąki ryżowej z udziałem pullulanazy pokazują, że enzymy ukierunkowane na polisacharydy mogą zmieniać właściwości skrobiowe surowca, co jest innym mechanizmem niż hydroliza białek przez proteazę [7].

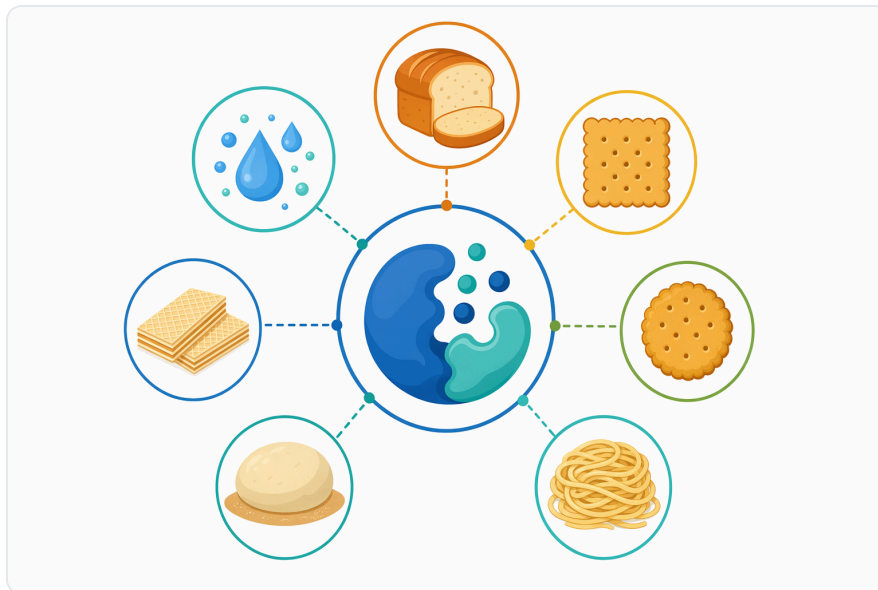


Figure 3. 중성 프로테아제는 제빵 및 곡물 가공에서 반죽의 신장성, 식감, 기계 가공성을 조절하는 데 사용됩니다.

Klasa enzymu	Główny substrat w systemie mącznym	Typowy kierunek efektu technologicznego	Czego nie należy zakładać
Neutralna proteaza <i>Bacillus subtilis</i>	Białka, w tym frakcje glutenowe w mące pszennej	Relaksacja ciasta, mniejszy opór, łatwiejsze formowanie, kontrolowana zmiana tekstury	Nie wzmacnia sieci białkowej; nadmiar działania może ją osłabić
Amylaza	Skrobia i dekstryny	Zmiana lepkości, dostępności cukrów fermentacyjnych i przebiegu wypieku	Nie rozwiązuje bezpośrednio problemu zbyt mocnej sieci glutenowej
Pullulanaza	Wiązania rozgałęzień w polisacharydach skrobiowych	Modyfikacja struktury skrobi, możliwy wpływ na skrobię oporną i teksturę	Nie jest enzymem do hydrolizy białek

Klasa enzymu	Główny substrat w systemie mącznym	Typowy kierunek efektu technologicznego	Czego nie należy zakładać
Ksylanaza / hemicelulaza	Arabinoksylany i hemicelulozy	Zmiana wiązania wody, lepkości i pracy ciasta	Efekt zależy od frakcji błonnikowej i typu mąki
Lipaza / fosfolipaza	Lipidy i fosfolipidy	Zmiana oddziaływań powierzchniowych i stabilności układu	Nie zastępuje proteazy w relaksacji glutenu

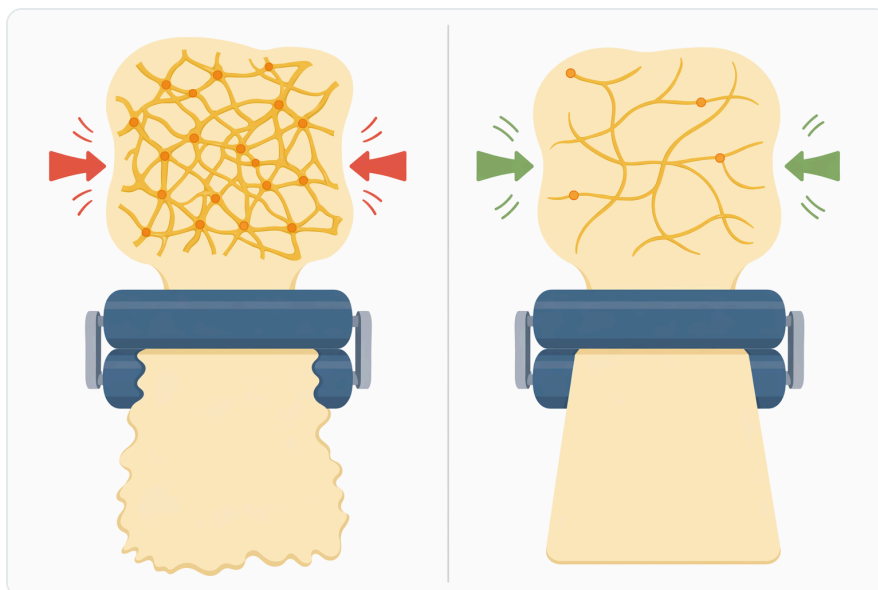
Takie rozróżnienie ma znaczenie przy projektowaniu receptury. Jeżeli problemem jest lepkość wynikająca z polisacharydów, proteaza może nie być głównym narzędziem. Jeżeli problemem jest zbyt silna elastyczność białkowa, enzym skrobiowy może nie dać oczekiwanej korekty. W praktyce produkcyjnej często analizuje się więc, który składnik matrycy odpowiada za obserwowaną trudność: białko, skrobia, błonnik, tłuszcz, woda czy interakcje między nimi.

## Zastosowania w produktach mącznych i zbożowych

W wyrobach kruchych neutralna proteaza może wspierać uzyskanie delikatniejszej struktury przez ograniczenie nadmiernego rozwoju glutenu. Dotyczy to zwłaszcza receptur, w których zbyt silna sieć białkowa zwiększa twardość, sprężystość lub skurcz. W takich zastosowaniach proteaza może działać jako narzędzie korekcyjne: zmniejsza odporność ciasta na deformację, ułatwia formowanie i może pomóc w uzyskaniu bardziej powtarzalnych wymiarów produktu.

W krakersach, waflach i cienkich arkuszach ciasta znaczenie ma równowaga między wytrzymałością a rozciągliwością. Ciasto musi przejść przez walce, dysze lub formy bez rozrywania, ale jednocześnie nie powinno wracać sprężysto do poprzedniego kształtu. Częściowa hydroliza białek może zmniejszać ten sprężysty powrót. Badania dotyczące funkcjonalnych właściwości hydrolizatów glutenu pszennego pokazują, że enzymatyczna hydroliza proteazą *Bacillus subtilis* jest badana właśnie jako sposób zmiany zachowania białek pszenicy <sup>[1]</sup>.

W mieszankach pełnoziarnistych i produktach z dodatkiem otrębów sytuacja jest bardziej złożona. Otręby wprowadzają frakcje błonnikowe, enzymy endogenne, składniki mineralne i cząstki mechanicznie przerywające sieć białkową. Proteaza może nadal wpływać na białka, ale efekt będzie zależał od dostępności wody i rozmieszczenia białek w matrycy. Z tego powodu w takich recepturach neutralna proteaza powinna być rozumiana jako element szerszego układu reologicznego, a nie jako pojedynczy przełącznik tekstury.



**Figure 4.** 기계적 또는 화학적 반죽 연화 방식과 비교할 때, 프로테아제 처리는 온화한 공정 조건에서 글루텐을 선택적으로 이완시킬 수 있습니다.

## Zastosowania poza klasyczną mąką: hydrolizaty białek i składniki funkcjonalne

Neutralne proteazy *Bacillus* są również istotne w procesach hydrolizy białek poza typowym ciastem. Dotyczy to hydrolizatów białka pszennego, sojowego, grochowego, drożdżowego lub zwierzęcego, gdzie celem może być zmiana rozpuszczalności, profilu peptydowego, właściwości emulgujących albo sensoryki. Publikacje dotyczące proteaz *Bacillus subtilis* wskazują na ich znaczenie przemysłowe i szerokie możliwości wykorzystania w procesach, w których białko jest głównym substratem <sup>[8]</sup>.

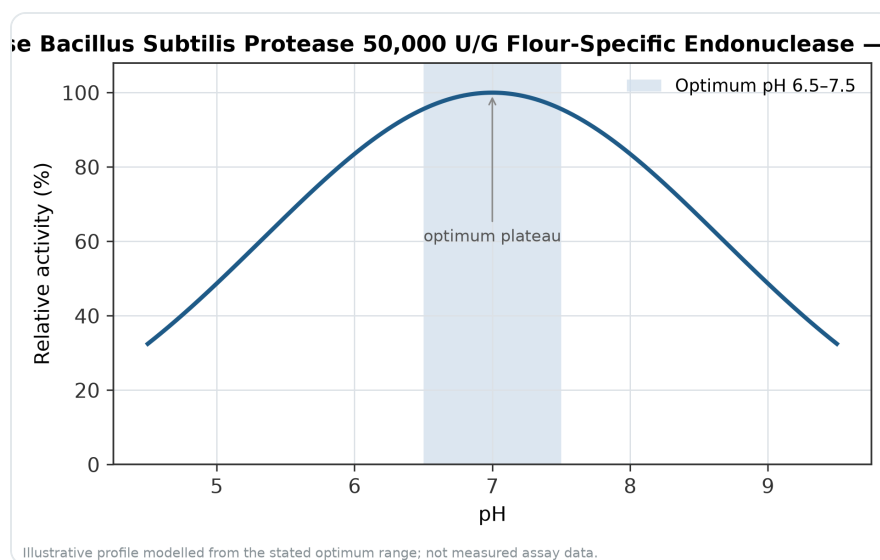
W hydrolizatach białkowych mechanizm jest ten sam co w mące, lecz cel bywa inny. W cieście zwykle chodzi o ograniczoną korektę reologii, natomiast w hydrolizacie celem może być znacznie głębsze rozbicie białek na peptydy. Ta różnica procesowa jest ważna, ponieważ „proteaza do mąki” nie oznacza automatycznie pełnej hydrolizy surowca. W zastosowaniach mącznych korzystne jest często działanie krótsze i bardziej ograniczone, ponieważ struktura produktu końcowego nadal musi pozostać kontrolowana.

## Czynniki procesowe wpływające na efekt enzymu

Efekt neutralnej proteazy zależy przede wszystkim od dostępu enzymu do białek. Dostęp ten kształtują nawodnienie, kolejność mieszania, czas kontaktu, temperatura oraz obecność składników wiążących wodę. Jeżeli wody jest mało, białka mogą być słabiej uwodnione, a dyfuzja enzymu ograniczona. Jeżeli wody jest więcej, sieć białkowa może szybciej pęcznieć, a enzym łatwiej docierać do substratu. Nie oznacza to jednak, że większe nawodnienie zawsze daje lepszy efekt — zmienia ono cały układ reologiczny.

Kwasowość receptury również może zmieniać wynik działania. Nawet jeśli enzym jest określany jako neutralny, rzeczywiste ciasto może mieć pH przesunięte przez zakwas, środki spulchniające, fermentację, dodatki mineralne albo składniki smakowe. Badania nad układami mącznymi wskazują, że kwasowość ciasta jest jednym z czynników wpływających na zachowanie technologiczne i jakość przetwarzania [4]. Dla proteazy oznacza to, że środowisko reakcji może zmieniać szybkość i zakres hydrolizy.

Temperatura ma podwójne znaczenie. Z jednej strony wpływa na kinetykę enzymu, z drugiej — na właściwości białek, skrobi i tłuszczów. W cieplejszym układzie reakcje enzymatyczne mogą przebiegać szybciej, ale równocześnie zmienia się konsystencja ciasta i tempo innych przemian. W procesach z etapem ogrzewania działanie enzymu może zostać ograniczone, gdy warunki przestaną sprzyjać aktywności białka enzymatycznego. Nie należy jednak sprowadzać kontroli procesu wyłącznie do temperatury: czas kontaktu i rozprowadzenie enzymu bywają równie ważne.



**Figure 5.** pH에 따른 Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 상대 활성으로, pH 6.5-7.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

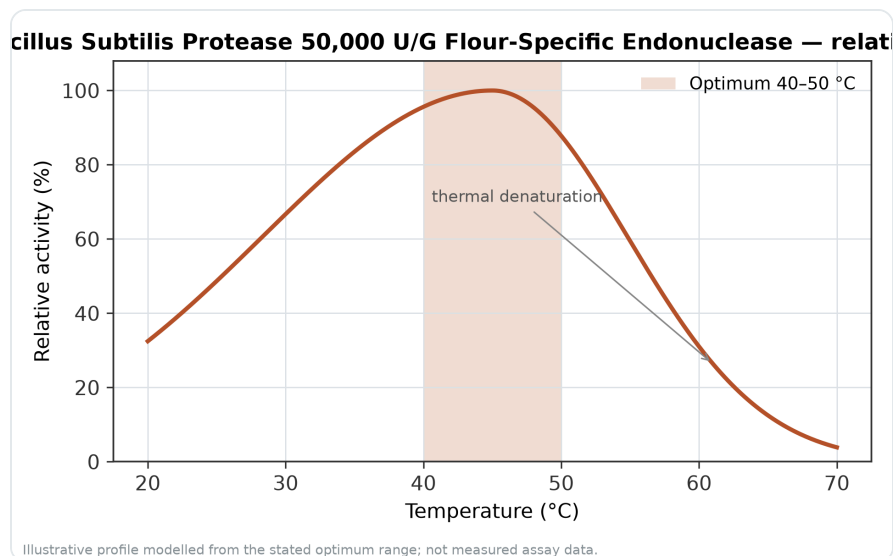
Równomierne rozproszenie preparatu ma znaczenie praktyczne. Proteaza działająca lokalnie może powodować nierówną strukturę: część ciasta będzie nadmiernie rozluźniona, a część pozostanie zbyt mocna. W procesach przemysłowych stabilność wyniku wymaga więc dobrego włączenia enzymu do suchej mieszanki lub fazy, w której może zostać równomiernie rozprowadzony. To nie jest kwestia „większej ilości enzymu”, lecz kontroli kontaktu enzym-substrat.

## Co mówi literatura o proteazach *Bacillus subtilis*?

Najmocniejsze uzasadnienie naukowe dla zastosowania neutralnej proteazy w mące wynika z samej biochemii proteaz: są to enzymy rozkładające białka. Prace dotyczące produkcji proteaz przez *Bacillus subtilis* pokazują, że ten gatunek jest często badany jako źródło proteaz o znaczeniu przemysłowym, również z wykorzystaniem różnych surowców fermentacyjnych [9]. Dla użytkownika technologicznego najważniejszy wniosek jest prosty: *B. subtilis* jest uznanym organizmem w kontekście enzymów proteolitycznych.

Osobna grupa danych dotyczy proteaz alkalicznych i neutralnych produkowanych przez *Bacillus subtilis* oraz ich zastosowań przemysłowych. Publikacje opisujące identyfikację przemysłowo ważnych szczepów wytwarzających proteazy wskazują, że enzymy te są przedmiotem badań aplikacyjnych, nie tylko podstawowych [10]. Choć proteaza „neutralna” i „alkaliczna” nie są tym samym preparatem, prace te potwierdzają szerszą rolę *B. subtilis* jako źródła enzymów do obróbki białek.

Szczególnie istotne dla mąki są badania nad glutenem pszennym. Hydroliza glutenu proteazą *Bacillus subtilis* była analizowana jako sposób poprawy właściwości funkcjonalnych hydrolizatów glutenu, co bezpośrednio łączy enzym z białkami pszenicy [1]. Nie jest to równoznaczne z gwarancją identycznego efektu w każdej recepturze piekarskiej, ale wzmacnia mechanistyczną wiarygodność zastosowania: substrat białkowy w mące jest realnym celem dla proteazy.



**Figure 6.** 온도에 따른 Neutral Protease *Bacillus Subtilis* Protease 50,000 U/G 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 상대 활성으로, 40-50°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

## Różnice między dowodem mechanistycznym a wynikiem w konkretnej recepturze

---

Warto oddzielić trzy poziomy pewności. Pierwszy poziom to pewność mechanistyczna: proteaza hydrolizuje białka. Ten element jest dobrze ugruntowany. Drugi poziom to zastosowanie do białek pszenicy i glutenu: tu również istnieją bezpośrednie przesłanki, ponieważ enzymatyczna hydroliza glutenu przez proteazy *Bacillus subtilis* jest opisywana w literaturze <sup>[1]</sup>. Trzeci poziom to wynik w konkretnej linii produkcyjnej, przy konkretnej mące, czasie mieszania, nawodnieniu i temperaturze — tego nie da się uczciwie przewidzieć wyłącznie na podstawie nazwy enzymu.

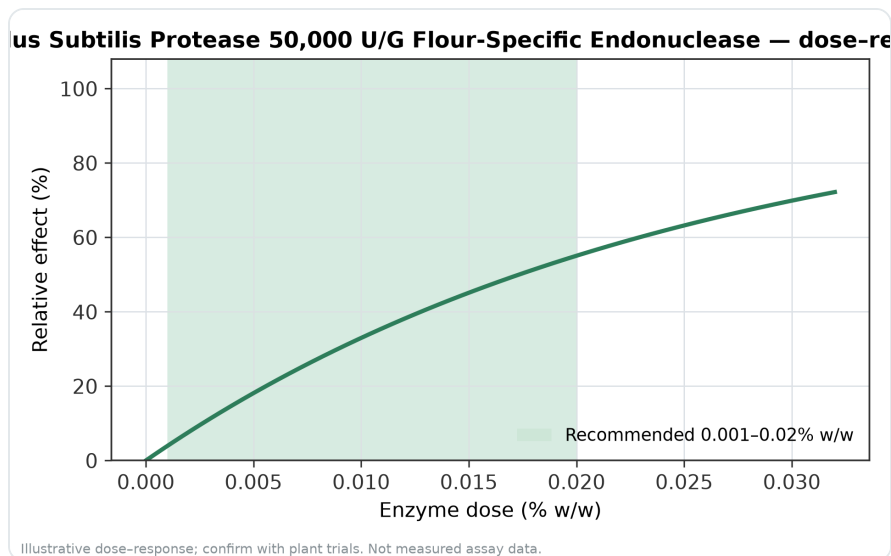
Taka ostrożność nie osłabia wartości enzymu, lecz zwiększa wiarygodność jego zastosowania. Enzymy są bardzo skuteczne, gdy ich mechanizm pasuje do problemu technologicznego. Jeżeli problemem jest nadmiernie silna struktura białkowa, proteaza jest logicznym narzędziem. Jeżeli problem leży głównie w uszkodzeniu skrobi, wysokiej aktywności enzymów endogennych, niewłaściwym nawodnieniu lub nadmiarze błonnika, sama proteaza może nie rozwiązać przyczyny.

## Ograniczenia i ryzyka technologiczne

---

Najważniejsze ryzyko to nadmierna hydroliza białek. Objawia się ona jako ciasto zbyt luźne, klejące, pozbawione sprężystości lub słabo utrzymujące strukturę. W produktach wymagających stabilnej objętości może to prowadzić do gorszego zatrzymywania gazu. W produktach cienkich może natomiast skutkować nadmierną kruchością albo trudnością w przenoszeniu półproduktu. Mechanizm jest przewidywalny: enzym, który rozluźnia sieć białkową, przy zbyt intensywnym działaniu może ją osłabić ponad potrzeby procesu.

Drugie ograniczenie wynika ze zmienności mąki. Partie mąki różnią się zawartością białka, jakością glutenu, stopniem uszkodzenia skrobi, aktywnością enzymatyczną, granulacją i chłonnością wody. Dodatkowo przechowywanie i obróbka cieplna mogą zmieniać właściwości mąk, co pokazują badania nad starzeniem mąki owsianej po obróbce cieplnej analizowane z perspektywy proteomiki i lipidomiki <sup>[11]</sup>. Dla proteazy oznacza to, że ten sam proces może wymagać korekty interpretacji, gdy zmienia się surowiec.



**Figure 7.** 권장 사용 범위(0.001–0.02% w/w)에서 Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 예시적 용량-반응 관계입니다.

Trzecie ograniczenie dotyczy interakcji z innymi składnikami. Sól, cukier, tłuszcz, kwasy, emulgatory, błonnik, środki spulchniające i inne enzymy mogą pośrednio wpływać na dostępność białek, wiązanie wody i tempo tworzenia sieci. W recepturach wieloenzymatycznych proteaza może działać równolegle z enzymami skrobiowymi lub błonnikowymi, a końcowy efekt będzie sumą ich wpływu na różne frakcje mąki. Dlatego interpretacja wyniku powinna zawsze odnosić się do całej receptury, a nie wyłącznie do jednego składnika.

## Rola Enzymes.bio jako dostawcy online

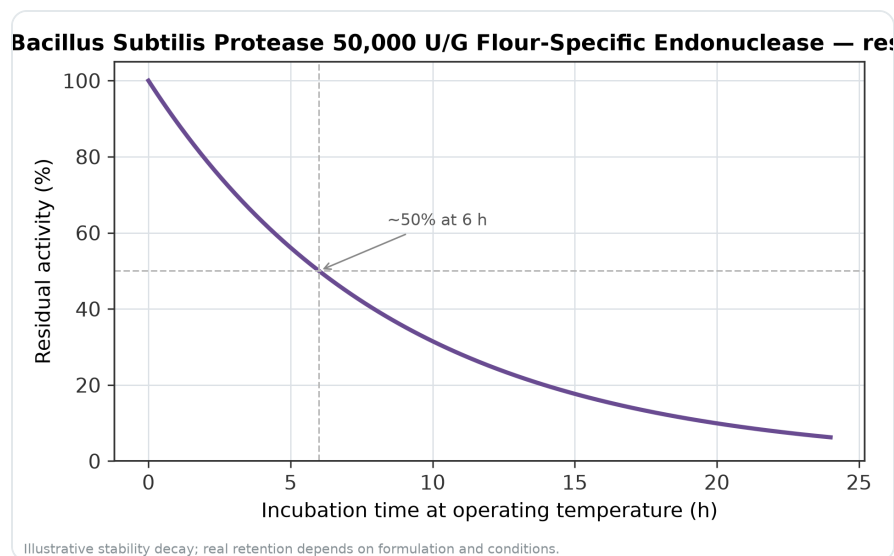
Enzymes.bio pełni rolę dostawcy online enzymów, a nie producenta ani laboratorium badawczego. Neutralne proteazy są prezentowane w ofercie jako kategoria enzymów proteolitycznych stosowanych w procesach związanych z hydrolizą białek i zastosowaniami przemysłowymi. W przypadku omawianego produktu kluczowe jest rozumienie jego funkcji procesowej: kontrolowana modyfikacja białek mąki przez proteazę pochodzenia *Bacillus subtilis*.

Produkt jest sprzedawany bezpośrednio online w jednostkach 1 kg. Dokumenty CoA oraz SDS są dostarczane wraz z zamówieniem. Z perspektywy użytkownika B2B oznacza to, że enzym należy traktować jako składnik technologiczny do wdrożenia w istniejącym procesie, z uwzględnieniem konkretnej receptury, surowca i oczekiwanego profilu produktu końcowego.

## Najbardziej uzasadnione zastosowania w praktyce B2B

Najbardziej naturalnym obszarem zastosowania neutralnej proteazy *Bacillus subtilis* są procesy, w których nadmierna siła białkowa utrudnia obróbkę. Dotyczy to ciast wałkowanych, laminowanych, cienko formowanych, kruchych oraz przekąsek zbożowych, gdzie stabilna, ale niezbyt sprężysta struktura jest korzystniejsza niż mocny gluten typowy dla pieczywa objętościowego. Enzym może wspierać redukcję oporu mechanicznego i poprawę podatności ciasta na formowanie.

Drugim obszarem są hydrolizaty białek pszenicy i innych surowców, gdzie celem jest celowa zmiana funkcjonalności białka. W tym przypadku proteaza nie jest używana tylko do poprawy obrabialności ciasta, ale do uzyskania peptydów o innych właściwościach fizykochemicznych niż białko wyjściowe. Badania nad hydrolizatami glutenu pokazują, że proteaza *Bacillus subtilis* może być rozpatrywana jako narzędzie poprawy właściwości funkcjonalnych białek pszenicy [1].



**Figure 8.** 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 예시적 열 안정성 감소 곡선입니다.

Trzecim obszarem są mieszanki zbożowe, w których proteaza może pełnić funkcję korekcyjną obok innych narzędzi technologicznych. W takich zastosowaniach szczególnie ważne jest odróżnienie problemu białkowego od problemu skrobiowego lub błonnikowego. Proteaza może bardzo dobrze odpowiadać na zbyt dużą sprężystość białek, ale nie zastąpi enzymów działających na skrobię ani nie skompensuje całkowicie zmian wynikających z granulacji, obróbki cieplnej czy zawartości otrąb.

## Wniosek techniczny

---

Neutralna proteaza *Bacillus subtilis* do zastosowań mącznych jest najlepiej rozumiana jako enzym do kontrolowanej hydrolizy białek, zwłaszcza tam, gdzie trzeba zmniejszyć opór ciasta, poprawić jego rozciągliwość lub skorygować teksturę produktu. Jej działanie opiera się na dobrze znanym mechanizmie proteolitycznym: rozcinaniu wiązań peptydowych w białkach, co może zmieniać strukturę glutenu i zachowanie ciasta podczas obróbki.

Najbardziej odpowiedzialna ocena jest zrównoważona: mechanizm działania proteazy jest dobrze uzasadniony, badania nad proteazami *Bacillus subtilis* i hydrolizą glutenu wspierają zastosowanie w układach białkowych, ale końcowy efekt zależy od mąki, receptury i warunków procesu. W praktyce B2B enzym ten jest wartościowy wtedy, gdy celem jest precyzyjna korekta właściwości białek mąki — nie uniwersalna poprawa każdego parametru, lecz ukierunkowana regulacja obrabialności i tekstury.

### Zamów Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G Flour-Specific Endonuclease online

Sprzedawany w jednostkach 1 kg, dostępny z magazynu i gotowy do wysyłki. Zamów bezpośrednio w naszym sklepie — zapłać online, a my przetworzymy Twoje zamówienie. Do każdego zamówienia dołączamy Certyfikat Analizy i Kartę Charakterystyki.

[Kup Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G Flour-Specific Endonuclease →](#)

## Bibliografia

---

Ponumerowano według kolejności pierwszego cytowania. Źródła open access, każde zweryfikowane jako dostępne w momencie publikacji; numery cytowań w tekście prowadzą tutaj.

1. Rajendhran, H. P., Vaidyanathan, V., Venkatraman, S., & Karthik, P. (2024). Optimization of Enzymatic Hydrolysis by Protease Produced from Bacillus subtilis MTCC 2423 to Improve the Functional Properties of Wheat Gluten Hydrolysates. *International journal of food Science*, 2024.
2. Manual. *Worthington-biochem*.
3. Olamiti, G., & Ramashia, S. E. (2025). Processing Effect on Carbohydrate Structure and Physicochemical Properties of Starch, Dough and Flour of Some Cereals. *Current Nutrition & Food Science*.
4. Habuš, M., Golubić, P., Pavičić, T. V., Mustač, N. Č., Voučko, B., Herceg, Z., Ćurić, D., ... et al. (2021). Influence of Flour Type, Dough Acidity, Printing Temperature and Bran Pre-processing on Browning and 3D Printing Performance of Snacks. *Food and Bioprocess Technology*, 14, 2365 - 2379.
5. A Highly Thermostable Neutral Protease From Bacillus Caldolyticus. *Rug*.

6. Bobade, H., Sharma, S., & Singh, B. (2017). Rheological Behavior of Honey-Cereal Extrudates as a Function of Extrusion Processing Parameters. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 419-427.
7. Pham, C., Pham, A. T., & Nguyen, D. (2024). Optimisation of some technological factors of pretreatment by pullulanase enzymatic hydrolysis combined with hydrothermal process to produce resistant starch (RS3) from rice flour ingredients. *Ministry of Science and Technology, Vietnam*.
8. Keshapaga, U. R., Jathoth, K., Singh, S., Gogada, R., & Burgula, S. (2023). Characterization of high-yield Bacillus subtilis cysteine protease for diverse industrial applications. *Brazilian Journal of Microbiology*, 1-14.
9. R, A., K, D., & S, D. (2025). Protease Production By Bacillus Subtilis Using Fruit Peel Waste. *International Journal of Research Publication and Reviews*.
10. Prabhavathy, G., Pandian, M., & Senthilkumar, B. (2013). Identification of Industrially Important Alkaline Protease Producing Bacillus subtilis by 16s rRNA Sequence Analysis and Its Applications.
11. Huo, R., Zhang, Y., Zhang, M., Sun, M., Miao, Y., Chen, Y., & Xie, J. (2025). Integrative lipidomics and proteomics reveal the aging mechanisms of heat-treated oat flour during long-term storage. *Food chemistry: X*, 27.

## Skontaktuj się z Enzymes.bio

Masz pytania dotyczące zamówienia? Nasz zespół chętnie pomoże.

E-MAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

TELEFON (USA) **+1 (507) 428-6057**

[Skontaktuj się z nami →](#)



**400+** klientów B2B



**60+** partnerów badawczych z uczelni



**54** obsługiwanych na całym świecie

© 2026 Enzymes.bio · Dostawy enzymów przemysłowych i do przetwórstwa żywności · Nie do spożycia przez ludzi ani sprzedaży detalicznej.