4. DEKSTRYNY I HYDROLIZATY SKROBIOWE

4.1. Wstęp:

4.1.1. Kwasowa i enzymatyczna hydroliza skrobi ziemniaczanej:

Skrobia stanowi surowiec do otrzymywania wielu produktów uzyskiwanych w wyniku różnych procesów fizycznych, chemicznych i biochemicznych. Jedną z dróg przetwarzania skrobi, celem otrzymania produktów o określonych właściwościach jest jej hydroliza, przeprowadzana przy pomocy kwasów lub enzymów.

Pod wpływem ich działania w obecności wody, długie łańcuchy skrobi rozpadają się na coraz krótsze odcinki, ulegając rozpuszczeniu i scukrzeniu. Produkty hydrolizy skrobi tworzą roztwory wodne o wielokrotnie niższej lepkości od kleików skrobiowych, przy czym lepkość roztworów niskocząsteczkowych produktów jest mniejsza niż wielkocząsteczkowych. Dzięki temu przebieg hydrolizy skrobi można kontrolować na podstawie pomiaru lepkości hydrolizatów. Przebieg procesu hydrolizy skrobi można też kontrolować poprzez obserwacje barwienia się jej produktów z jodem. W początkowej fazie hydrolizy, powstałe wielkocząsteczkowe dekstryny, tradycyjnie zwane amylodekstrynami, barwią się z jodem na niebiesko. Produkty dalej prowadzonej hydrolizy o mniejszych cząsteczkach barwią się z jodem na czerwono i stąd ich nazwa erytrodekstryny. Produkty hydrolizy o jeszcze mniejszych cząsteczkach, tzw. achrodekstryny oraz jeszcze mniejsze, złożone tylko z paru cząsteczek glukozy maltodekstryny nie wykazują reakcji barwnej z jodem.

W wyniku hydrolizy nagromadzają się niskocząsteczkowe dekstryny, maltoza i glukoza- substancje redukujące płyn Fehlinga. Dzięki temu na podstawie oznaczania redukcyjności hydrolizatu można kontrolować przebieg hydrolizy skrobi i określić jej efekt końcowy. Stopień scukrzenia mierzy się redukcyjnością hydrolizatu i wyraża jako DE (Dextrose equivalent), tzn. ilość substancji redukujących oznaczonych odczynnikiem Fehlinga, w przeliczeniu na glukozę w gramach zawartych w 100 g suchej substancji hydrolizatu.

Alkohol etylowy 96% zmieszany z próbą hydrolizatu powoduje wytrącanie się skrobi i wielkocząsteczkowych dekstryn, w postaci zmętnień i białego osadu. W miarę postępowania hydrolizy skrobi, wytrącający się osad i zmętnienie są coraz mniejsze wskutek zmniejszania się cząsteczek dekstryn i związanej z tym rosnącej ich rozpuszczalności w alkoholu. Przy stopniu scukrzenia 75-80 DE nie występuje zmętnienie hydrolizatu po zmieszaniu z alkoholem. Zjawisko to wykorzystane jest w praktyce przy kontroli stopnia scukrzenia hydrolizatów skrobiowych.

Hydroliza skrobi stosowana jest na skalę przemysłową głównie do otrzymywania glukozy i syropów skrobiowych. Przeprowadzana jest przy użyciu silnych kwasów mineralnych w podwyższonej temperaturze (na ogół nie niższej niż 100 C) lub przy zastosowaniu preparatów amylolitycznych w temperaturze odpowiedniej dla rodzaju użytego enzymu.

W przemyśle ziemniaczanym do hydrolizy skrobi stosuje się głównie kwas solny, siarkowy i azotowy. W zależności od celu produkcji i zastosowanej technologii, można przy ich użyciu uzyskać produkty o różnym stopniu degradacji skrobi- od wielkocząsteczkowych dekstryn do glukozy.

Od trzydziestu lat coraz powszechniej stosuje się w przemyśle skrobiowym technologie produkcji hydrolizatów skrobiowych przy zastosowaniu enzymów. W przemyśle tym używa się głównie bakteryjnych i grzybowych preparatów dwóch enzymów: alfaamylazy i glukoamylazy.

Alfaamylaza hydrolizując wiązania alfa-1,4-glikozydowe pośrodku łańcuchów skrobi powoduje jej szybkie rozpuszczenie (upłynnienie) i dekstrynizację oraz powolne scukrzenie. Ostatecznym rezultatem działania na skrobię alfaamylazy jest powstanie mieszaniny maltozy, glukozy oraz tzw. „dekstryn granicznych" złożonych z kilku reszt glukozy połączonych obok wiązań alfa-1,4-glikozydowych wiązaniami alfa-1,6-glikozydowymi nie ulegającymi działaniu alfaamylazy. W wyniku działania alfaamylazy następuje szybkie obniżenie lepkości kleiku skrobiowego i bardzo powolny wzrost jego redukcyjności.

Glukoamylaza, czyli amyloglikozydaza rozkłada od niealdehydowego końca łańcuchów skrobi kolejno każde wiązanie, zarówno alfa-1,4-glikozydowe jak i alfa-1,6-glikozydowe, powodując szybkie nagromadzanie się glukozy w hydrolizacie. W końcowym efekcie działania glukoamylazy na skrobię otrzymuje się glukozę.

W praktyce przemysłowej celem przyspieszenia scukrzania stosuje się najczęściej oba enzymy- alfaamylazę, a następnie glukoamylazę.

Enzymy amylolityczne w bardzo małym stopniu mogą hydrolizować skrobię nieskleikowaną- w postaci gałeczek, praktycznie, zwłaszcza w przypadku skrobi ziemniaczanej, proces taki nie zachodzi. Dlatego przed dodaniem preparatów enzymatycznych do skrobi (lub równocześnie) poddajemy ją skleikowaniu. Natomiast w trakcie hydrolizy kwasowej rozkładowi ulega także skrobia nieskleikowana.

Zastosowanie izomerazy glukozowej pozwoliło na produkcję syropu glukozowo-fruktozowego, który w krajach wytwarzających znaczne ilości taniej skrobi kukurydzianej stał się skutecznym konkurentem sacharozy, zwłaszcza w przemyśle napojów bezalkoholowych.

W wyniku kwasowej hydrolizy skrobi otrzymuje się syropy o różnym składzie cukrów, a więc o różnych właściwościach niezależnych od stopnia scukrzenia.

4.1.2. Definicje niektórych hydrolizatów:

4.1.2.1. Syropy skrobiowe

są produktami otrzymanymi przez kwasową, enzymatyczną lub kwasowo-enzymatyczną hydrolizę upłynnionego mleczka krochmalowego (w podwyższonej temperaturze i ciśnieniu) następnie zobojętnienie, oczyszczenie i zagęszczenie. Są to gęste, lepkie, higroskopijne ciecze o słodkim smaku. Syropy skrobiowe stosujemy do produkcji karmelków, nadzień cukierniczych, drażetek, pomadek, galaretek, wyrobów grylażowych, pierników i chałwy. Łagodzą one zbyt ostrą słodycz sacharozy (50-60% słodyczy sacharozy), nadają plastyczność masie karmelowej, są antykrystalizatorami.

4.1.2.2. Maltodekstryny

to produkty częściowej depolimeryzacji skrobi otrzymane w wyniku hydrolizy enzymatycznej. Mają postać białego proszku. Z uwagi na ich właściwości wypełniające, zagęszczające i stabilizujące są stosowane np. do produkcji mleka modyfikowanego i mączek odżywczych dla niemowląt, biszkoptów, ciastek, lodów w proszku, majonezów.

4.1.2.3. Dekstryny

Dekstryna jest to skrobia modyfikowana otrzymana w wyniku obróbki termicznej mączki ziemniaczanej (w stanie suchym lub na mokro) z dodatkiem lub bez małych ilości kwasu.

W zależności od sposobu produkcji rozróżniamy:

4.1.2.3.1. Dekstryny białe

Przypominają barwą krochmal. Powstają na skutek częściowej hydrolizy i suszenia w około 100°C zakwaszonej mączki ziemniaczanej. Do zakwaszania stosujemy HNO_3, HCl, lub ich mieszaninę.

Etapy produkcji:

-zakwaszanie krochmalu

-suszenie w 100 C do około 3% wody

-chłodzenie

-nawilżanie do 10-11% H2O

-odsiewanie

-pakowanie

Dekstryny białe są częściowo rozpuszczalne w wodzie.

W zależności od rozpuszczalności rozróżniamy następujące odmiany

60- o wysokiej rozpuszczalności

40- o średniej rozpuszczalności

12- o niskiej rozpuszczalności

4.1.2.3.2. Dekstryny żółte

Są to produkty o barwie żółtej powstałe w wyniku prażenia mączki ziemniaczanej w obecności kwasu. Barwę tych dekstryn powoduje proces karmelizacji.

Etapy produkcji

- zakwaszanie krochmalu

- suszenie do około 3% wody

- prażenie 150-185 C

- chłodzenie

- nawilżanie do wilgotności 9-11%

- odsiewanie

- pakowanie

Dekstryny żółte są prawie całkowicie rozpuszczalne w wodzie, różnią się natomiast lepkością roztworów. W zależności od lepkości rozróżniamy następujące odmiany dekstryn żółtych:

-BW- o bardzo niskiej lepkości

-W- o wysokiej lepkości

- S- o średniej lepkości

- N- o niskiej lepkości

- BN- o bardzo niskiej lepkości

4.1.2.3.3. Gumy brytyjskie

Są produktami powstałymi podczas prażenia w temperaturze około 200 C bez dodatku kwasu.

4.1.3. Zastosowanie dekstryn

Dekstryny są używane w przemyśle papierniczym, poligraficznym, zapałczanym, włókienniczym, odlewniczym, farmaceutycznym, wiertnictwie i wielu innych.

Służą jako środki klejące, usztywniające i zagęszczające oraz do wyrobu takich środków.

Włókiennictwo- środki klejące do osnów tkackich (klejonki), apreturowanie tkanin, utrwalania wzorów i rysunków na tkaninach.

Wiertnictwo- są składnikami płuczek wiertniczych w celu obniżenia ich filtracji i zachowania stabilności płuczki.

Odlewnictwo- spoiwa mas formierskich

a także do produkcji klejów stosowanych do produkcji papieru, wyrobu filcu, tapet, zagęszczanie farb i atramentu, gumowanie znaczków pocztowych i etykiet do wyrobu papieru fotograficznego.

Karmel spożywczy- jest to produkt otrzymany z cukru skrobiowego lub syropów skrobiowych na wskutek działania podwyższoną temperaturą w obecności katalizatora, najczęściej amoniaku.

Jest ciemną syropowatą cieczą o zawartości 30% wody i minimum 35% cukrów redukujących. Ma charakterystyczny słodki smak z gorzkawym posmakiem

4.1.4. Podział hydrolizatów skrobiowych ze względu na stopień ich scukrzenia:

4.1.4.1. Maltodekstryny

- niskoscukrzone DE 6-11

- średnioscukrzone DE 12-19

- wysokoscukrzone DE 20- 30

4.1.4.2. Syropy skrobiowe

-syrop niskoscukrzony (N) DE 30-38, stosowany do produkcji karmelków i pieczywa cukierniczego, jest mało higroskopijny i ma dużą lepkość

- syrop normalnie scukrzony (C) DE 38-45, jest to również syrop cukierkowy

- syrop średnioscukrzony (S) DE 45-55, jest to syrop chałwowy, ciągnie się w nitki

-syrop wysokoscukrzony (W) DE 55-65

-syrop wysokoscukrzony słodowy (W) DE 50-65, powstaje na drodze hydrolizy enzymatycznej, do wyrobu pierników

- syrop wysokoscukrzony maltozowy DE 60-62, wytwarzany metodą kwasowo-enzymatyczną, do produkcji pomad, dżemów, miodów pitnych

- syrop specjalny DE 77-85, do produkcji karmelu

4.1.4.3. Glukoza zestalona DE 85-89

4.1.4.4. Glukoza krystaliczna DE 100

4.2. Ćwiczenia laboratoryjne:

4.2.1. Określenie zapachu dekstryn wg. PN-71/A-74700

Zapach dekstryny określić organoleptycznie bezpośrednio po otwarciu opakowania próbki i lekkim wstrząśnięciu. W przypadkach wątpliwych dla wzmożenia intensywności zapachu umieścić dekstrynę w słoiku szklanym szczelnie zamkniętym i ogrzewać na łaźni wodnej przez 15 min w temperaturze około 40°C. Po wyjęciu z łaźni wodnej określić oraganoleptycznie zapach dekstryny.

Stosować następujące określenia zapachu:

- bez zapachu

- typowy dla dekstryny

- obcy (np. stęchły, kwaśny itp.)

4.2.2. Oznaczenie kwasowości dekstryn wg. PN-71/A-74700

4.2.2.1. Wykonanie oznaczenia dla dekstryn białych:

Do kolby stożkowej o pojemności 250 cm^3 odważyć na wadze technicznej 25±0,01 g badanej dekstryny i dodać 100 cm^3 wody destylowanej wolnej od dwutlenku węgla. Następnie dodać 10 kropli roztworu fenoloftaleiny, wymieszać i szybko miareczkować 0,1 M roztworem wodorotlenku sodowego przy ciągłym energicznym mieszaniu. Miareczkowanie jest zakończone, gdy powstałe wyraźnie różowe zabarwienie roztworu utrzyma się przez 1 min.

4.2.2.2.Wykonanie oznaczenia dla dekstryn żółtych i żółtopodobnych

Do zlewki o pojemności 150 cm^3 odważyć na wadze technicznej 10±0,01 g badanej dekstryny i dodać 100 cm^3 wody destylowanej wolnej od dwutlenku węgla. Po dokładnym wymieszaniu i rozpuszczeniu próbki miareczkować potencjometrycznie 0,1 M roztworem wodorotlenku sodowego przy ciągłym mieszaniu. Miareczkowanie jest zakończone, gdy pehametr wykaże wartość pH=8,3. Przy miareczkowaniu należy stostować elektrodę szklaną i kalomelową.

Kwasowość badanej dekstryny obliczyć w mililitrach 1 M roztworu NaOH na 100 g produktu wg. wzoru:

$$X = 10 \cdot \frac{b}{a}$$

w którym :

a- odważka badanego produktu [g]

b- objętość 0,1 M roztworu NaOH zużytego do oznaczania [cm^3]

Za wynik przyjąć średnią arytmetyczną wyników dwóch równoległych oznaczeń nie różniących się więcej niż o 0,1 cm^3. Wynik podawać z dokładnością do 0,1 cm^3.

4.2.3. Oznaczanie rozpuszczalności dekstryn białych wg. PN-71/A-74700

Do wytarowanej kolby stożkowej o pojemności 200 cm^3 z pręcikiem szklanym odważyć z dokładnością do 0,01 g taką ilość dekstryny, aby zawartość suchej masy wynosiła 10 g.

Wielkość odważki obliczyć ze wzoru:

$$X = \frac{1000}{100 - X_2}$$

w którym :

X_2- wilgotność dekstryny [%]

Dodać 30 cm^3 wody destylowanej o temperaturze 12- 15°C i stale mieszać. Następnie dodać dalsze 50 cm^3 wody destylowanej, po czym uzupełnić zawartość kolby wodą destylowaną do 100 ±0,01g. Zamknąć kolbę korkiem, wstrząsać przez około 20 s, a następnie wstawić do termostatu lub łaźni wodnej o temperaturze 20±0,02°C na okres 30 min. W tym czasie wstrząsać kolbę kilkakrotnie. Następnie całość przesączyć przez sączek karbowany, odrzucając pierwsze 10 cm^3 przesączu. Z dalszej ilości przesączu pobrać pipetą kilka kropel, nałożyć na pryzmaty refraktometru, oświetlić odpowiednio i odczytać współczynnik załamania światła w temperaturze 20°C. Z tablicy 1 odczytać rozpuszczalność dekstryny na podstawie oznaczonego współczynnika załamania światła.

4.2.4. Oznaczanie rozpuszczalności dekstryn żółtych metodą wirówkową wg. normy: PN-71/A-74700

Zasada oznaczania polega na rozpuszczeniu dekstryny w wodzie, odwirowaniu roztworu i odczytaniu z podziałki probówki zawartości części nierozpuszczalnych.

Do zlewki pojemności 200 cm^3 odważyć z dokładnością do 0,01 g taką ilość dekstryny, aby zawartość suchej masy wynosiła 5 g. Wielkość odważki obliczyć wg. wzoru:

$$X = \frac{500}{100 - X_1}$$

w którym:

X_1- wilgotność dekstryny [%]

Dodać 5 cm^3 alkoholu metylowego i dokładnie wymieszać. Po otrzymaniu jednolitej zawiesiny dodać 50 cm^3 wody destylowanej o temperaturze 12-15°C, ciągle energicznie mieszając. Następnie zawartość przenieść ilościowo do kolby miarowej pojemności 100 cm^3 i uzupełnić do kreski wodą destylowaną. Wstawić kolbę na 10 min do termostatu o temperaturze 20±0,2°C, następnie dokładnie wymieszać, pobrać pipetą 10 cm^3 roztworu i umieścić w probówce z podziałką. Probówkę wstawić do wirówki i odwirować przez 5 min przy 3000 obr/min, po czym odczytać procent rozpuszczalności wprost z podziałki umieszczonej na probówce.

Za wynik przyjąć średnią arytmetyczną wyników z dwóch równoległych oznaczeń nie różniących się od siebie więcej niż 0,2%. Wynik podawać z dokładnością do 0,01%.

4.2.5. Oznaczanie lepkości dekstryn żółtych

Przygotowanie roztworu do oznaczania:

Do wytarowanej zlewki o pojemności 250 cm^3 z termometrem szklanym (bagietkowym) odważyć 40 ±0,01dekstryny w przeliczeniu na suchą substancję. Do dekstryny wlać 50 cm^3 wody destylowanej i dokładnie wymieszać. Następnie zlewkę umieścić w łaźni wodnej i ogrzewać do 67°C utrzymując temperaturę przez dalsze 5 minut. Po zakończeniu ogrzewania roztwór ochłodzić do 20 ±1°C. Zlewkę osuszyć dokładnie z zewnątrz i uzupełnić wodą destylowaną do 100 ±1°C g. Po dokładnym wymieszaniu roztwór przelać do suchego rozdzielacza i pozostawić na 1 godzinę. Po tym czasie przelać do suchego cylindra miarowego i zmierzyć gęstość.

Wykonanie oznaczenia:

Sklarowanym roztworem napełnić rurkę lepkościomierza Hoepplera połączonego z termostatem nastawionym na temperaturę 20±2°C. Włożyć kulkę pomiarową i po 10 minutach zmierzyć sekundomierzem czas jej spadania. Kulka powinna być tak dobrana, aby czas jej spadania mieścił się w granicach 20-200 s. Wykonać trzy pomiary czasu spadania kulki z których obliczyć czas średni i przyjąć do obliczenia lepkości.

Lepkość dekstryn żółtych obliczyć w centypuazach wg. wzoru:

$$X = t \cdot (c_k - c_r) \cdot k$$

w którym:

t-czas spadania kulki [s]

c_k- gęstość użytej kulki [g/cm^3]

c_r-gęstość badanego roztworu dekstryny [g/cm^3]

Za wynik przyjąć średnią arytmetyczną wyników dwóch równoległych oznaczeń nie różniących się więcej niż o 5 cP. Wynik podawać z dokładnością do 1 cP.

4.2.6. Ocena organoleptyczna hydrolizatów

4.2.6.1 Określenie zapachu

Zapach badanego produktu należy określić organoleptycznie bezpośrednio po otwarciu opakowania próbki i lekkim wstrząśnięciu lub wymieszaniu pręcikiem szklanym. W przypadkach wątpliwych, dla wzmożenia intensywności zapachu należy umieścić próbkę w słoiku szklanym, zamknąć szczelni i ogrzewać w łaźni wodnej przez 30 minut w temperaturze około 40°C, następnie otworzyć słoik i określić oraganoleptycznie zapach.

Należy stosować następujące określenia zapachu:

-bez zapachu

-typowy dla danego produktu

-obcy (np. kwaśny, stęchły, szlamowy itp.)

4.2.6.2 Określenie smaku

Smak danego produktu należy określić oraganoleptycznie stosując następujące określenia:

-słodki

-słodki ze słodowym posmakiem

-słodki z gorzkim posmakiem

-gorzki

-obcy

4.2.6.3 Oznaczanie barwy oraz przezroczystości syropu skrobiowego

Badany produkt wlać do zlewki pojemności 50 cm^3 ze szkła bezbarwnego i po ustąpieniu pęcherzyków powietrza określić organoleptycznie barwę, przeprowadzając obserwację na białym tle z kierunkiem światła padającego. Określanie barwy wykonać w świetle rozproszonym, stosując następujące określenia barwy:

-bezbarwna

-słomkowa

-jasnożółta

-żółta

-ciemnożółta

-brązowa

Dla określenia przezroczystości należy stosować następujące określenia:

- przezroczysty

- lekko opalizujący

- opalizujący

- mętny

- mętny ze śladami osadu

4.2.8. Oznaczanie kwasowości wg. normy PN-71/A-74700

W zlewce o pojemności 250 cm^3 odważyć 25±0,1 g badanego produktu i rozpuścić w 25 cm^3 wody destylowanej wolnej od dwutlenku węgla. Dodać 10 kropli roztworu fenoloftaleiny, wymieszać i szybko miareczkować roztworem wodorotlenku sodowego przy ciągłym mieszaniu, aż do wystąpienia różowego zabarwienia roztworu utrzymującego się przez 1 min.

Przy oznaczaniu kwasowości karmelu i syropu skrobiowego należy stosować miareczkowanie potencjometryczne do pH 8,3 jako punktu końcowego.

Kwasowość badanego produktu obliczyć w cm^3 roztworu 1 M wodorotlenku sodowego na 100 g produktu wg. wzoru:

$$X = 0{,}4 \cdot b$$

w którym:

b- objętość 0,1 M roztworu wodorotlenku sodowego zużytego do oznaczania [cm^3]

Za wynik należy przyjąć średnią arytmetyczną wyników z dwóch kolejnych oznaczeń nie różniących się więcej niż o 0,05 cm^3. Wynik podawać z dokładnością do 0,1 cm^3.

4.2.9. Oznaczanie zawartości cukrów redukujących wg. normy PN-71/A-74700:

Zasada oznaczenia polega na jodometrycznym oznaczeniu nadmiaru miedzi, która nie przereagowała z cukrami w reakcji redukujacej. Nie zredukowaną ilość miedzi ustala się na podstawie równoważnej ilości jodu wydzielonego z jodku potasowego, który należy odmiareczkować tiosiarczanem sodowym.

W zlewce o pojemności 50 cm^3 odważyć na wadze technicznej 2,5 ± 0,01g badanego produktu i rozpuścić w wodzie destylowanej. Roztwór syropu skrobiowego przenieść następnie ilościowo do kolby miarowej o pojemności 250 cm^3, natomiast roztwór pozostałych produktów do kolby miarowej o pojemności 500 cm^3. Kolbę uzupełnić wodą destylowaną do kreski i wymieszać. Do kolby stożkowej o pojemności 300 cm^3 odmierzyć z biurety 10 cm^3 roztworu Fehlinga I, 10 cm^3 roztworu Fehlinga II, dodać pipetą 10 cm^3 roztworu badanego produktu i 20 cm^3 wody destylowanej. Po wymieszaniu zawartość kolby ogrzewać, tak aby ciecz zawrzała po upływie 3 minut od momentu rozpoczęcia ogrzewania i gotować przez 2 minuty sprawdzając czas na stoperze. Roztwór ochłodzić w bieżącej wodzie do temperatury około 20°C, dodać pipetą 10 cm^3 roztworu jodku potasowego, 10 cm^3 kwasu siarkowego i miareczkować 0,05 M roztworem tiosiarczanu sodowego. Gdy ciecz osiągnie barwę jasnożółtą, dodać 5 cm^3 roztworu skrobi rozpuszczalnej i miareczkować do zaniku powstałej niebieskiej barwy.

Równolegle wykonać próbę zerową, biorąc zamiast 10 cm^3 badanego roztworu taką samą ilość wody destylowanej. Z różnicy między ilością tiosiarczanu zużytego w próbie zerowej i we właściwym oznaczaniu odczytać z tab. 3 ilość substancji redukujących wyrażonych jako glikoza.

Obliczanie wyniku oznaczenia

Zawartość substancji redukujących w dekstrynie obliczyć w procentach według wzoru:

$$X = \cdot 100 \ \frac{a \cdot b}{c \cdot d}$$

w którym

a- ilość glikozy odczytana z tabeli 3 [g]

b- objętość kolby miarowej z rozpuszczoną odważką [cm^3]

c-objętość roztworu dekstryny użytej do analizy [cm^3]

d- odważka produktu [g]

Za wynik przyjąć średnią arytmetyczną z dwóch równoległych oznaczeń nie różniących się więcej niż o 0,2 cm^3 roztworu tiosiarczanu sodowego. Wynik podawać z dokładnością do 0,1 %.